



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИГДиТ
А.А. Зубков

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ГИДРОМЕХАНИКА

Направление подготовки (специальность)
15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль/специализация) программы
Мехатронные системы в автоматизированном производстве

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт горного дела и транспорта
Кафедра	Горных машин и транспортно-технологических комплексов
Курс	2, 3
Семестр	4, 5

Магнитогорск
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 15.03.06 Мехатроника и робототехника (приказ Минобрнауки России от 17.08.2020 г. № 1046)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических комплексов
29.01.2026, протокол № 5

Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИГДиТ
02.02.2026 г. протокол № 5

Председатель _____ А.А. Зубков

Согласовано:

Зав. кафедрой Автоматизированного электропривода и мехатроники

_____ А.А. Николаев

Рабочая программа составлена:

ст.преп. кафедры ГМиТТК, канд. техн. наук

_____ А.М.Филатов

Рецензент:

Зам. начальника КРЦ-2 ООО "ОСК",

_____ С.В. Немков

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Горных машин и транспортно-технологических

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ А.И. Курочкин

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью дисциплины является:

- изучение и овладение студентами знаний законов гидростатики и гидродинамики и реализации их в гидроприводах технологического оборудования и машин,
 - овладение навыками выполнения экспериментальных и лабораторных исследований, интерпретации полученных результатов, составления и защиты отчетов по проделанной работе,
 - овладение достаточным уровнем профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 5.03.06 Мехатроника и робототехника
- Профиль Мехатронные системы в автоматизированном производстве.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Гидромеханика входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

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

Физика

Математика

Техническая механика

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

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Гидромеханика» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-3	Способность разрабатывать простые узлы и блоки мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы
ПК-3.1	Решает стандартные профессиональные задачи по разработке простых узлов и блоков мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 144 акад. часов;
- аудиторная – 136 акад. часов;
- внеаудиторная – 8 акад. часов;
- самостоятельная работа – 36,6 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 71,4 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	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. Тема 1								
1.1 Жидкости и газы. Их физические свойства. Силы действующие в жидкостях и газах. Гидростатика: дифференциальные уравнения равновесия жидкости; основное уравнение гидростатики; Основы гидростатики. Уравнения Эйлера.	4	2	2			Поиск дополнительной информации по заданной теме Подготовка лабора-торному занятию. Решение заданных задач по теме «Жидкости и газы и их физические свойства»	Прохождение вводного теста.Сдача задач по теме «Жидкость и ее физические свойства». Защита лабораторной работы №1 «Физические свойства жидкости». Защита лабораторной работы 2 «Определение гидростатического давления»	ПК-3.1
Итого по разделу		2	2					
2. Тема 3								
2.1	4	4	4			Поиск дополнительной информации по заданной теме. Работа с компьютерными обучающими программами. Подготовка к лаборато-ному занятию. Решение задач	Сдача задач по теме "Режимы движения жидкости". Защита лабораторной работы №5 «Сила давления жидкости на плоскую поверхность №6	ПК-3.1

						по разделам гидростатики.	«Относительное равновесие жидкости во вращающемся сосуде»	
Итого по разделу		4	4					
3. Тема 4								
3.1 Тема. Движение идеальной жидкости, уравнение Бернулли, физическая интерпретация уравнения Бернулли. Движение вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения Навье-Стокса.	4	4	4			Поиск дополнительной информации по заданной теме. Подготовка к лабораторному занятию.	Защита задач по гидродинамике. №7 «Построение напорной пьезометрической линий для трубопровода сопротивления» №8 «Определение режима движения жидкости»	ПК-3.1
Итого по разделу		4	4					
4. Тема 5								
4.1 Критерии подобия. Применение критериев подобия при решении экспериментальных задач.	4	4	4			Поиск дополнительной информации по заданной теме. Подготовка к лабораторному занятию. Решение задач по гидродинамике.	Защита лабораторной работы №9 «Определение зависимости между гидравлическим уклоном и средней скоростью при турбулентном движении воды» №10 «Исследование процесса истечения через малое круглое отверстие и внешний цилиндрический насадок»	ПК-3.1
Итого по разделу		4	4					
5. Тема 6								
5.1 Число Рейнольдса. Ламинарный режим течения жидкости. Формула Стокса. Закон Гагена-Пуазейля. Местные потери энергии. Вывод формулы Борда – Карно. Виды местных сопротивлений.	4	4	4		2,1	Поиск дополнительной информации по заданной теме.	Защита лабораторной работы №11 «Течение газа по соплу Лавалья» №12 «Испытание центробежного вентилятора»	ПК-3.1
Итого по разделу		4	4		2,1			
6. Тема 7								
6.1 Истечение жидкости из отверстий и насадков. Классификация отверстий	4	4	4		2,3	Поиск дополнительной информации по	Защита задач. Прохождение теста.	ПК-3.1

и истечений. Особенности истечения из отверстий. Особенности и характеристики истечения жидкости из насадков.						заданной теме.	Защита лабораторной работы №13 «Определение коэффициентов расхода дроссельного прибора (диафрагмы) и водомера Вентури» №14. «Адаптация датчика давления и измерителя расхода в Fluid-Lab»	
Итого по разделу		4	4		2,3			
7. Тема 8								
7.1 Гидравлический удар в трубах. Причины возникновения. Прямой и не прямой гидроудар. Меры предотвращения гидроудара.	4	4	2			Поиск дополнительной информации по заданной теме.	Защита лабораторной работы №15 «Проведение эксперимента с записью давления и его тарировки в Fluid-Lab» №16 «Проведение эксперимента с записью величины расхода. Количественные характеристики в Fluid-Lab»	ПК-3.1
Итого по разделу		4	2					
8. Тема 9								
8.1 Классификация трубопроводов Гидравлический расчет трубопроводов. Примеры расчета трубопроводов.	4	4	6		4,1	Поиск дополнительной информации по заданной теме	Защита задач. Прохождение теста. Защита лабораторной работы №17 «Расходная характеристика блока гидравлического питания»	ПК-3.1
Итого по разделу		4	6		4,1			
Итого за семестр		30	30		8,5		экзамен	
9. Тема 10								
9.1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ГИДРОПРИВОДА	5	3	3	2	1	Поиск дополнительной информации по заданной теме.	Защита лабораторной работы № 2.1 Определение характеристики объемного насоса Практическое занятие 1 Структура	ПК-3.1

