

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Прикладная гидромеханика»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

  
Н. Г. Зарипов

« 02 » 09 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ МАШИНЫ И ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТЫ»**

Уровень подготовки: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура)

15.06.01 Машиностроение  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки  
Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты  
(наименование программы подготовки)

Квалификация (степень) выпускника  
Исследователь. Преподаватель исследователь

Форма обучения  
очная

Уфа 20 15

## Содержание

1.	Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
2.	Перечень результатов обучения.....	4
3.	Содержание и структура дисциплины (модуля) .....	4
4.	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	8
5.	Фонд оценочных средств .....	11
6.	Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....	16
7.	Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	18
8.	Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ .....	19
	ЛИСТ согласования рабочей программы .....	20

# 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты» является дисциплиной вариативной части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура) 15.06.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "30" июля 2014 г. № 881 и приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.04.2015 N 464 "О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)". Является неотъемлемой частью основной образовательной профессиональной программы (ОПОП).

**Целью освоения дисциплины** является:

- формирование знаний в области автоматизированного гидравлического привода и систем гидропневмоавтоматики, предназначенных для использования в системах управления рабочими органами машин и установок широкого круга назначения;
- изучение основ теории, методов расчета и проектирования объемных гидромашин, гидроприводов в целом и отдельных их элементов;
- приобретения навыков разработки и анализа статических и динамических математических моделей и характеристик объемных гидроприводов.

**Задачи:**

- ознакомить с особенностями, устройством и принципом действия современных гидравлических машин, электрогидравлического следящего гидропривода, способами и средствами регулирования, особенностями климатического исполнения и областями применения;
- научить выбирать рациональную схему построения электрогидравлических усилителей мощности и системы регулирования в целом по совокупности показателей работоспособности и качества;
- обучить принципам формирования технических заданий на проектирование автоматизированных гидравлических приводов на заданные технические условия;
- научить моделировать и анализировать основные параметры и характеристики гидравлического следящего привода;
- ознакомить с гидравлической и электротехнической элементной базой, особенностью характеристик и областью применения устройств гибридной технологии - «пропорциональной гидравлики».

При изучении дисциплины необходимы знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин цикла магистерской подготовки по направлению «Энергомашиностроение».

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательских работ.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения данной дисциплины, используются при изучении дисциплин «Нестационарные газодинамические эффекты в гидроприводах и гидропневмоагрегатах», «Моделирование гидравлических приводов и систем».

Дисциплина «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты» является основой для выполнения научно-исследовательских работ и подготовки кандидатской диссертации.

Входящие компетенции формируются на предыдущих уровнях высшего образования.

Исходящие компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), практики, научных исследований для которых данная компетенция является входной
1	Способность разрабатывать гидравлические машины и	ПК-2	Повышенный уровень	Нестационарные газодинамические эффекты в гидроприводах и

	гидропневмоагрегаты для объектов машиностроения			гидропневмоагрегатах; моделирование гидравлических приводов и систем
--	---	--	--	--

## 2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность разрабатывать гидравлические машины и гидропневмоагрегаты для объектов машиностроения	ПК-1	- классификацию, назначение и свойства современных гидравлических машин и гидропневмоагрегатов; - процессы, протекающие в гидравлических и пневмоагрегатах; - механизмы формирования структурно-компоновочных схем гидропневмоагрегатов	- уметь разрабатывать методологические основы и принципы расчетов, проектирования, монтажа и эксплуатации гидравлических турбин, насосов, двигателей, гидропневмоагрегатов, устройств и средств гидропневмоавтоматики для управления системами с жидкими рабочими средами	- навыками создания новых и совершенствования существующих машин, агрегатов, а также систем, характеризуемых высоким качеством, надежностью, высокой эффективностью работы, относительно низкой себестоимостью и безопасностью в эксплуатации; - навыками проведения анализа и расчетов характеристик гидромашин и гидропневмоагрегатов

## 3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 9 зачетных единиц (324 часов).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.		
	2 семестр	3 семестр	4 семестр
Лекции (Л)	4	6	4
Практические занятия (ПЗ)	6	8	6
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	89	85	62
Подготовка и сдача экзамена	–	–	36
Подготовка и сдача зачета	9	9	–
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	зачет с оценкой	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам	Виды интерактивных образовательных технологий
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	Основы рабочих процессов объемных гидромашин (ОГМ)	1		–	–	20	21	2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
2	Основы расчета поршневых ОГМ	1		–	–	20	21	2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
3	Основные признаки роторных гидромашин.	1		–	–	16	17	2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
4	Шестерённые, винтовые, шиберные гидромашин	1		–	–	16	17	2, 4	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
5	Основы теории расчета и проектирования радиально- и аксиально-поршневых гидромашин	1	2	–	–	16	19	2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение

