



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет  
им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

05.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ ГИДРО- И ПНЕВМОПРИВОДА МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО  
ОБОРУДОВАНИЯ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.02 Технологические машины и оборудование

Направленность (профиль/специализация) программы  
Металлургические машины и оборудование

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования
Курс	2

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат 1<sup>го</sup> направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование (приказ Минобрнауки России от 09.08.2021 г. № 728).

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования 29.01.2026 г., протокол № 4.

Зав. кафедрой  А.Г. Корчунов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ 05.02.2026 г., протокол № 5.

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры МиТОДиМ, д.т.н.  В.В. Точилкин

Рецензент:

профессор кафедры ЛПиМ, д.т.н.  А.Н. Емелюшин

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 – 2028 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 – 2029 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 – 2030 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 – 2031 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2031 – 2032 учебном году на заседании кафедры Проектирования и эксплуатации металлургических машин и оборудования.

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Основы гидро- и пневмопривода металлургического оборудования» являются:

- формирование у студентов знаний законов гидростатики, гидродинамики, приобретение навыков решения задач гидростатики и гидродинамики;
- овладение достаточным уровнем профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 15.03.02 Технологические машины и оборудование.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Основы гидро- и пневмопривода металлургического оборудования входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физика

Теоретическая механика

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Гидропривод и гидро-, пневмоавтоматика металлургического производства

Металлургические подъемно-транспортные машины

Монтаж, эксплуатация и ремонт металлургических машин и оборудования

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы гидро- и пневмопривода металлургического оборудования» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-1	Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;
ОПК-1.1	Решает стандартные профессиональные задачи с применением общеинженерных знаний
ОПК-1.2	Применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач в профессиональной деятельности

### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 15 акад. часов;
- аудиторная – 14 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов;
- самостоятельная работа – 89,1 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

– подготовка к зачёту – 3,9 акад. час

Форма аттестации – зачет.

---

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Жидкость и ее физические свойства								
1.1 Жидкость и ее физические свойства. Силы, действующие в жидкости.	2	1		1	14	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Подготовка к лабораторному занятию. Решение контрольной работы	Устный опрос (собеседование). Защита лабораторной работы №1. Защита задач контрольной работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		1		1	14			
2. Гидростатика								
2.1 Дифференциальные уравнения равновесия жидкости; основное уравнение гидростатики; Основы гидростатики. Уравнения Эйлера. давление жидкости на смачиваемую стенку.	2	1		0,5	12,1	Подготовка к лабораторному занятию. Работа с компьютерными обучающими программами. Решение заданных задач по разделам гидростатики контрольной работы.	Защита лабораторной работы №2. Защита задач контрольной работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		1		0,5	12,1			
3. Гидродинамика								
3.1 Кинематика жидкости, виды движения жидкости, закон сохранения массы, уравнение неразрывности. Основы динамики жидкости. Режимы движения жидкости.	2	0,7		1	10	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Работа с компьютерными обучающими программами. Подготовка к лабораторному занятию. Решение заданных задач по разделам гидродинамики контрольной работы.	Устный опрос (собеседование). Защита лабораторной работы №3, Защита задач контрольной работы по теме гидродинамика.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
3.2 Основные уравнения гидродинамики однородной несжимаемой жидкости.		0,5				10	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Решение заданных задач по разделам гидродинамики контрольной работы.	Устный опрос (собеседование). Защита задач контрольной работы по теме гидродинамика

3.3 Движение идеальной жидкости, уравнение Бернулли, физическая интерпретация уравнения Бернулли.		0,5			10	Подготовка к лабораторному занятию. Решение задач по гидродинамике	Защита лабораторной работы №4; Защита задач контрольной работы по теме гидродинамика.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
3.4 Движение вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса.				0,5	10	Самостоятельное изучение учебной и научно литературы. Работа с электронными библиотеками	Устный опрос (собеседование).	ОПК-1.1, ОПК-1.2
3.5 Мощность потока. Движение жидкости по трубопроводам. Истечение жидкости через насадки. Гидравлический удар в трубопроводах.		0,3		1	13	Поиск дополнительной информации по заданной теме. Оформление лабораторной работы. Решение заданных задач по гидравлическому расчету трубопроводов контрольной работы.	Устный опрос (собеседование). Защита лабораторной работы. Сдача задач контрольной работы по гидравлическому расчету трубопроводов.	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2		2,5	53			
4. Основы пневмопривода металлургического оборудования								
4.1 Основные понятия и определения по системам пневматического привода металлургических машин. Пневматический привод оборудования доменного производства ,сталеплавильных агрегатов и оборудования сталеплавильных цехов. Пневматическая схема сталеплавильного агрегата (на примере эркерного затвора ДСП). Пневматический привод оборудования машин непрерывного литья заготовок. Пневматическая схема МНЛЗ (на примере, манипулятора машины газовой резки)	2	2		4	10	Изучение материала, подготовка к практическому заданию, выполнение контрольной работы	Опрос, сдача практической работы	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу		2		4	10			
5. Зачет								
5.1 Зачет	2					Подготовка к зачету	Зачет	ОПК-1.1, ОПК-1.2
Итого по разделу								
Итого за семестр		6		8	89,1		зачёт	
Итого по дисциплине		6		8	89,1		зачет	

## 5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Основы гидро- и пневмопривода металлургического оборудования» используются традиционная, интерактивная и информационно-коммуникационные образовательные технологии.