							<p>гидропривода Обозначения подсистем и элементов. Порядок изображения гидросхем. 2. Управление положением выходного звена исполнительного механизма ... Запорные и направляющие гидроаппараты. Распределители 2/2, 3/2, 4/2,4/3. Мощность привода. (Мобильный трап. Пресс. Муфельная печь)</p>	
Итого по разделу		3	3	2	1			
10. Тема 11								
10.1 РАБОЧИЕ ЖИДКОСТИ ДЛЯ ГИДРОСИСТЕМ. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ЛИНИИ	5	4	2	2	3	Поиск дополнительной информации по заданной теме	<p>Защита задач. Прохождение теста. Защита лабораторной работы 2.2 Исследование характеристик работы напорного гидроклапана прямого действия Практическая работа 2 2. Управление положением выходного звена исполнительного механизма напорные и направляющие гидроаппараты. Распределители 2/2, 3/2, 4/2,4/3. Мощность привода. (Мобильный трап. Пресс. Муфельная печь)</p>	ПК-3.1
Итого по разделу		4	2	2	3			
11. Тема 12								
11.1 НАСОСЫ И ГИДРОМОТОРЫ	5	4	2	2	1	Поиск дополнительной информации по заданной теме.	<p>Защита лабораторной работы №2.3: Исследование характеристик работы напорного</p>	ПК-3.1

							гидроклапана непрямого действия». Практическое занятие 3. Управление положением выходного звена исполнительного механизма Запорные и направляющие гидроаппараты. Распределитель 4/3. Гидрозамок. (Вилочный погрузчик)	
Итого по разделу		4	2	2	1			
12. Тема 13								
12.1 ГИДРОЦИЛИНДРЫ	5	3	2	2	1	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Защита задач. Прохождение теста. Защита лабораторной работы 2.4:Исследование характеристик работы трехлинейного редукционного гидроклапана Практическая работа: Управление положением выходного звена исполнительного механизма Запорные и направляющие гидроаппараты. Логические задачи.	ПК-3.1
Итого по разделу		3	2	2	1			
13. Тема 14								
13.1 ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕ ЛИ	5	3	2	2	3,2	Поиск дополнительной информации по рассматриваемой теме	Защита задач. Прохождение теста Защита лабораторной работы 2.5 Определение некоторых характеристик работы гидропривода Практическая работа 5 Управление усилием на выходном звене	ПК-3.1

							исполнительного механизма Расчет гидроцилиндров. Усилие на штоке. Гидравлическая мощность. (Автомобильный подъемник. Речной буксир)	
Итого по разделу		3	2	2	3,2			
14. Тема 15								
14.1 Лекция 6. РЕГУЛИРУЮЩАЯ И НАПРАВЛЯЮЩАЯ ГИДРОАППАРАТУРА	5	2	2	2	3	Поиск дополнительной информации по рассматриваемой теме.	Защита задач. Прохождение теста. Защита лабораторной работы 2.6 Исследование характеристик работы двухлинейного регулятора расхода Практическая работа 6 Преобразование давления на поршне. Сжимаемость жидкости Использование преобразования давления на поршне в работе исполнительного механизма гидропривода. (Пресс для гофрирования листа)	ПК-3.1
Итого по разделу		2	2	2	3			
15. Тема 16								
15.1 ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ УСТРОЙСТВА ГИДРОСИСТЕМ	5	2	2	2	3	Поиск дополнительной информации по рассматриваемой теме.	Защита задач. Прохождение теста. Защита лабораторной работы №7 Экспериментальное исследование работы гидропривода с дросселирующим делителем потока Практическая работа 7 Построение диаграмм функционирования гидросистем Диаграмма	ПК-3.1

							состояний. Диаграмма перемещений. (Термопласт- автомат)	
Итого по разделу		2	2	2	3			
16. Тема 17								
16.1 Лекция 8. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ СЛЕДЯЩИЕ ПРИВОДЫ (ГИДРОУСИЛИТЕЛИ)	5	4	1	2	1,9	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Защита лабораторной работы 2.8 Экспериментально е исследование работы гидропривода с гидрозамком одностороннего действия Практическая работа 8 Основные гидравлические параметры: давление и расход Гидравлические сопротивления. Потери давления в гидросистеме. (Цех прессов)	ПК-3.1
Итого по разделу		4	1	2	1,9			
17. Тема 18								
17.1 СИСТЕМЫ РАЗГРУЗКИ НАСОСОВ И РЕГУЛИРОВАНИЯ ГИДРОДВИГАТЕЛЕЙ	5	4	2		3	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Защита лабораторной работы 2.9 Ознакомление с регулировкой клапанов и функционировани ем насосного гидропривода со ступенчатым изменением расхода рабочей жидкости	
Итого по разделу		4	2		3			
18. Тема 19								
18.1 СХЕМЫ ТИПОВЫХ ГИДРОСИСТЕМ	5	4	1		3	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Защита лабораторной работы 2.10 Настройка реле давления	
Итого по разделу		4	1		3			
19. Тема 20								
19.1 ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ ПРИВОД	5	4		3	3	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Практическая работа 9 Ограничение пиковых давлений в	

							гидроприводах Регулирующая аппаратура. Напорные клапаны. Тормозные клапаны. (Роторный комбайн)	
Итого по разделу		4		3	3			
20. Тема 21								
20.1 МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ	5	1			2	Поиск дополнительной литературы по рассматриваемой теме.	Сдача задач и заданий	
Итого по разделу		1			2			
Итого за семестр		38	19	19	28,1		экзамен	
Итого по дисциплине		68	49	19	36,6		экзамен	

5 Образовательные технологии

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

а) Основная литература:

1. Доманский, И.В. Механика жидкости и газа : учебное пособие / И.В. Доманский, В.А. Некрасов. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 140 с. — ISBN 978-5-8114-3158-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» :[сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/110915>

2. Сазанов И. И. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебник / Сазанов И. И., Схиртладзе А. Г., Иванов В. И. - М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2017. - 320 с.: 60x90/16. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=601869> . - Загл. с экрана.- ISBN 978-5-906818-77-5.

1. 3. Чмиль В. П. Гидропневмопривод строительной техники. Конструкция, принцип действия, расчет / В. П. Чмиль ; Чмиль В. П. - Санкт-Петербург : Лань, 2022. - 320 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - URL: <https://e.lanbook.com/book/210590>. - URL: <https://e.lanbook.com/img/cover/book/210590.jpg>. - ISBN 978-5-8114-1129-0.