6	Объёмные гидромеханические передачи	1		–	–	16	17	2	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
7	Системы автоматического регулирования. Синтез ОГМ с САР.	1	4	–	–	16	20	2, 3	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
8	Элементы автоматики гидро- и пневмосистем. Современные регулирующие гидроаппараты. Современные направляющие гидроаппараты	1	4	–	–	20	25	2, 3	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
9	Современные гидравлические усилители мощности.	1	2	–	–	16	19	1, 2, 3	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
10	Основные параметры гидро- и пневмопривода. Статические характеристики современных СГПП с дрессельным и объёмным регулированием.	1	2	–	–	16	19	1, 2	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
11	Стабилизация скорости и системы синхронизации СГПП с дроссельным регулированием.	1	2	–	–	16	19	1, 2	лекция- визуализация, обучение на основе опыта, проблемное

									обучение
12	Математические модели гидропривода с дроссельным регулированием.	1	2	–	–	16	19	1, 2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
13	Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями (ЭГСП).	1		–	–	16	17	1, 2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
14	Состояние и перспективы развития гидрооборудования. Информационные комплексы проектирования гидрооборудования.	1	2	–	–	20	23	2	лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение

## Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	5	Аксиально - поршневые гидромашины.	2
2	7	Системы автоматического регулирования ОГМ	2
3	7	Системы автоматического регулирования ОГМ	2
4	8	Исследование характеристик клапанов давления. Предохранительный клапан.	2
5	8	Исследование характеристик клапанов давления. Редукционный клапан.	2
6	9	Моделирование ЭГУ	2
7	10	Моделирование ЭГУ	2
8	11	Моделирование ЭГСП	2
9	12	Моделирование ЭГСП	2
10	14	Информационные комплексы проектирования гидрооборудования.	2

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основы рабочих процессов объемных гидромашин (ОГМ).

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Величины, характеризующие рабочий процесс ОГМ: подача (расход), рабочий объём, давление, мощность, коэффициент полезного действия, частота вращения, крутящий момент.
2. Государственные стандарты на нормальные ряды номинальных давлений, рабочих объёмов, частот вращения и расходов жидкости.
3. Связь между внешними и внутренними параметрами ОГМ в режимах насоса и гидродвигателя. Характеристики ОГМ.
4. Влияние опасных и вредных факторов при работе ОГМ и требования охраны труда, предъявляемые к их конструкции (ГОСТ 12.0.003 - 74 и ГОСТ 12.1.000 - 76). Правила безопасной эксплуатации ОГМ

#### Тема 2. Основы расчета поршневых ОГМ.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Расчёт клапанов поршневых насосов на прочность и долговечность. Критерий безударной работы клапана.
2. Конструкция узлов уплотнения как основной элемент, обуславливающий надёжность работы поршневого насоса.
3. Индикаторы и индикаторные диаграммы. Идеальная и реальная индикаторные диаграммы. Основные неисправности при работе поршневых насосов и характерные дефектные индикаторные диаграммы.
4. Материалы и технологические требования, предъявляемые к основным узлам и деталям поршневых насосов.

#### Тема 3. Основные признаки роторных гидромашин.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Критерии оценки стационарных режимов работы роторной гидромашины (по кавитационной и изностной работоспособностям). Основы линейной теории подобия гидромашин. Математическая модель роторной гидромашины.

2. Безразмерные критерии, определяющие внешние характеристики ОГМ и характер течения жидкости в зазорах. Изучение течения жидкости в щелевых элементах с целью определения несущей способности жидкой плёнки, её демпфирующей способности, расчёта утечек и сил трения.

3. Качественная картина влияния изменения вязкости и плотности на несущую способность жидкостной плёнки, величину утечек и силу трения.

#### **Тема 4. Шестерённые, винтовые, шиберные гидромашин.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Шестерённые гидромашин с внешним и внутренним зацеплением.

2. Винтовые гидромашин, конструкция, принцип действия. Трёхвинтовые насосы с циклоидальным профилем образующих шестерён. Особенности винтовых насосов с теоретическим профилем зуба.