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя). На занятиях предусматривается использование электронного демонстрационного учебного материала содержащего сложные схемы, таблицы и математические формулы. Мультимедийное оборудование может быть использовано также и студентами для демонстрации результатов выполнения практических работ.

Практическая работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

Для лучшего закрепления материала студенты получают задания, которые выполняются на протяжении всех лабораторных работ в отрезки времени, отведенные для закрепления материала и получения навыков работы с системами управления. Оформленные материалы сдаются студентами преподавателю в конце изучения данной дисциплины.

2. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция–провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция-беседа, лекция-дискуссия, лекция-прессконференция.

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме виртуальной визуализации процессов и явлений, происходящих в жидкости и деятельности с использованием специализированных программных сред.

Передовые технологии, применяемые для достижения образовательной цели:

1. В учебном процессе предусмотрены занятия в форме разбора конкретных ситуаций, связанных с гидравликой и гидропневмоприводом.

2. Использование в учебном процессе Виртуального лабораторного практикума по разделам технической гидромеханики.

3. При проведении практических работ рассматриваются тесты по разделам в интерактивной форме.

4. На лекциях используется компьютер с проектором для отображения и лучшего освоения изучаемого материала.

### **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

### **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

### **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **а) Основная литература:**

1. Гиргидов, А.Д. Механика жидкости и газа (гидравлика): учебник / А.Д. Гиргидов. - 2-е изд., испр. и доп. - Москва: ИНФРА-М, 2025. - 704 с. - (Высшее образование). - DOI 10.12737/1449. - ISBN 978-5-16-020254-9. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2165844> (дата обращения: 20.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Баранов, А.В. Механика жидкости и газа: учебное пособие / А.В. Баранов. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2024. - 176 с. - ISBN 978-5-9729-1583-5. - Текст: электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2171793> (дата обращения: 20.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Трифонова Г.О. Гидропневмопривод: следящие системы приводов: учебник для спо / Г.О.Трифорова, О.И.Трифорова; - 2-е изд. - Москва: Юрайт, 2025. - 140 с. - (Профессиональное образование). - URL: <https://urait.ru/bcode/566832> - дата обращения: 20.03.2026.

2. Шейпак А.А. Гидравлика и гидропневмопривод. Основы механики жидкости и газа: Учебник / А.А.Шейпак; Московский политехнический университет. - 6. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2024. - 272 с. - (Высшее образование). - Профессиональное образование. - URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=436143>. - дата обращения: 20.03.2026.

#### **в) Методические указания:**

1. Пропорциональный гидропривод: лабораторный практикум / Е.Ю. Мацко, И.М. Кутлубаев, О.Р. Панфилова, И.Г. Усов; МГТУ. - Магнитогорск: МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). Текст: электронный. - дата обращения: 20.03.2026. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1905>.

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zin	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
ЭП по дисц. "Гидравлика и гидропривод"	К-278-11 от 15.07.2011	бессрочно
ЭП по курсу "Гидравлика и гидропривод"	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>

Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
ФГБУ «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

В соответствии с учебным планом по дисциплине предусмотрены следующие виды занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа, консультации, зачет.

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 404, 308):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения занятий для проведения практических занятий (ауд. 404, 308):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

- доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (ауд. 404, 308):

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;

- доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 306):

- персональные компьютеры с пакетами LibreOffice и MS Office, выходом в интернет и с доступом в электронную образовательную среду университета.

Помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

- стеллажи для хранения учебно-наглядных пособий и учебно-методической документации.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### Примерные задания к контрольной работе

#### Примерные задачи по теме «Жидкость и ее физические свойства»:

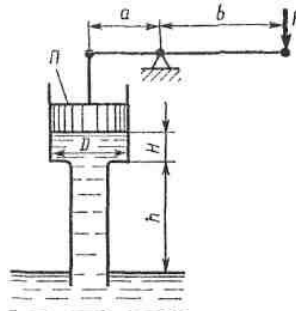
**Задача 1.1.** Канистра, заполненная бензином и не содержащая воздуха, нагрелась на солнце до температуры  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . На сколько повысилось бы давление бензина внутри канистры, если бы она была абсолютно жесткой? Начальная температура бензина  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Модуль объемной упругости бензина принять равным  $K=1300\text{ МПа}$ , коэффициент температурного расширения  $\beta_t=8\cdot 10^{-4}\text{ 1/град}$ .

**Задача 1.2.** Определить избыточное  $p_1$  и абсолютное  $p_a$  давление на глубине  $H=400\text{ мм}$  под свободной поверхностью ртути, если барометрическое давление эквивалентно высоте  $h=756\text{ мм рт. ст.}$  Выразить также барометрическое давление в метрах столба воды.