б) Дополнительная литература:

1. Осипов, П. Е. Гидравлика, гидравлические машины и гидропривод [Текст] : учебное пособие. - 3-е изд., перераб. и доп. - Липецк : Интеграл, 2011. - 424 с.

2. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа [Текст] : учебник. - М. : Дрофа, 2003. - 840 с.

3. Кольга А.Д., Иванов С.А., Точилкин В.В., Филатов А.М., Задорожный В.Д., Вагин В.С. Основы функционирования гидравлических систем металлургического оборудования: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2011. - 197 с. (допущено УМО по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Металлургические машины и оборудование»). ISBN 978-5-9967-0224-4.

4. Соколова М. С. Механика жидкости и газов :практикум / М. С. Соколова, А. В. Тихонов, М. А. Лемешко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/1945>. - Текст : электронный.

5. Точилкин В.В., Филатов А.М., Иванов С.А., Чиченев Н.А., Кольга А.Д., Вагин В.С. Исследование работы и характеристик элементов гидропривода металлургических машин: учеб. пособие. Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2014. - 207 с. (допущено УМО по образованию в области металлургии в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Металлургические машины и оборудование»). ISBN 978-5-9967-0451-4.

6. Гидравлика и гидропривод [Текст] : учебное пособие / Н. С. Гудилин, Е. М. Кривенко, Б. С. Маховиков, И. Л. Пастоев ; под общ. ред. И. Л. Пастоева ; ред. совет : Л. А. Пучков (пред.) и др. - 2-е изд., стер. - М. : МГТУ, 2001. - 519 с.

в) Методические указания:

1. Точилкин В.В., Филатов А.М., Мацко Е.Ю. Гидропривод. Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 170900. Магнитогорск: МГТУ, 2001. 24 с.

2. Мацко Е.Ю., Усов И.Г. Гидравлика и гидропневмопривод: Методические указания к контрольным работам для студентов направлений 190100, 150400, 150900 и специальностей 190205, 260301, 260303, 151001, 150400 всех форм обучения. [Электронный ресурс], Магнитогорск: ФГБОУ ВПО «МГТУ», 2012.

3. Лепешкин А. В. Гидравлика и гидропневмопривод. Гидравлические машины и гидро-пневмопривод [Электронный ресурс]: учебник / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейпак. — 6-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2017. — 446 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=548219> (дата обращения: 17.04.2024). — Загл. с экрана

4. Попов, П. Е. Гидропневмопривод технологического оборудования : учебное пособие / П. Е. Попов, Д. А. Блохин, П. В. Назаров. — Омск : ОмГТУ, 2022. — 82 с. — ISBN 978-5-8149-3443-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/343601> (дата обращения: 16.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Гидравлика и гидропривод"	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно

КС Плюс Интерактивный тренажер 3D Атлас2.0 «Устройство гидравлических насосов, объемных гидродвигателей и насосных станций»	Д-744-22 от 29.07.2022	бессрочно
---	------------------------	-----------

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Учебные аудитории для проведения занятий для проведения практических занятий:

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;
- доска, мультимедийный проектор, экран.

Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

- мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации;
- доска, мультимедийный проектор, экран.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

- персональные компьютеры с пакетом 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.

Учебные аудитории для проведения лабораторных работ:

Комплекс учебный «Гидравлические приводы и средства автоматизации»;

Комплекс учебный «Гидроавтоматика»;

Комплекс для отработки навыков проектирования;

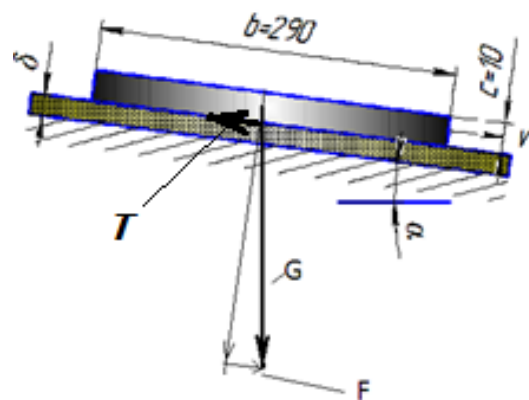
Лаборатория учебная гидравлическая «Капелька»

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

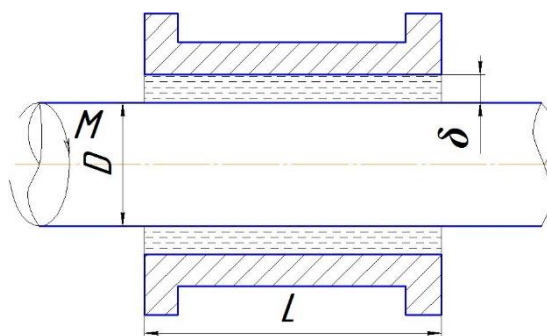
Примерные задачи по теме «Физические свойства жидкости»:

Задача 1. Автоклав объемом 25,0 л наполнен жидкостью и закрыт герметически. Коэффициент температурного расширения жидкости β_t , ее модуль упругости K . Определить повышение давления в автоклаве при увеличении температуры жидкости на величину ΔT . Объемной деформацией автоклава пренебречь.

Задача 2 (рис. 1). Определить скорость v равномерного скольжения прямоугольной пластины ($a \cdot b \cdot c$) по наклонной плоскости под углом $\alpha = 12^\circ$, если между пластиной и плоскостью находится слой масла толщиной δ . Температура масла 30°C , плотность материала пластины ρ .



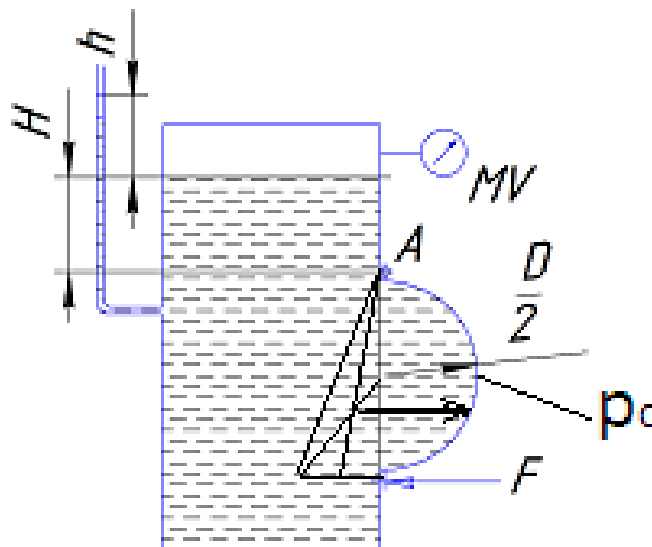
Задача 3 (рис. 2). Зазор между валом и втулкой δ . Диаметр вала D , длина втулки L . Вал вращается моментом M . Определить частоту вращения вала,