3. Шиберные (пластинчатые) гидромашин, схема и принцип действия. Теоретическая, средняя и мгновенная подачи; неравномерность подачи. Утечки в гидромашин, методы их уменьшения.

4. Расчёт сил, действующих на опоры; пути их уменьшения. Порядок расчёта и проектирования насосов и гидродвигателей, определение основных размеров.

5. Материалы и технологические требования к основным деталям и узлам гидромашин.

#### **Тема 5. Основы теории расчета и проектирования радиально- и аксиально-поршневых гидромашин.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Подача насоса, регулирование подачи. Неравномерность подачи и её зависимость от числа поршней.

2. Схема силовой связи между статором и поршневой группой. Схема действия гидравлических сил на ротор, статор и распределительную цапфу.

3. Выбор основных соотношений между основными геометрическими размерами радиально - поршневой гидромашины для гидромашин с точечным контактом плунжеров и с принудительным ведением поршней.

4. Расчёт распределительной цапфы.

5. Высокомоментные гидромоторы. Момент на валу высокомоментного гидромотора.

6. Устойчивость работы гидромоторов на малых частотах вращения.

7. Эксцентриковые насосы и гидромоторы.

8. Аксиально-поршневые гидромашин с асинхронным (силовым) карданом. Расчётно - кинематическая схема. Дезаксиал и его выбор для нерегулируемых и регулируемых гидромашин. Конструктивные приёмы выравнивания подачи. Схема сил, действующих в машине.

9. Аксиально-поршневые гидромашин с двойным (несиловым) карданом. Кинематика машины с несиловым карданом, расчёт элементов кардана. Бескарданные машин с шатунным приводом, их преимущества.

10. Аксиально-плунжерные гидромашин с наклонной шайбой: особенности расчёта, варианты конструктивных схем.

11. Аксиально-поршневые насосы с наклонным блоком и клапанно-щелевым распределением жидкости, с плоским золотником и неподвижным блоком цилиндров: принципиальные схемы, особенности конструкции и расчёта, области применения. Материалы и технологические требования, предъявляемые к основным деталям и узлам аксиально-поршневых гидромашин.

#### **Тема 6. Объёмные гидромеханические передачи**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Классификация, основные термины и определения. Гидрообъемные трансмиссии самоходных машин.
2. Силовые и кинематические параметры ГОТ. Выбор типа машин применяемых в ОГМП. Сравнительная оценка различного типа гидромашин.
3. Выбор схемы полнопоточной гидрообъемной трансмиссии. Схема силовой установки с рекуперацией энергии.
4. Передача с регулируемым насосом и гидромотором. Расчёт параметров трансмиссии с многоступенчатыми редукторами и отключаемыми гидромоторами.
5. Объемные гидравлические передачи с внутренним разветвлением потока мощности, выбор схемы и расчёт параметров. Силовые и кинематические зависимости передач с внутренним разветвлением потока мощности, их характеристики.
6. Объемные гидравлические передачи с внешним разветвлением потока мощности.

### **Тема 7. Системы автоматического регулирования. Синтез ОГМ с САР.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Принцип действия систем регулирования. Регулирование режимов работы двигателя по отклонению скорости вращения вала двигателя, нагрузочная характеристика. Регулирование режимов работы двигателя по отклонению момента его нагрузки, по изменению угловой скорости его колёс.
2. Система регулирования, реагирующая на изменение давления нагнетания насоса, на отклонение угловой скорости вала двигателя, на отклонение момента нагрузки двигателя.
3. Основы теории синтеза гидромашин.

### **Тема 8. Элементы автоматики гидро- и пневмосистем. Современные регулирующие гидроаппараты. Современные направляющие гидроаппараты.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Роль систем автоматического управления в летательных аппаратах и их двигателях. Элементы автоматики гидро- и пневмосистем.
2. Рабочие жидкости гидросистем, их основные свойства. Герметичность гидросистем. Уплотнения, фильтрация жидкости. Виды уплотнений, теория герметичности, классификация утечек, классы герметичности. Загрязнения и фильтрация жидкости. Типы фильтров, их характеристики. Особенности течения жидкости в элементах гидроавтоматики. Истечение из особо малых отверстий, кавитация, облитерация, течение в кольцевых щелях.
3. Состояние и перспективы развития регулирующих гидроаппаратов. Предохранительные клапаны. Характеристики и математическая модель предохранительного клапана.
4. Редукционные клапаны. Тормозной клапан. Дроссели с обратными клапанами. Регуляторы расхода. Течения в них. Расчет гидроклапанов.
5. Состояние и перспективы развития направляющих гидроаппаратов. Общие сведения. Характеристики гидрораспределителей и выбор направляющих гидроаппаратов. Золотниковые гидрораспределители. Седельные гидрораспределители. Крановые гидрораспределители. Секционные распределители. Обратные клапаны. Гидрозамки.
6. Расчет характеристик золотниковых дросселирующих распределителей одно-, двух- и четырехщелевых. Статические и динамические характеристики. Основные технические требования к деталям цилиндрических золотниковых распределителей.