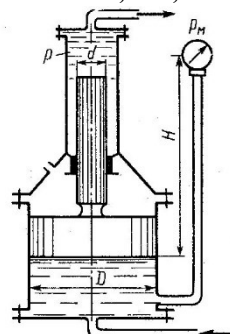
**Задача 1.3.** Известно, что зависимость динамического коэффициента вязкости  $\mu$  от абсолютной температуры  $T$  может быть выражена формулой вида  $\mu = B \exp(b/T)$ , где  $B$  и  $b$  – некоторые постоянные для данной жидкости величины, не зависящие от температуры. Найти эти постоянные для машинного масла, если известно, что при температуре  $t_1 = 14\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\mu_1 = 21,8$  пуаза, а при  $t_2 = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$   $\mu_2 = 6,02$  пуаза. Определить также динамическую вязкость масла  $\mu_3$  при  $t_3 = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Примерные задачи по теме «Гидростатика»:

**Задача 1.** Определить силу  $F$ , необходимую для удержания в равновесии поршня  $P$ , если труба под поршнем заполнена водой, а размеры трубы:  $D = 100\text{ мм}$ ,  $H = 0,5\text{ м}$ ,  $h = 4\text{ м}$ . Длины рычага:  $a = 0,2\text{ м}$  и  $b = 1,0\text{ м}$ . Собственным весом поршня пренебречь.

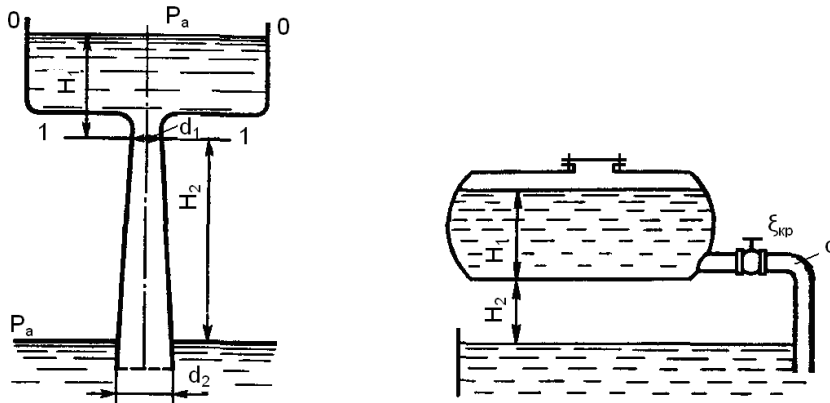


**Задача 2.** Определить давление  $p$  в верхнем цилиндре гидропреобразователя (мультипликатора), если показание манометра, присоединенного к нижнему цилиндру, равно  $p_m = 0,48\text{ МПа}$ . Поршни перемещаются вверх, причем сила трения составляет 10% от силы давления жидкости на нижний поршень. Вес поршней  $G = 4\text{ кН}$ . Диаметры поршней:  $D = 400\text{ мм}$ ,  $d = 100\text{ мм}$ ; высота  $H = 2,5\text{ м}$ ; плотность масла  $\chi = 900\text{ кг/м}^3$ .



#### Примерные задачи по теме «Гидродинамика»:

**Задача 1.** Вода перетекает из напорного бака, где избыточное давление воздуха  $p = 0,3$  МПа, в открытый резервуар по короткой трубе диаметром  $d = 50$  мм, на которой установлен кран. Чему должен быть равен коэффициент сопротивления крана для того, чтобы расход воды составлял  $Q = 8,7$  л/с? Высоты уровней  $H_1 = 1$  м и  $H_2 = 3$  м. Учесть потерю напора на входе в трубу  $\xi = 0,5$  и на выходе из трубы (внезапное расширение).



**Задача 2.** Масло всасывается насосом на высоту  $h_{вс} = 0,5$  м по трубе диаметром 20 мм и длиной 1,2 м, которая имеет два резких изгиба. Насос развивает подачу 20 л/мин. Масло плотностью  $900 \text{ кг/м}^3$  имеет кинематическую вязкость  $\nu = 4 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$ . В баке давление воздуха – атмосферное. Определить, какой вакуум развивает насос. Принять для масляного фильтра коэффициенты местных сопротивлений  $\xi_{\phi} = 6$ , для входа во всасывающую полость насоса  $\xi_{н} = 2$  и для изгиба всасывающей трубы  $\xi_{изг} = 0,8$ .

**Примерные задачи по теме «Гидравлический расчет трубопроводов»**

**Задача 1.** Определить величину потерь давления, вызванных поворотом трубопровода диаметром  $d = 200$  мм на угол  $\alpha = 90^\circ$ . Трубопровод новый стальной, радиус поворота  $R = 40$  м. Жидкое масло минеральное ( $\nu = 14,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ ;  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ ). Расход жидкости  $Q = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$ .