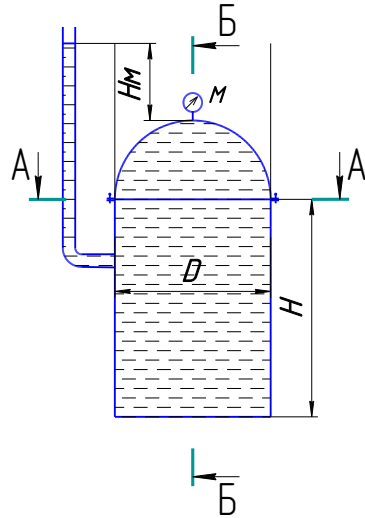
заполнен маслом, толщина слоя которого равна равномерно под воздействием вращающегося если температура масла равна 40°C .

Примерные задачи по теме «Гидростатика»:

Задача 1 (рис.). Закрытый резервуар которого $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. В вертикальной стенке ($D \times b$), закрытое полуцилиндрической горизонтальной оси A . Мановакуумметр p_m или вакуумметрическое p_v . Глубина усилия F , которое необходимо приложить к открывалась. Силой тяжести крышки действующих сил.



заполнен дизельным топливом, температура резервуара имеется прямоугольное отверстие крышкой. Она может повернуться вокруг МУ показывает манометрическое давление топлива над крышкой равна H . Определить нижней части крышки, чтобы она не пренебречь. На схеме показать векторы

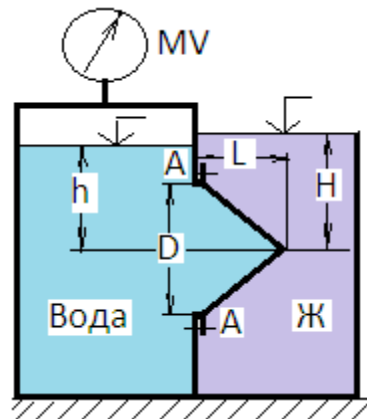


Задача 2 (рис.).

Вертикальная цилиндрическая цистерна с полусферической крышкой до самого верха заполнена жидкостью, плотность которой ρ . Диаметр цистерны D , высота ее цилиндрической части H . Манометр M показывает манометрическое давление r_m .

Определить силу, растягивающую болты A , и по сечению 1—1. Силой тяжести крышки пренебречь.

Задача 3 (рис.). Круглое отверстие между двумя резервуарами закрыто конической крышкой с открытым - жидкостью $Ж$. К закрытому резервуару сверху присоединен мановакуумметр MV , или вакуум p_v . Температура жидкостей $20^\circ C$, глубины h и H . Определить горизонтальную силу, действующую на крышку. Силой тяжести крышки пренебречь. Векторы сил показать на схеме.



горизонтальную силу, разрывающую цистерну. Векторы сил показать на схеме.

резервуарами закрыто конической крышкой с открытым - жидкостью $Ж$. К закрытому резервуару сверху присоединен мановакуумметр MV показывающий манометрическое давление r_m . Определить силу срывающую болты A , и тяжести крышки пренебречь. Векторы сил

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 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 $\zeta_{\text{ф}} = 6$, для входа во всасывающую полость насоса $\zeta_{\text{н}} = 2$ и для изгиба всасывающей трубы $\zeta_{\text{изг}} = 0,8$.

Примерные задачи по теме «Гидравлический расчет трубопроводов»

Задача 1. Определить величину потерь давления, вызванных поворотом трубопровода диаметром $d = 200$ мм на угол $\alpha = 90^\circ$.

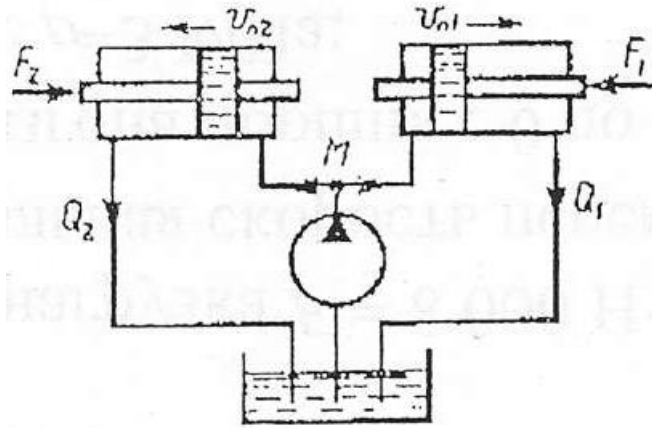
Трубопровод новый стальной, радиус поворота $R = 40$ м. Жидкое масло минеральное ($\nu = 14,5 \times 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$; $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$). Расход жидкости $Q = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$.

Задача 2.

Задача 4.8. Жидкость с плотностью $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$ и вязкостью $\nu = 0,01$ 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 $Q = 6$ л/с; шероховатость стенок трубопровода $A = 0,06$ мм.

Задачи по расчету элементов гидропривода

Задача 1. Для подъема груза G со скоростью $v=0,15$ м/с используются два гидроцилиндра диаметром $D=100$ мм. Груз смещен относительно оси симметрии так, что нагрузка на штоке 1го цилиндра $F_1=6$ кН, а на штоке второго цилиндра $F_2=5$ кН. Каким должен быть коэффициент местного сопротивления дросселя $\xi_{др}$, чтобы платформа поднималась без перекашивания: Диаметр трубопровода $d=10$ мм; плотность жидкости $\rho=900$ кг/м³. Потерями по длине трубы пренебречь.

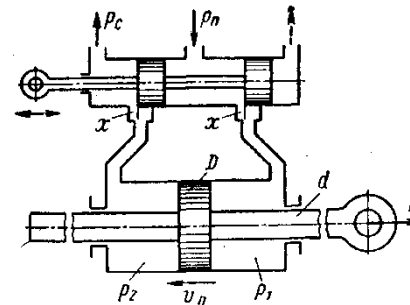


и ее при

Задача 2. Определить расход жидкости, пропускаемый ограничителем расхода, который рассмотрен в задаче 8, если динамическая вязкость жидкости $\mu=0,04$ Па·с плотность $\rho=890$ кг/м³ Воспользоваться формулой для потери напора на трение турбулентном режиме

где D — гидравлический диаметр сечения и v — средняя
Принимая винтовой канал гидравлически гладким, определять по формуле

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}}, \text{ где число Рейнольдса } Re = \frac{vD}{\nu}.$$



$$h_{\pi} = \frac{\Delta p}{\rho g} = \lambda \frac{1}{D} \frac{v^2}{2g}$$

скорость.