### **Тема 9. Современные гидравлические усилители мощности.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Классификация и состояние разработок современных электрогидравлических усилителей.
2. Электромеханические преобразователи их характеристики.
3. Гидравлические усилители мощности. Обратные связи в гидроусилителях.
4. Двухкаскадные электрогидравлический усилители мощности, их статические и динамические характеристики.
5. Электрогидравлические шаговые усилители, их конструкция и расчет

## **Тема 10. Основные параметры гидро- и пневмопривода. Статические характеристики современных СГПП с дроссельным и объемным регулированием**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Современные гидро-и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием.
2. Основные расчетные зависимости объемного гидропривода с переменным давлением питания.
3. Объемный способ регулирования объемного гидропривода.
4. Гидропривод с объемно-дроссельным регулированием.
5. Сравнение способов регулирования объемного гидропривода. Нагрузочные характеристики и КПД объемного гидропривода.

## **Тема 11. Стабилизация скорости и системы синхронизации СГПП с дроссельным регулированием.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Стабилизация скорости объемного гидропривода с дроссельным регулированием.

Примеры современных устройств стабилизации.

2. Системы синхронизации движения гидродвигателя в объемном гидроприводе с дроссельным регулированием.

## **Тема 12. Математические модели гидропривода с дроссельным регулированием.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Математические модели гидропривода с дроссельным регулированием (статическая и динамическая модели).
2. Нестационарные процессы в жидкости в ходе дроссельного регулирования объемного гидропривода.
3. Энергетические характеристики объемного гидропривода.
4. Временные характеристики объемного гидропривода.

## **Тема 13. Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями (ЭГСП).**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Современные следящие гидроприводы. Общие сведения о следящем гидроприводе. Классификация следящих гидроприводов. Основные схемы гидравлического следящего привода.
2. Обобщенные показатели качества ГСП. Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями (ЭГСП). Математическое описание ЭГСП. Частотные характеристики ЭГСП с большой инерционной нагрузкой. ЭГСП с обратными связями. Компоновка устройств ЭГСП.

## **Тема 14. Состояние и перспективы развития гидрооборудования. Информационные комплексы проектирования гидрооборудования.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Определение основных размеров объемного гидропривода. Порядок гидравлического расчета. Расчет и построение статических характеристик. Проверка устойчивости и, при необходимости, корректировка основных параметров. Конструкторская проработка основных узлов и следящего привода в целом. Разработка перспективных конструкций гидравлических и пневматических машин системы и оборудования.
2. Оптимизация проектных решений СГИППр с учетом природоохранных и энергосберегающих технологий. Создание прикладных программ расчета гидравлических и пневматических машин системы и оборудования. Проведение экспертизы проектно-конструкторских и технологических разработок СГИППр.

## **5. Фонд оценочных средств**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компе-	Уровень освоения, опреде-	Наименование оценочного
-------	--	---------------------------	---------------------------	-------------------------

		тенции (или ее части)	ляемый этап формирования компетенции	средства*
1	Основы рабочих процессов объемных гидромашин (ОГМ)	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
2	Основы расчета поршневых ОГМ	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
3	Основные признаки роторных гидромашин.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
4	Шестерённые, винтовые, шибберные гидромашин	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
5	Основы теории расчета и проектирования радиально- и аксиально-поршневых гидромашин	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
6	Объёмные гидромеханические передачи	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
7	Системы автоматического регулирования. Синтез ОГМ с САР.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
8	Элементы автоматики гидро- и пневмосистем. Современные регулирующие гидроаппараты. Современные направляющие гидроаппараты	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
9	Современные гидравлические усилители мощности.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
10	Основные параметры гидро- и пневмопривода. Статические характеристики современных СГПП с дроссельным и объемным регулированием.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
11	Стабилизация скорости и системы синхронизации СГПП с дроссельным регулированием.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
12	Математические модели гидропривода с дроссельным регулированием.	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
13	Электрогидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями (ЭГСП).	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ
14	Состояние и	ПК-1	повышенный	Т, ДЗ