**Задача 2.**

**Задача 4.8.** Жидкость с плотностью  $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$  и вязкостью  $\nu = 0,01 \text{ Ст}$  нагнетается по горизонтальному трубопроводу длиной  $l = 4$  м и диаметром  $d = 25$  мм. Определить давление в начальном сечении, если в конечном сечении трубопровода давление атмосферное, расход жидкости  $Q = 6 \text{ л/с}$ ; шероховатость стенок трубопровода  $\Delta = 0,06 \text{ мм}$ .

**Лабораторная работа**

**Схемы подключения гидроцилиндра с одним штоком**

По исходным данным для двух гидросистем, показанных на рис. 1, определить скоростные и силовые параметры гидроцилиндра. Результаты ввести в таблицу. Объяснить полученные результаты.

	Схема 1		Схема 2	
	Прямой ход	Обратный ход	Прямой ход	Обратный ход
Диаметр поршня $D$ , мм				
Диаметр штока $d$ , мм				
Давление номинальное $p$ , МПа				
Номинальный расход $Q$ , л/мин				
Площадь поршневой полости, $S_p$				
Площадь штоковой полости, $S_{шт}$				
Скорость штока $v$ , м/с				
Усилие на штоке $F$ , Н				

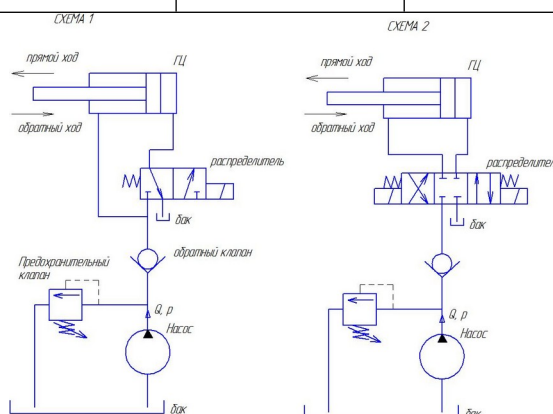


Рисунок 1 – Гидравлические схемы подключения гидроцилиндра

## Лабораторная работа

### Определение основных параметров гидроцилиндра

**Общие 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. 1). В цилиндрической расточке корпуса 1 (рис. 1, а) 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.

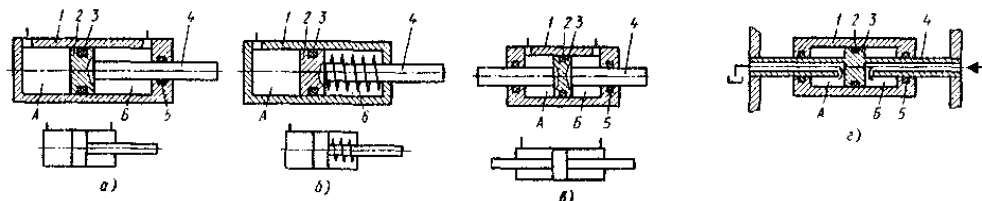


Рисунок 1 – Схемы поршневых гидроцилиндров:

а, в, г – двустороннего действия; б – одностороннего действия

**Расчет основных параметров.** Рабочие площади  $S_p$  ( $m^2$ ) поршней цилиндров определяют по формулам:

– со стороны поршневой полости для цилиндров с односторонним штоком (см. рис. 1, а и б)

$$S_{\Pi} = \frac{\pi D^2}{4}; \quad (1)$$

– со стороны штоковой полости для цилиндров с односторонним (см. рис. 1, а) и двусторонним (см. рис. 1, в и г) штоками при условии равенства диаметров правого и левого штоков

$$S_{\Pi} = \frac{\pi (D^2 - d^2)}{4}. \quad (2)$$

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

$$F = \Delta p S_{\Pi}, \quad (3)$$

где  $\Delta p$  – перепад давлений в рабочих полостях, Па.

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

$$F_{\text{факт}} = F_{\text{ст}} + F_{\text{тр}} + R_{\text{ин}}. \quad (4)$$

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

$$F_{\text{тр}} = f \frac{\pi D b \sigma_k z}{4}, \quad (5)$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения ( $f = 0,1 \dots 0,2$ );  $b$  – ширина контактного пояса уплотнения;  $\sigma_k$  – контактное напряжение;  $z$  – число колец.

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

$$R_{\text{ин}} = ma, \quad (6)$$

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

$$F_{\text{факт}} = F \eta_{\text{мех}}, \quad (7)$$

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

$$V = \frac{Q}{S_{\Pi}} = \frac{4Q}{\pi D^2}, \quad (8)$$

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

В цилиндре двустороннего действия с односторонним штоком скорости движения при прямом (индекс 1) и обратном (индекс 2) ходах при постоянстве расходов различны:

$$V_1 = \frac{Q}{S_{1\Pi}} = \frac{4Q}{\pi D^2}; V_2 = \frac{Q}{S_{2\Pi}} = \frac{4Q}{\pi (D^2 - d^2)}. \quad (9)$$

Вполне очевидно неравенство  $V_2 > V_1$ .