коэффициент сопротивления трения

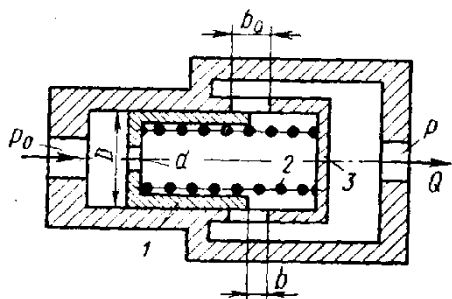
Задача 3. Ограничитель расхода, который служит для автоматического поддержания постоянного расхода в системе при постоянном входном давлении p_0 и переменном противодавлении p , состоит из подвижного поршня 1 диаметром $D=60$ мм, имеющего отверстие $d=10$ мм и нагруженного пружиной 2.

При изменении противодавления p поршень перемещается, изменяя открытие b окон в корпусе 3 таким образом, что расход через ограничитель остается постоянным.

Высота прямоугольных окон в корпусе $b_0=5$ мм, их суммарная площадь $f_0=1,5$ см².

Считая усилие пружины постоянным и равным $R=550$ Н, определить для входного давления масла, равного $p_0=15$ МПа:

1. Величину расхода Q , поддерживаемого ограничителем.
2. Зависимость открытия b окон от противодействия p и величину открытия при $p=0$.
3. Максимальное значение противодействия p_{\max} , начиная с которого расход через ограничитель будет уменьшаться.



Коэффициент расхода отверстия в поршне и окон в корпусе принять $\mu = 0,6$. Плотность масла $\rho = 850$ кг/м³.

Указание. Воспользоваться условием равновесия поршня в следующем виде:

$$\Delta p \frac{\pi D^2}{4} = R$$

где Δp — перепад давлений по обе стороны отверстия в поршне.

Задачи по следящему приводу

Задача 1. В двухсопловом гидроусилителе на величину h от среднего положения h_0 , чем распределительного золотника и, как следствие положения. Считая, что силы давления на торцах определить x , если давление питания заслонки $h = 0,5h_0$.

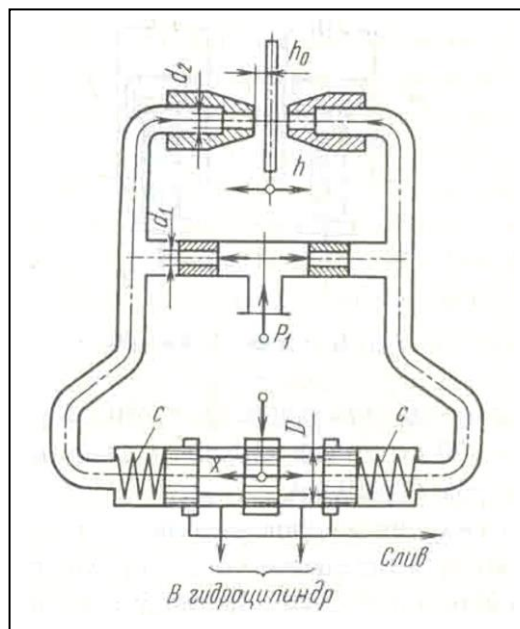
Жесткость каждой из пружин золотника c

Расход через сопло определять по

$$Q = \mu_2 \pi d_2 (h_0 - h) \sqrt{\frac{2p}{\rho}},$$

где μ_2 - коэффициент расхода сопла; p -

Задачу решить для случая, когда $\pi d_2^2 h_0 =$ входного дроссельного отверстия и d_1 - его

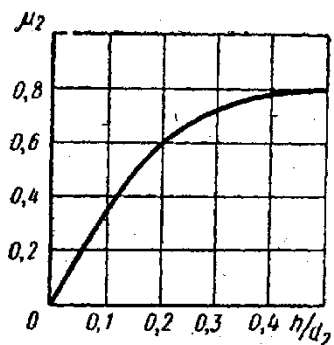
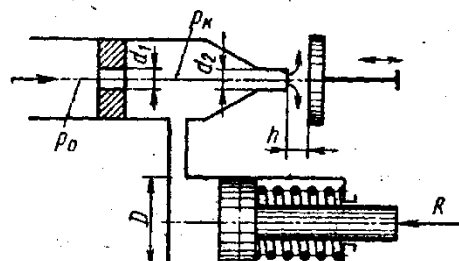


заслонка перемещена в сторону одного из сопел вызван перепад давления Δp на торцах этого, его перемещение g от нейтрального золотника уравниваются только пружинами, гидроусилителя $p_1 = 6 \cdot 10^6$ Па и перемещение

$= 130$ Н/мм, его диаметр $D = 10$ мм. формуле

давление перед соплом; ρ - плотность жидкости. $\pi d_1^2 / 4$ и $\mu_1 = \mu_2$, где μ_1 , - коэффициент расхода диаметр.

Задача 2. Рабочая жидкость подается к гидроусилителю типа сопло-заслонка под постоянным давлением $p_0=10$ МПа. Командный элемент гидроусилителя включает постоянный дроссель в виде жиклера $d_1 = 3$ мм и регулируемый дроссель в виде сопла $d_2=2$ мм с подвижной заслонкой на выходе. Давление p_k в камере между дросселями передается в рабочую полость исполнительного гидроцилиндра ($D= 35$ мм), поршень которого оперт на пружину жесткостью $C = 200$ Н/см и нагружен силой $R= 7500$ Н.



При изменении зазора h между соплом и заслонкой изменяется давление p_k вызывая следящее перемещение поршня.