перспективы развития гидрооборудования. Информационные комплексы проектирования гидрооборудования.			
--	--	--	--

### Вопросы к зачету и экзамену

1. Роль СГПП в перспективных летательных аппаратах и мобильной техники.
2. Современные элементы автоматики гидро- и пневмосистем.
3. Классификация гидромашин и гидродвигателей. Основные сведения и сравнительная оценка гидромашин.
4. Гидравлические машины шестеренного типа.
5. Пластинчатые насосы и гидромоторы.
6. Радиально-поршневые насосы и гидромоторы.
7. Аксиально-поршневые насосы и гидромоторы.
8. Моделирование работы регуляторов объемных гидромашин.
9. Гидроцилиндры. Общие сведения и классификация.
10. Уплотнения гидроцилиндров. Телескопические гидроцилиндры. Расчет гидроцилиндров. Сервоцилиндры.
11. Состояние и перспективы развития регулирующих гидроаппаратов.
12. Предохранительные клапаны.
13. Редукционные клапаны.
14. Тормозной клапан. Дроссели с обратными клапанами.
15. Регуляторы расхода. Течения в них.
16. Состояние и перспективы развития направляющих гидроаппаратов.
17. Характеристики гидрораспределителей и выбор направляющих гидроаппаратов.
18. Золотниковые гидрораспределители.
19. Седельные гидрораспределители.
20. Секционные распределители.
21. Обратные клапаны. Гидрозамки. Расчет характеристик золотниковых дросселирующих распределителей одно-, двух- и четырехщелевых.
22. Основные технические требования к деталям цилиндрических золотниковых распределителей.
23. Классификация и состояние разработок современных электрогидравлических усилителей.
24. Электромеханические преобразователи. Их характеристики.
25. Гидравлические усилители мощности. Обратные связи в ГУ.
26. Двухкаскадные ЭГУ, их статические и динамические характеристики. Электрогидравлические шаговые усилители, их конструкция и расчет.
27. Современные гидроприводы с дроссельным и объемным регулированием. Основные расчетные зависимости объемного гидропривода с переменным давлением питания.
28. Объемный способ регулирования объемного гидропривода.
29. Гидропривод с объемно-дроссельным регулированием.
30. Сравнение способов регулирования объемного гидропривода. Нагрузочные характеристики и КПД объемного гидропривода.
31. Стабилизация скорости объемного гидропривода с дроссельным регулированием. Примеры современных устройств стабилизации. Системы синхронизации
32. Общие сведения о математических моделях гидропривода с дроссельным регулированием. Нестационарные процессы в жидкости в ходе дроссельного регулирования объемного гидропривода.

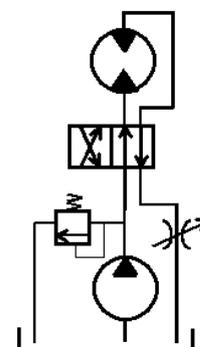
33. Энергетические характеристики объемного гидропривода.
34. Временные характеристики объемного гидропривода.
35. Современные следящие гидроприводы. Общие сведения о следящем гидроприводе.
36. Классификация следящих гидроприводов. Основные схемы ГСП.
37. Принцип и методы линеаризации гидропривода. Статические, временные и частотные характеристики типовых звеньев гидропривода.
38. Обобщенные показатели качества ГСП.
39. Электروهидравлические следящие приводы с электрическими обратными связями (ЭГСП).
40. Математическое описание ЭГСП.
41. Частотные характеристики ЭГСП с большой инерционной нагрузкой.
42. ЭГСП с обратными связями. Компоновка устройств ЭГСП.
43. Рулевой привод. Область применения и назначение. Основные требования, предъявляемые к рулевым приводам.
44. Анализ динамики рулевых приводов по частотным и временным характеристикам.
45. Математические модели рулевых приводов. Допущения. Понятия линейной и нелинейной математической модели.
46. Проектирование следящего ЭГСП (на примере авиационного и станочного). Этапы проектирования по ЕСКД. Техническое задание и технические предложения. Эскизный проект. Разработка или выбор конкретных схем.
47. Выбор и определение основных параметров гидропривода.
48. Определение основных размеров ОГП. Порядок гидравлического расчета.
49. Расчет и построение статических характеристик ОГП.
50. Проверка устойчивости и, при необходимости, корректировка основных параметров.