Отношение скорости движения при обратном ходе к скорости движения при прямом ходе называют коэффициентом увеличения скорости при обратном ходе:

$$c = \frac{V_2}{V_1} = \frac{D^2}{D^2 - d^2}.$$

Теоретическая мощность (Вт) цилиндра

$$N_T = \Delta p S_{\Pi} V, \quad (10)$$

где  $V$  – скорость штока (корпуса), м/с.

Потери мощности на преодоление сил трения

$$N_{\text{тр}} = F_{\text{тр}} V, \quad (11)$$

Номинальная мощность гидроцилиндра

$$N = N_T - N_{\text{тр}}, \quad (12)$$

а КПД

$$\eta = N / N_T = 1 - F_{\text{тр}} / F. \quad (13)$$

### Задание

Определить основные рабочие параметры поршневого гидроцилиндра с односторонним штоком при статической нагрузке  $F_{СТ}$ , максимальных скоростях прямого и обратного ходов соответственно  $V_1$  и  $V_2$ , времени разгона при прямом ходе  $t$ , максимальном давлении в напорной линии  $p_{max}$ , общем КПД цилиндра. Рабочая жидкость – минеральное масло.

Таблица 1. Варианты исходных данных для расчета основных параметров гидроцилиндра

№ в.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$F_{СТ}$ , кН	20	60	100	200	30	90	150	50	160	300	220	80	250	230
$V_1$ , м/с	0,6	0,4	0,3	0,2	0,4	0,15	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,25
$V_2$ , м/с	1,2	0,9	0,6	0,5	0,8	0,4	0,45	0,9	0,7	0,3	0,2	0,4	0,6	0,5
$t$ , с	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
$p_{max}$ , МПа	16	32	16	20	10	16	16	10	20	20	25	16	16	20
$\eta$	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
№ в.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$F_{СТ}$ , кН	40	80	25	50	210	190	110	60	140	280	120	180	300	30
$V_1$ , м/с	0,2	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,25	0,6	0,4	0,3	0,2	0,4	0,15
$V_2$ , м/с	0,4	0,9	0,5	0,15	0,2	0,35	0,4	0,5	1	0,8	0,6	0,4	0,85	0,35
$t$ , с	0,1	0,2	0,2	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2
$p_{max}$ , МПа	16	10	20	20	25	16	16	20	32	16	20	10	16	20
$\eta$	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

#### Лабораторная работа 4 Расчет простых трубопроводов

При гидравлических расчетах рассматривается несколько видов трубопроводов.

**Простые** – трубопроводы, которые не содержат разветвлений, они могут быть соединены так, что образуют последовательные и параллельные соединения. Если трубопровод имеет несколько труб, выходящих из одного места, он называется *разветвленным*. Трубопровод, содержащий как последовательные, так и параллельные соединения труб или разветвлений, называется *сложным* (рис. 1).

В основе расчета трубопроводов лежит формула Дарси  $h_{тр.} = \lambda \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$ , для определения потерь напора на трение по длине, и формула Вейсбаха  $h_m = \xi_m \frac{v^2}{2g}$  – для местных потерь.

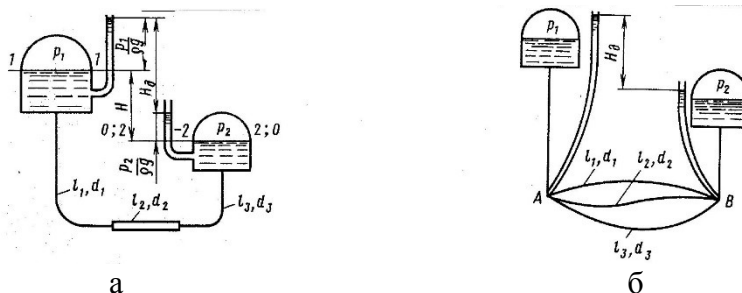


Рисунок 1 – Расчетные схемы трубопроводов: а – простого; б – сложного  
При ламинарном режиме пользуются зависимостью, называемой законом Пуазейля:

$$h_{тр.} = \frac{128 \nu L Q}{\pi g d^4}, \text{ [м]}, \quad (1)$$

или

$$p_{тр.} = \frac{128 \nu p L Q}{\pi d^4}, \text{ [Па]}. \quad (2)$$

Формулу Дарси обычно выражают через расход и получают:

$$h_{тр.} = \lambda_m \frac{8LQ^2}{g\pi^2 d^5}, [м]. \quad (3)$$

Суммарная потеря напора в простом трубопроводе складывается из потерь на трение по длине и местных потерь:

(4)

Формула (3.49) в принципе справедлива для обоих режимов течения, однако при ламинарном режиме чаще используют формулу (3.46) с заменой в ней фактической длины трубопровода расчетной, равной

$$L_{р\text{сч.}} = L + L_{\text{эк.}}, \quad (5)$$

где  $L_{\text{эк}}$  – длина, эквивалентная всем местным гидравлическим сопротивлениям в трубопроводе.