Построить график зависимости между зазором h и смещением s поршня из крайнего положения, отвечающего $h=0$. Определить s при $h = 1$ мм. Расход через жиклер равен

$$Q_1 = \mu_1 \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_0 - p_k}{\rho}}$$

где $\mu_1 = 0,8$, и через сопло-заслонку.

$$Q_2 = \mu_2 \frac{\pi d_2^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_k}{\rho}}$$

где коэффициент расхода μ_2 задан как функция относительного зазора $\frac{h}{d_2}$.

$$\mu = f\left(\frac{h}{d_2}\right)$$

Построить дополнительно график зависимости для коэффициента расхода μ сопла-заслонки, определяемого из выражения

$$Q_2 = \mu \pi d_2 h \sqrt{2 \frac{p_k}{\rho}}$$

Задача 3. Исполнительный цилиндр гидроусилителя (диаметр поршня $D_1 = 60$ мм и штока $D_2 = 30$ мм) нагружен силой $R = 3500$ Н. Рабочая жидкость ($\rho = 850$ кг/м³) подается в нижнюю полость цилиндра насосом Н под давлением $p_n= 5$ МПа (поддерживается постоянным с помощью переливного клапана ПК).

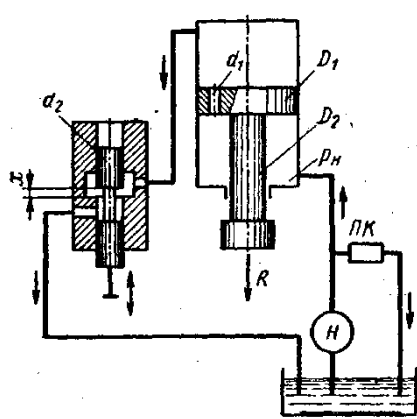
Командный однокромочный золотник (диаметр плунжера $d_2 = 10$ мм), управляет перемещениями штока цилиндра путем изменения открытия цилиндрического окна, через которое жидкость поступает из верхней полости цилиндра на слив.

В поршне цилиндра имеется дросселирующее отверстие ($d_1 = 4$ мм), благодаря которому можно при определенных открытиях золотника реверсировать движение поршня.

Построить график зависимости скорости $v_{\text{п}}$ установившегося движения поршня от открытия x золотника.

Указать, при каком x поршень останавливается ($v_{\text{п}} = 0$). Каково будет значение $v_{\text{п}}$ при закрытом золотнике?

Расход через дросселирующее отверстие определять по формуле



$$Q_1 = \mu_1 \frac{\pi d_1^2}{4} \sqrt{2 \frac{p_{\text{н}} - p_0}{\rho}}$$

и через золотник

$$Q_2 = \mu_2 \pi d_2 x \sqrt{2 \frac{p_0}{\rho}}$$

где p_0 — давление в верхней полости цилиндра.

Коэффициенты расхода принять $\mu_1 = \mu_2 = 0,6$. Трением и утечками в цилиндре пренебрегать.

Указание. Воспользоваться уравнением равновесия поршня:

$$p_0 \frac{\pi D_1^2}{4} + R = p_{\text{н}} \frac{\pi}{4} (D_1^2 - D_2^2)$$

и выражением расхода жидкости из верхней полости в золотник предполагая, что поршень движется вверх, имеем

$$Q_0 = Q_1 + v_{\text{п}} \frac{\pi D_1^2}{4}$$

Примерное задание по лабораторной работе

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

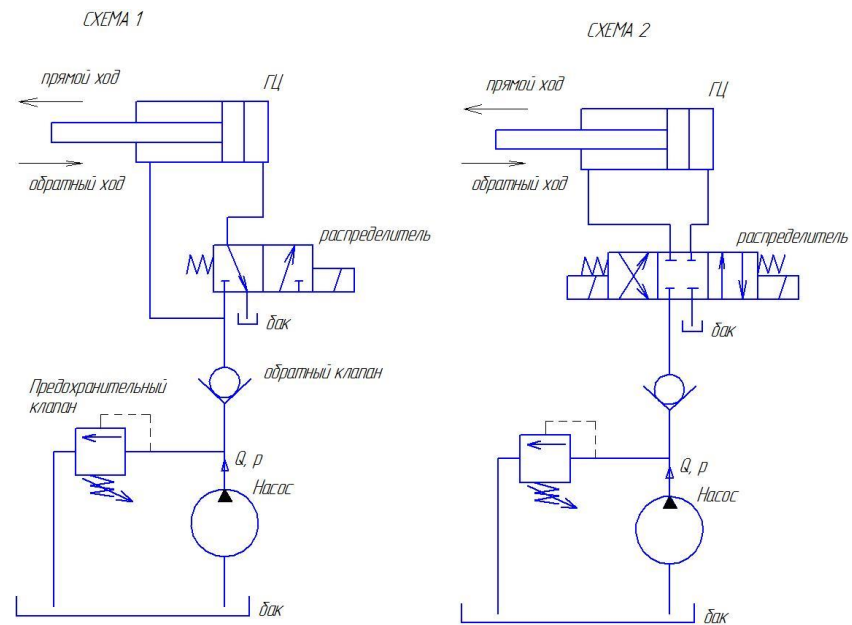


Рисунок 1 – Гидравлические схемы подключения гидроцилиндра

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

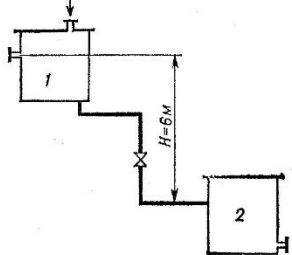
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