Примеры контрольных задач для оценки уровня формирования компетенции:

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>T, кН</b>	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$\Delta P_{тр}$ , МПа	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5
$Q_{кл}$ , л/мин	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4
$\eta_{общ}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$\eta_{мц}$	0,98	0,98	0,97	0,97	0,96	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94
$\eta_n$	0,88	0,88	0,87	0,87	0,86	0,86	0,85	0,85	0,84	0,84
$D_n$ , мм	80	90	100	110	120	130	140	150	160	180
$d_{ш}$ , мм	40	45	50	55	60	65	70	75	80	90
$Q_{др}$ , л/мин	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

### Задача 1. Определение мощность привода насоса

Определить мощность привода насоса в гидроприводе с дроссельным регулированием и КПД гидропривода (рис. 8), если усилие на штоке цилиндра равно  $T$ , потери давления в трубопроводах  $\Delta P_{тр}$ , расход



чей жидкости через клапан  $Q_{кл}$ , объемный и механический КПД гидроцилиндра  $\eta_{обц}$ ,  $\eta_{мц}$ , КПД насоса  $\eta_n$ . Диаметр поршня гидроцилиндра  $D_n$ , диаметр штока  $d_{ш}$ . Расход жидкости через дроссель  $Q_{др}$ . Утечками рабочей жидкости в гидроаппаратуре пренебречь.

### Задача 2.

В поршневую полость гидроцилиндра с диаметром поршня  $D_n$  и диаметром штока  $d_{ш}$  подается рабочая жидкость, расход которой равен  $Q$ , давление в поршневой полости гидроцилиндра  $P_n$ , противодействие в штоковой полости  $P_{пр}$ . Определить полезную и потребляемую мощность гидроцилиндра, если его объемный КПД равен  $\eta_{об}$ , а общий КПД равен  $\eta$ .

Параметры	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$D_n$ , мм	80	100	120	140	160	180	200	220	240	260
$d_{ш}$ , мм	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130
$Q$ , л/мин	6	7	8	9	10	11	12	13	14	16
$P_n$ , МПа	4	5	6	7	8	9	10	12	14	16
$P_{пр}$ , МПа	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
$\eta_{об}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$\eta$	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94

### Задача 3.

Вилочный автопогрузчик снабжен гидроприводом (рис.14). Высота подъема определяется положением штока гидроцилиндра двустороннего действия. В схеме управления гидроприводом используется 4/3-распределитель, обеспечивающий фиксацию штока гидроцилиндра в любом промежуточном положении.

#### Задание

- Разработать принципиальную гидравлическую схему системы управления высотой подъема вил автопогрузчика.
- С целью обеспечения длительного удержания груза без «просадки» штока гидроцилиндра применить односторонний гидрозамок.
- Смоделировать систему на тренажере, зафиксировав давления перед цилиндром в напорной и сливной магистралях, а также время прямого и обратного хода.
- Рассчитать условия работы гидрозамка при опускании груза массой 2 т. Давление в системе 150 бар. Диаметр поршня 56 мм.

#### Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, если аспирант показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если аспирант показал полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший сис-

тематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант показал знание основного учебно-программного материала, в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой, допустивший погрешности в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант показал пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустивший принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных программой заданий. Аспиранту, который не может приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

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

### **6.1 Основная литература**

1. Месропян А. В. Моделирование струйных гидравлических рулевых машин: Учебное пособие/ А. В. Месропян, В. А. Целищев. – Уфа: Изд. Уфимск.гос. авиац. техн. ун-т, 2008. – 196 с.

2. Целищев В. А. Гидравлический привод и гидроагрегаты/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 282 с.

3. Петров П.В., Целищев В. А. Основы алгоритмического моделирования нелинейных гидромеханических устройств: Учебное пособие-Уфа: Изд. Уфимск .гос. авиац. техн. ун-та, 2012. – 136 с.

4. Пархимович А.Ю., Целищев В. А. Пластинчатые насосы: Учебное пособие – Уфа: Изд. Уфимск .гос. авиац. техн. ун-та, 2012. – 109 с.