$$L_{\text{эк}} = \Sigma \frac{\xi d}{\lambda}, \quad (6)$$

Для простого трубопровода длиной  $l$  и постоянным диаметром  $d$  расчетное уравнение трубопровода при турбулентном режиме движения имеет вид

$$H = \left( 1 + \lambda \frac{L}{d} + \Sigma \xi \right) \frac{8Q^2}{g\pi^2 d^4} = 0,0827 \frac{Q^2}{d^4} \left( 1 + \lambda \frac{L}{d} + \Sigma \xi \right). \quad (7)$$

При достаточно большой относительной длине  $l/d$  трубопровода скоростным напором можно пренебречь, тогда для длинного трубопровода расчетное уравнение примет вид

$$H = 0,0827 \frac{Q^2}{d^4} \left( \lambda \frac{L}{d} + \Sigma \xi \right). \quad (8)$$

Если трубопровод состоит из последовательно соединенных участков (рис. 2, а), то справедливы равенства:

(9)

При параллельном соединении  $n$  трубопроводов ( $n$  – количество разветвлений) (рис. 2, б)

(10)

где  $Q$  – расход в точке разветвления.

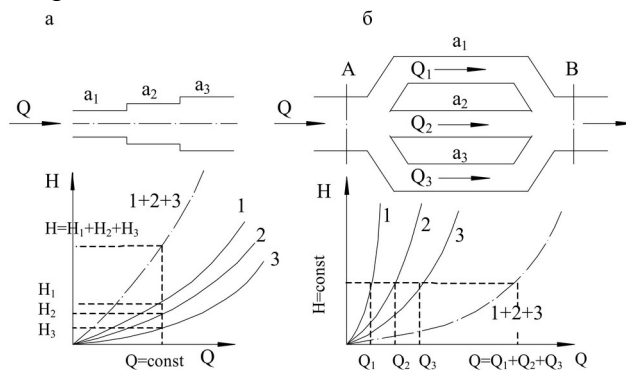


Рисунок 2 – Схемы и напорные характеристики трубопроводов, соединенных последовательно (а) и параллельно (б)

**Примечание.** Определение коэффициента гидравлического сопротивления

Для труб, работающих как “гидравлически гладкие”  $\neq$  определяется по формуле Блазиуса

$$\lambda = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re}}. \quad (11)$$

Для реальных технических труб с естественной шероховатостью для определения  $\neq$  рекомендуется формула А.Д. Альтшуля.

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta}{d} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}. \quad (12)$$

где  $\Delta_3$  – эквивалентная шероховатость трубы, мм.

Эквивалентная шероховатость  $\Delta_3$  представляет собой выступы равномерно распределенной зернистой абсолютной шероховатости такого размера, при котором потери напора будут такими же, как и при действительной шероховатости.

При малых значениях вторым слагаемым можно пренебречь, и (12) обращается в (11). Наоборот, при больших первое слагаемое делается ничтожно малым и формула (12) преобразуется в формулу Б. Шифринсона:

$$\lambda = 0,11 \left( \frac{\Delta_3}{d} \right)^{0,25} \quad (13)$$

### Задание

Решить два типа задачи на расчет простого трубопровода согласно данным, приведенным в таблице ниже.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

№ в.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
$Q$ , л/мин	20	60	100	20	30	90	15	50	16	30	22	80	25	40
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	850	840	860	865	870	860	883	868	855	860	870	890	880	865
$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	65	72	68	81	100	113	78	94	64	72	66	90	80	72
$l$ , м	1	1,5	2	3	4	3,5	2,5	2	5	4,4	3,2	2,7	1,8	2,3
$d$ , мм	16	32	16	20	10	16	16	10	20	20	25	16	16	20
$\xi$ , мм	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$H$ , м	1,2	0,8	0,6	1	0,9	0,88	1,1	0,9	0,5	0,66	0,7	0,8	0,9	1
№ в.	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
$Q$ , л/мин	50	120	80	90	60	40	20	25	16	10	8	12	20	30
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	865	870	860	883	868	855	860	870	890	880	865	850	840	860
$\nu$ , мм <sup>2</sup> /с	72	66	90	80	72	100	113	78	94	64	65	72	68	81
$l$ , м	4	3	2	2,5	1,5	1,8	1	2,1	0,8	2	3	3,5	2,8	1,8
$d$ , мм	16	16	10	20	25	16	16	20	10	9	12	16	20	12
$\xi$ , мм	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$H$ , м	2	1,2	0,8	0,9	1,1	1	1,5	0,6	0,85	1,1	1,2	1,65	1,8	0,7

### Лабораторная работа Гидропривод пресса

Цель работы: Определение основных параметров гидросистемы пресса.

#### Описание работы схемы

На рис. 1 представлена гидравлическая схема пресса с использованием управляемого обратного клапана – гидрозамка. В данной схеме основным элементом является рабочий цилиндр 2, который обеспечивает выполнение необходимых технологических операций. Как правило, данные цилиндры отличаются большими диаметрами и большими объемами. Для обеспечения ускоренного хода поршня цилиндра 2 применяют вместо насосов, создающих большую производительность, безнапорную подачу рабочей жидкости из бака 3 через управляемый гидрозамок 4. В данных машинах их чаще всего называют наполнительными клапанами. Исходное положение ползуна – вверху. Включив левую секцию гидрораспределителя 6, направляют поток рабочей жидкости в поршневые полости гидроцилиндров 1 ускоренного хода. В основной цилиндр жидкость подается через наполнительный клапан 4 из бака 3 безнапорно.