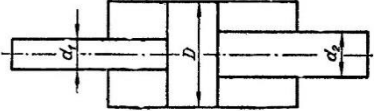
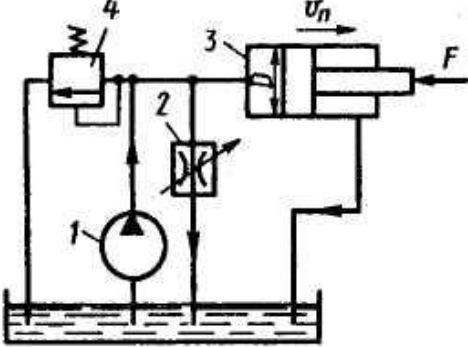
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-3: Способность разрабатывать простые узлы и блоки мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы		
ПК-3.1	Решает стандартные профессиональные задачи по разработке простых узлов и блоков мехатронных систем, включающих электроприводы, гидроприводы и пневмоприводы	<p>Перечень теоретических вопросов к зачету:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свойства рабочих жидкостей. Основные понятия и определения жидкости. 2. Плотность и удельный вес жидкости. 3. Сжимаемость жидкости. 4. Коэффициент объемного сжатия. 5. Коэффициент теплового расширения. 6. Модуль упругости жидкости. 7. Вязкость жидкости. 8. Коэффициент кинематической вязкости жидкости. 9. Кавитация жидкости, способы предотвращения. 10. Облитерация жидкости. 11. Гидростатика, основные понятия и определения. 12. Понятие гидростатического давления. 13. Единицы измерения гидростатического давления. 14. Свойства гидростатического давления. 15. Понятия гидростатического давления: абсолютное, атмосферное, избыточное и вакуум. 16. Дифференциальные уравнения Эйлера для равновесия жидкости. 17. Основное уравнение гидростатики. 18. Закон Архимеда. 19. Закон Паскаля. 20. Механизм с использованием уравнения гидростатики, домкрат. и мультипликатор. 21. Механизм с использованием уравнения гидростатики, мультипликатор. 22. Измерение давления жидкости.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>23. Равновесие жидкости в сообщающихся сосудах.</p> <p>24. Сила давления жидкости на вертикальную стенку.</p> <p>25. Сила давления жидкости на горизонтальную стенку.</p> <p>26. Сила давления жидкости на наклонную стенку.</p> <p>27. Определение толщины стенки.</p> <p>28. Гидродинамика, основные определения.</p> <p>29. Геометрия потоков жидкости.</p> <p>30. Классификация потоков жидкости</p> <p>31. Режимы движения жидкости. Число Рейнольдса.</p> <p>32. Ламинарный режим движения жидкости и его закономерности.</p> <p>33. Расход и средняя скорость потока при ламинарном режиме.</p> <p>34. Турбулентный режим движения жидкости и его закономерности.</p> <p>35. Закон неразрывности потока жидкости.</p> <p>36. Закон сохранения энергии для потока жидкости. Уравнение Бернулли для потока идеальной жидкости.</p> <p>37. Уравнение Бернулли для струйки идеальной жидкости.</p> <p>38. Уравнение Бернулли для потока реальной жидкости.</p> <p>39. Уравнение Бернулли для струйки реальной жидкости.</p> <p>40. Применение основных уравнений движения потоков жидкости для измерения скоростей и расходов жидкости.</p> <p>41. Гидростатический удар. Формула Жуковского Н.Е. для гидроудара.</p> <p>42. Способы предотвращения гидравлического удара..</p> <p>43. Потери напора (давления), определяемые длиной трубопровода, формула Дарси.</p> <p>44. Определение местных потерь напора (давления) в трубопроводе, формула Вейсбаха.</p> <p>45. Определение потерь напора (давления) в трубопроводе, формула Дарси-Вейсбаха.</p> <p>46. Расчет общего сопротивления в простом трубопроводе.</p> <p>47. Последовательное соединение простых трубопроводов.</p> <p>48. Параллельное соединение простых трубопроводов.</p> <p>49. Определение потерь давления в реальной гидросистеме.</p> <p>50. Формула Торичелли.</p> <p>51. Истечение жидкости через малое отверстие в тонкой стенке.</p>

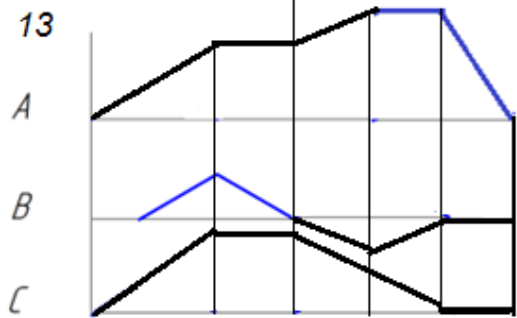
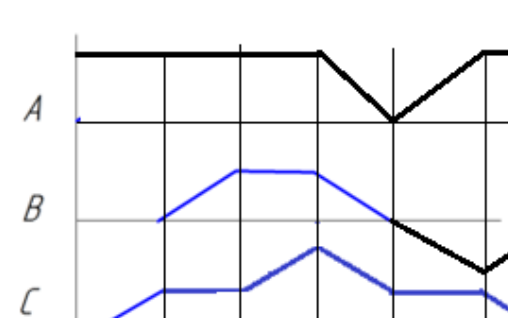
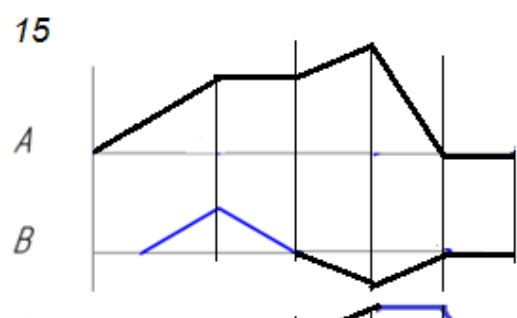
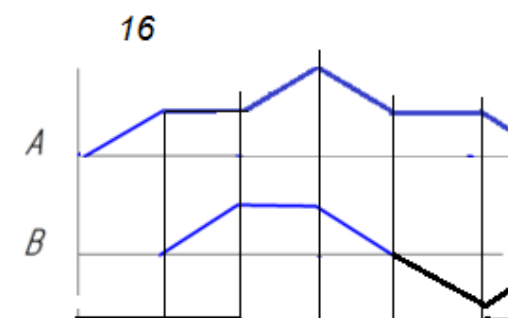
Перечень теоретических вопросов к экзамену:

52. Достоинства и недостатки гидропривода.
53. Условные обозначения в гидроприводах.
54. Структура гидропривода.
55. Схемы с объемным регулированием скорости жидкости.
56. Схемы с регулированием силы исполнительного органа;
57. Схемы с объемным регулированием скорости жидкости.
58. Насосы гидроприводов, условные обозначения. Типы
59. Гидродвигатели, условные обозначения.
60. Гидроцилиндры, условные обозначения.
61. Расчет основных параметров гидроцилиндра.
62. Гидрораспределители, условные обозначения.
63. Запорные клапаны, условные обозначения.
64. Клапаны давления, условные обозначения.
65. Предохранительные клапаны, условные обозначения.
66. Поточные клапаны, условные обозначения.
67. Дроссели, условные обозначения.
68. Гидроаккумуляторы, условные обозначения.
69. Фильтры, условные обозначения.
70. Приборы контроля гидропривода. Условные обозначения..
71. Гидравлическая схема применения дифференциального гидроцилиндра.
72. Гидропривод закрытой гидросистемы, основной контур.
73. Гидропривод открытой гидросистемы.
74. Логические элементы.
75. Реализация логических функций в гидро- и пневмосистемах.
76. Построение систем управления комбинационного типа.
77. Методы построения многотактных систем управления.
78. Статические характеристики исполнительных механизмов поступательного и вращательного действия: (механическая, скоростная).
79. Исполнительные механизмы с объемным регулированием скорости.
80. Исполнительные механизмы с дроссельным регулированием.
81. Пропорциональные клапаны, Принципы работы.
82. Компенсация нагрузки с помощью клапанов постоянной разности давлений.
83. Электроника управления для пропорциональных клапанов.