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Арефьев К.В. Идентификация и адаптивное управление струйными гидравлическими рулевыми машинами/ К.В. Арефьев, А.В. Месропян,

2. Ю.С. Телицын, В.А. Целищев. Под ред. А.В. Месропяна. – М.: Изд-во МАИ, 2007. – 282с.

3. Лепешкин А.В. Гидравлика и гидропневмопривод: учебник / А. В. Лепешкин, А. А. Михайлин, А. А. Шейпак: Ч.2: Гидравлические машины и гидропневмопривод под ред. А. А. Шейпака. МГИУ, Институт дистанционного образования. – М : МГИУ, 2005. – 352 с.

4. Шумилов И. С. Системы управления рулями самолётов: Учебное пособие/ И. С. Шумилов. – Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. – 469 с.

5. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: Справочник. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 2008. – 640 с.: ил. (Б-ка конструктора).

### 6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

Отечественные и зарубежные журналы из следующего перечня:

Отечественные журналы	Электронный адрес	Зарубежные журналы	Электронный адрес
Новые промышленные технологии	<a href="http://www.cnilot.ru">http://www.cnilot.ru</a>	Welding and cutting	<a href="http://www.welding-and-cutting.info/">http://www.welding-and-cutting.info/</a>
Вестник машиностроения	<a href="http://mashin.ru">http://mashin.ru</a>	Giesserei	
Стандарты и качество	<a href="http://ria-stk.ru">http://ria-stk.ru</a>	Foundry	<a href="http://www.foundrymag.com/">http://www.foundrymag.com/</a>
Безопасность жизнедеятельности	<a href="http://novtex.ru">http://novtex.ru</a>	Engineer	
Безопасность труда в промышленности	<a href="http://www.btpnadzor.ru/">http://www.btpnadzor.ru/</a>	Welding design and fabrication	<a href="http://weldingdesign.com/past-issues/">http://weldingdesign.com/past-issues/</a>
Проблемы машиностроения и автоматизации	<a href="http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7307">http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7307</a>	Soudure	
Сертификация	<a href="http://www.vniis.ru/issues/65">http://www.vniis.ru/issues/65</a>	Welding journal	<a href="http://pubs.aws.org/index.php">http://pubs.aws.org/index.php</a>
Техника машиностроения	<a href="http://www.mashinzdat.ru/tehmash.html">http://www.mashinzdat.ru/tehmash.html</a>	Welding international	<a href="http://journalseek.net/eng.htm">http://journalseek.net/eng.htm</a>
Техническая диагностика и неразрушающий контроль	<a href="http://www.nbu.gov.ua/portal/naturaltdnk/index.html">http://www.nbu.gov.ua/portal/naturaltdnk/index.html</a>	Schweisstechnik	<a href="http://www.lorch.biz/index.php?id=5377&amp;L=1">http://www.lorch.biz/index.php?id=5377&amp;L=1</a>
Трение и износ	<a href="http://mpri.org.by">http://mpri.org.by</a>	Schweissen und Schneiden	<a href="http://www.schweissen-schneiden.de/sus2009/downloads/pdf/sus_r_2011_anmeldung_full.pdf">http://www.schweissen-schneiden.de/sus2009/downloads/pdf/sus_r_2011_anmeldung_full.pdf</a>
Химическое и нефтегазовое машиностроение	<a href="http://www.himnef.ru/">http://www.himnef.ru/</a>	Известия вузов. Ядерная энергетика	<a href="http://journal.iate.obninsk.ru">http://journal.iate.obninsk.ru</a>
Информационные технологии	<a href="http://novtex.ru">http://novtex.ru</a>	Вестник машиностроения	<a href="http://mashin.ru/">http://mashin.ru/</a>
Компрессорная техника и пневматика	<a href="http://chemtech.ru">http://chemtech.ru</a>	Механика жидкости и газа	<a href="http://mzg.ipmnet.ru">http://mzg.ipmnet.ru</a>
Энергетическое машиностроение	<a href="http://www.ansysolutions.ru/?id=64">http://www.ansysolutions.ru/?id=64</a>	Промышленная энергетика	<a href="http://energy-journals.ru/market/promen/">http://energy-journals.ru/market/promen/</a>

### 6.4 Методические указания к практическим занятиям

Практикум по дисциплине «Современные системы гидравлических и пневматических приводов (СГ и ППр)» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: В.А. Целищев. – Уфа, 2008. – 64 с.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория, оборудованная проектором, экраном и компьютером с необходимым программным обеспечением. Класс, оборудованный компьютерами с необходимым программным обеспечением.