По мере перемещения ползуна вниз и достижения им заготовки, начинает повышаться давление в поршневых полостях гидроцилиндров 1. Открывается клапан подключения давления 5 и рабочая полость цилиндра 2 начинает наполняться жидкостью под давлением, что создаёт условия для выполнения необходимой технологической

операции. Наполнительный клапан 4 при этом перекрывает подачу жидкости. При перемещении ползуна вверх рабочая жидкость подается в штоковые полости гидроцилиндров 1, одновременно сигнал по линии управления подается на наполнительный клапан в точку х, что обеспечивает свободный слив жидкости из полости основного цилиндра в его бак, через наполнительный клапан 4.

### ***Выполнение работы***

Известно:

Диаметр поршня основного ГЦ -  $D2$ , мм.

Диаметр поршня вспомогательных ГЦ -  $D1$ , мм.

Диаметр штока вспомогательных ГЦ -  $d1$ , мм.

Требуемое максимальное усилие прессования  $F$ , кН.

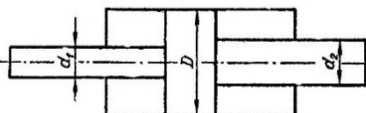
Скорость ускоренного хода  $v$ , м/с.

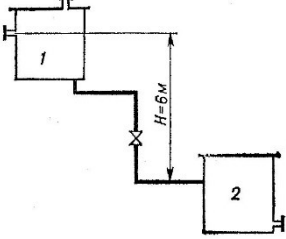
По исходным данным определить необходимое номинальное давление и номинальный расход в системе.

Вариант	1	2	3	4
$D2$	400	600	500	450
$D1$	120	150	100	150
$d1$	80	85	60	100
$F$	200	400	600	800
$v$	0.3	0.2	0.25	0.1

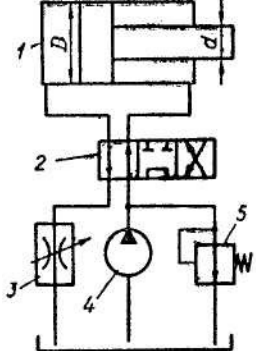
**7. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-1: Способен применять естественнонаучные и общетеchnические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;		
ОПК-1.1	- Решает стандартные профессиональные задачи с применением общетеchnических знаний	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.</li> <li>2. Ламинарный режим движения жидкости и его закономерности.</li> <li>3. Расход и средняя скорость потока при ламинарном режиме.</li> <li>4. Турбулентный режим движения жидкости и его закономерности.</li> <li>5. Закон неразрывности потока жидкости.</li> <li>6. Закон сохранения энергии для потока жидкости. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.</li> <li>7. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.</li> <li>8. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.</li> <li>9. Уравнение Бернулли для струйки реальной жидкости.</li> <li>10. Геометрия потоков жидкости.</li> <li>11. Применение основных уравнений движения потоков жидкости для измерения скоростей и расходов жидкости.</li> </ol> <p><b>Примерные практические задания для зачета:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. В двустороннем гидроцилиндре диаметр поршня <math>D = 160</math> мм, диаметры штоков <math>d_1=80</math>мм и <math>d_2 = 100</math> мм. При рабочем давлении <math>p = 10</math> МПа, противодавлении в сливной полости <math>p_{пр} = 0,15</math> МПа и расходе масла рабочей полостью <math>0,1</math> л/с определить усилие и скорость, развиваемые штоком при движении вправо и влево. Принять механический КПД гидроцилиндра <math>0,96</math>; объемный – <math>1</math>.</li> </ol>  <ol style="list-style-type: none"> <li>2. Жидкость, имеющая плотность <math>1200</math> кг/м<sup>3</sup> и динамический коэффициент вязкости <math>2 \cdot 10^{-3}</math> Па·с, из бака с постоянным уровнем <math>1</math> самотеком поступает в реактор <math>2</math>. Определить, какое максимальное количество жидкости (при полностью открытом кране) может поступать из бака в реактор. Уровень жидкости в баке находится на <math>6</math> м выше ввода жидкости в реактор. Трубопровод выполнен из алюминиевых труб с внутренним диаметром <math>50</math> мм. Общая длина трубопровода, включая местные</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>сопротивления, 16,4 м. На трубопроводе имеются три колена и кран. В баке и реакторе давление атмосферное.</p> 
ОПК-1.2:	<p>- Применяет методы моделирования и математического анализа для решения задач в профессиональной деятельности</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Свойства рабочих жидкостей. Основные понятия и определения жидкости.</li> <li>2. Плотность и удельный вес жидкости.</li> <li>3. Сжимаемость жидкости.</li> <li>4. Коэффициент объемного сжатия.</li> <li>5. Коэффициент теплового расширения.</li> <li>6. Модуль упругости жидкости.</li> <li>7. Вязкость жидкости.</li> <li>8. Коэффициент кинематической вязкости жидкости.</li> <li>9. Кавитация жидкости, способы предотвращения.</li> <li>10. Облитерация жидкости.</li> <li>11. Гидростатика, основные понятия и определения.</li> <li>12. Понятие гидростатического давления.</li> <li>13. Единицы измерения гидростатического давления.</li> <li>14. Свойства гидростатического давления.</li> <li>15. Понятия гидростатического давления: абсолютное, атмосферное, избыточное и вакуум.</li> <li>16. Дифференциальные уравнения Эйлера для равновесия жидкости.</li> <li>17. Основное уравнение гидростатики.</li> <li>18. Закон Архимеда.</li> <li>19. Закон Паскаля.</li> <li>20. Механизм с использованием уравнения гидростатики, домкрат. и мультипликатор.</li> <li>21. Механизм с использованием уравнения гидростатики, мультипликатор.</li> <li>22. Измерение давления жидкости.</li> <li>23. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах.</li> <li>24. Сила давления жидкости на вертикальную стенку.</li> <li>25. Сила давления жидкости на горизонтальную стенку.</li> <li>26. Сила давления жидкости на наклонную стенку.</li> <li>27. Определение толщины стенки.</li> <li>28. Гидродинамика, основные определения.</li> <li>29. Гидростатический удар. Формула Жуковского Н.Е. для гидроудара.</li> <li>30. Способы предотвращения гидравлического удара..</li> <li>31. Потери напора (давления), определяемые длиной трубопровода, формула Дарси.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>32. Определение местных потерь напора (давления) в трубопроводе, формула Вейсбаха.</p> <p>33. Определение потерь напора (давления) в трубопроводе, формула Дарси-Вейсбаха.</p> <p>34. Расчет общего сопротивления в простом трубопроводе.</p> <p>35. Последовательное соединение простых трубопроводов.</p> <p>36. Параллельное соединение простых трубопроводов.</p> <p>37. Определение потерь давления в реальной гидросистеме.</p> <p>38. Формула Торичелли.</p> <p>39. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке.</p> <p><b>Примерные задания на решение задач из профессиональной области</b></p> <p>1. На рисунке показана упрощенная схема объемного гидропривода поступательного движения с дроссельным регулированием скорости выходного звена (штока), где 1 - насос, 2 - регулируемый дроссель. Шток гидроцилиндра 3 нагружен силой <math>F = 1200</math> Н; диаметр поршня <math>D = 40</math> мм. Предохранительный клапан 4 закрыт. Определить давление на выходе из насоса и скорость перемещения поршня со штоком <math>V_n</math> при таком открытии дросселя, когда его можно рассматривать как отверстие площадью <math>S_0 = 0,05</math> см<sup>2</sup> с коэффициентом расхода <math>\mu = 0,62</math>. Подача насоса <math>Q = 0,5</math> л/с. Плотность жидкости <math>\rho = 900</math> кг/м<sup>3</sup>. Потерями в трубопроводах пренебречь. Построить гидравлическую схему, задать настройку клапан 4, смоделировать работу ГС.</p>  <p><b>Примерные задания на решение задач из профессиональной области</b></p> <p>1. В объемном гидроприводе насос 4 развивает давление <math>p_n = 5</math> МПа и постоянную подачу <math>Q_n = 8</math> л/мин. Поршень диаметром <math>D = 100</math> мм и шток диаметром <math>d = 40</math> мм в гидроцилиндре 1 уплотняются резиновыми кольцами круглого сечения. Гидродроссель 3 настроен на пропуск расхода масла <math>Q_{др} = 8,4</math> л/мин. Пренебрегая утечкой масла в гидрораспределителе 2, определить расход масла через гидроклапан 5 и потерю мощности из-за слива масла через этот клапан при перемещении поршня влево.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Основы гидро- и пневмопривода металлургического оборудования» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме, включает 1 теоретический вопрос и одно практическое задание.

***Методические рекомендации для подготовки к зачету***

1. При подготовке к зачету у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра.

2. Вначале следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. При этом нужно обратить особое внимание на темы учебных занятий, пропущенных студентом по разным причинам.

3. При подготовке к зачету необходимо повторять пройденный материал в строгом соответствии с учебной рабочей программой дисциплины, примерным перечнем учебных вопросов, выносящихся на зачет и содержащихся в данной программе.

4. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

***Показатели и критерии оценивания зачета:***

- **«зачтено»** ставится в случае овладения студентом пороговым уровнем сформированности компетенций, т.е. знаний об основных законах гидромеханики, основных подходах к исследованию механики жидкости и газа, умений самостоятельно приобретать знания в области механики жидкости и газа с использованием учебной литературы, составлять расчетные схемы для моделирования процессов механики жидкости и газа; владением способами демонстрации умения анализировать известные подходы к исследованию механики жидкости и газа.

- **«не зачтено»** ставится, если обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.