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>84. Критерии для определения параметров управления с помощью пропорциональных клапанов.</p> <p>85. Сервоклапаны. Принципы работы.</p> <p>86. Аппаратная техника.</p> <p>87. Контур регулирования.</p> <p>88. Влияние динамических свойств сервоклапана на контур регулирования.</p> <p>89. Фильтрация на гидравлических установках с сервоклапанами и пропорциональными клапанами.</p> <p>90. Примеры выполненных установок с использованием пропорциональных клапанов.</p> <p>91. Примеры выполненных установок с использованием сервоклапанов.</p> <p>92. Эксплуатация пропорциональной техники и следящего гидропривода.</p>
		<p>Примерные практические задания для зачета:</p> <p>1. Жидкость, имеющая плотность 1200 кг/м^3 и динамический коэффициент вязкости $2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$, из бака с постоянным уровнем 1 самотеком поступает в реактор 2. Определить, какое максимальное количество жидкости (при полностью открытом кране) может поступать из бака в реактор. Уровень жидкости в баке находится на 6 м выше ввода жидкости в реактор. Трубопровод выполнен из алюминиевых труб с внутренним диаметром 50 мм. Общая длина трубопровода, включая местные сопротивления, 16,4 м. На трубопроводе имеются три колена и кран. В баке и реакторе давление атмосферное.</p>  <p>2. Подобрать необходимый диаметр цилиндрического насадка ($\mu=0,82$) с таким расчетом,</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>чтобы через него вытекало 77000 кг/ч нефти плотностью 865 кг/м³. Напор H постоянный и равен 12 м.</p> <p>Примерные практические задания для экзамена:</p> <p>1. В двустороннем гидроцилиндре диаметр поршня $D = 160$ мм, диаметры штоков $d_1=80$мм и $d_2 = 100$ мм. При рабочем давлении $p = 10$ МПа, противодавлении в сливной полости $p_{пр} = 0,15$ МПа и расходе масла рабочей полостью 0,1 л/с определить усилие и скорость, развиваемые штоком при движении вправо и влево. Принять механический КПД гидроцилиндра 0,96; объемный – 1.</p> 
		<p>Примерные задания на решение задач из профессиональной области</p>  <p>2. 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 $F = 1200$ Н; диаметр поршня $D = 40$ мм. Предохранительный клапан 4 закрыт. Определить давление на выходе из насоса и скорость перемещения поршня со штоком V_n при таком открытии дросселя,</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>когда его можно рассматривать как отверстие площадью $S_0 = 0,05 \text{ см}^2$ с коэффициентом расхода $\mu = 0,62$. Подача насоса $Q = 0,5 \text{ л/с}$. Плотность жидкости $\rho = 900 \text{ кг/м}^3$. Потерями в трубопроводах пренебречь. Построить гидравлическую схему, задать настройку клапан 4, смоделировать работу ГС.</p> <p>3. Согласно заданной диаграммы перемещения разработать системы управления: 1 - используя релейно-контактные схемы; 2 - используя (симулятор) контроллера в программе FluidSim-Н. В задании: А и С – гидроцилиндры, В – гидромотор для всех вариантов. Нечетные варианты до 9: цилиндр С двустороннего действия вертикального расположения. Нагружен большим весом. Предусмотреть позиционирование в течение длительного времени. Четные варианты до 10: цилиндр А двустороннего действия вертикального расположения. Предусмотреть одинаковую и быструю скорость перемещения как при выдвигении, так и при втягивании. 11 - 16 варианты предусмотреть возможность дистанционного управления усилиями в ГЦ и моментом в гидромоторе в последней трети времени цикла. Для всех вариантов обеспечить плавный разгон гидромотора и его плавное торможение, а также предусмотреть режимы работы «Команда», «Цикл», «Автомат». Предусмотреть возможность эффективного использования энергии насосов. Добиться, по возможности, максимального КПД гидросистемы.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<div style="display: flex; flex-wrap: wrap; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p>13</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>14</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>15</p>  </div> <div style="width: 45%;"> <p>16</p>  </div> </div> <p data-bbox="806 1181 2083 1260">4. Исходя из контактно-релейной схемы управления многодвигательным гидроприводом постройте диаграмму «перемещение-шаг» для 4 гидродвигателей</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>The diagram illustrates a complex control system. At the top, three hydraulic cylinders (B0, C0, D0) are shown with their respective ports (A, B, P, T). Below them, a series of solenoid valves (A1, A2, B1, B2, C1, C2, D1, D2) are connected to a 24V AC power source. The electrical control circuit includes a lamp and a 0V source. The circuit is controlled by four relays (K0, K1, K2, K3) and four contactors (K4, K5, K6, K7). The diagram is numbered 1 through 18 at various points.</p>

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

При подготовке к экзамену у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Конспектирование должно осуществляться обучающимся только лишь самостоятельно. Просмотр собственных конспектов позволяет обучающемуся быстро восстанавливать в памяти содержание источника.

В начале 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.

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

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:

- на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
- на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
- на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.
- на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

Методическое обеспечение

1. Основы функционирования гидро- и электроприводов : практикум / А. И. Курочкин, Д. М. Айбашев, А. М. Филатов, С. В. Подболотов ; Магнитогорский гос. технический ун-т им. Г. И. Носова. - Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2019. - 1 CD-ROM. - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2591>. - Текст : электронный2.222
2. Точилкин В.В., Филатов А.М., Мацко Е.Ю. Гидропривод и гидропневмоавтоматика подъемно-транспортных, строительных и дорожных машин. Методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 170900. Магнитогорск: МГТУ, 2001. 33 с.
3. Гидромеханика : практикум / А. Д. Кольга, В. С. Вагин, А. И. Курочкин, Б. М. Габбасов ; МГТУ. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2017 г.]. - Магнитогорск : МГТУ, 2018. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - URL: <https://host.megaprolib.net/MP0109/Download/MObject/2013>. - Текст : электронный.
4. Попов, П. Е. Гидропневмопривод технологического оборудования : учебное пособие / П. Е. Попов, Д. А. Блохин, П. В. Назаров. — Омск : ОмГТУ, 2022. — 82 с. — ISBN 978-5-8149-3443-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/343601> (дата обращения: 16.02.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.