**Лаборатория проектирования пневмогидравлических систем** с отделениями пневмоавтоматики, гидроавтоматики, гидрогазодинамики. Лаборатория оснащена средствами мультимедиа, интерактивными досками с проекторами, двадцатью 2-х и 4-х ядерными компьютерами, подключенными к сети Internet и суперкомпьютеру УГАТУ. Программное обеспечение включает в себя средства разработки 3D моделей Inventor, MechanicalDesktop, CADMechDesktop, SolidWorks, Kosmos и др.; средства разработки 2D чертежей AutoCADrus, CADMech; средства технологической подготовки производства TechCard, EdgeCAM; средства анализа гидромеханических процессов Flow-3D, FlowVision, CosmosFloWorks, StarCD, AnsisCFX, Fluent, Flower, LSDyna и др.; средства кинематического и напряженно-деформированного анализа visualNASTRAN 4D; программы для динамического анализа Maple, Mathcad.

**Лаборатория экспериментальных исследований гидравлических систем.** Сборка, отладка и диагностика элементов и узлов систем автоматического управления энергетических машин. Оборудование позволяет реализовать автоматизированное проведение и обработку результатов экспериментов с использованием программно-аппаратного комплекса для моделирования динамических процессов (на базе LabView), обучение аппаратной части, чтение лекций и проведение практических и лабораторных работ, проведение учебно-научных семинаров с использованием мультимедийных интерактивных презентационных средств в помещении лаборатории. Единое программное обеспечение (LabView) проведения научных исследований на экспериментальных установках УНИЦ «Гидропневмоавтоматика» дает возможность улучшить качество представления результатов экспериментальных исследований, упростить методику их внедрения в учебный процесс. Обеспечение быстрого доступа (локальные сети) к качественной информации о научных исследованиях, представленных в едином формате, предусматривает развитие сотрудничества между научными школами и студентами различных форм обучения и направлений. Автоматизированный измерительный комплекс (SCADA) на элементной и приборной базе NationalInstruments (США):

1. Уникальный автоматизированный стенд "Исследование статических и динамических характеристик гидравлических исполнительных механизмов". Предназначен для экспериментальных исследований гидравлических исполнительных механизмов энергетических установок. Производства (2008 г.) Государственного ракетного центра.
2. Уникальный автоматизированный стенд «Гидродинамическое моделирование высокоскоростного многофазного течения жидкости» для проведения исследований в области гидродинамики высоконапорных течений несжимаемой жидкости (в том числе вихревых и кавитационных). Производства (2008 г.) Научно-исследовательского института технологий (НИИТ) для проведения исследований нестационарных гидрогазодинамических эффектов.
3. Уникальный автоматизированный стенд «Диагностика гидрооборудования» для проведения периодических, приемо-сдаточных и сертификационных испытаний гидрооборудования. Производства (2008 г.) компании Hydac.
4. Стенд «Основы гидромеханики» для проведения комплексных лабораторных работ с возможностью самостоятельной сборки и отладки гидросистем.
6. Стенд "Пневматические системы и аппаратура" для проведения лабораторных работ с возможностью самостоятельной сборки и отладки гидросистем.

Мультимедийный класс. Учебная аудитория, оборудованная современным мультимедийным оборудованием и учебным программным обеспечением.

## **8. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

**ЛИСТ**  
**согласования рабочей программы**

Направление подготовки: 15.06.01 Машиностроение  
код и наименование

Направленность подготовки: «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты»  
наименование

Дисциплина: «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты»

Учебный год 2015/2016

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры «Прикладная гидромеханика»  
наименование кафедры

протокол № 5 от "22" апреля 2015г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Целищев 22.04.15г.  
подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
Профессор \_\_\_\_\_ В.А. Целищев 22.04.15г.  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель НМС по УГСН 15.06.01 «Машиностроение»

протокол № 1 от "31" 08 2015 г.

\_\_\_\_\_ А.Г. Юмиев 2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Библиотека \_\_\_\_\_ Т.В. Дмитриева 11.05.2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Начальник отдела аспирантуры \_\_\_\_\_ Р.К. Рахматов 25.05.2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПМА и внесена в электронную базу  
данных

Начальник \_\_\_\_\_ И.А. Лакман 2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата