

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной  
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 11 » сентября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Объемные гидромашины и гидropередачи  
(наименование)

**Форма обучения:** очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** специалитет  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** 252 (7)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты двигателей летательных аппаратов  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области теории, расчёта и проектирования объёмных гидромашин и объёмных гидропередач.

Задачи учебной дисциплины:

- изучение понятийного аппарата в области объёмных гидромашин и гидропередач; классификации, устройства, принципа действия, статических характеристик объёмных гидромашин и гидропередач; основных соотношений для расчёта конструкции объёмных гидромашин;
- формирование умения строить расчётные схемы конструкций объёмных гидромашин; составлять и решать уравнения статики объёмных гидромашин;
- формирование умения применять математический аппарат для исследования динамических процессов в объёмных гидромашин и гидропередачах; обосновывать конструктивные решения, принятые при проектировании объёмных гидромашин;
- формирование навыков проектного и проверочного расчётов конструкции объёмных гидромашин.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- основные понятия, термины и определения в области объёмных гидромашин и гидропередач;
- классификация, принципы действия и сравнительная оценка конструктивных схем объёмных гидравлических машин: насосов и двигателей;
- нагрузки, действующие на конструкцию объёмной гидромашин;
- статические характеристики и коэффициенты полезного действия объёмных насосов и двигателей;
- соотношения, характеризующие особенности функционирования объёмных насосов и двигателей в составе энергетической установки;
- управляющие и вспомогательные элементы конструкций объёмных гидромашин;
- математические методы исследования рабочего процесса объёмных гидромашин;
- направления экспериментальных исследований рабочего процесса объёмных гидромашин.

### 1.3. Входные требования

Не предусмотрены

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
-------------	-------------------	---	--	-----------------

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.7	ИД-1ПК-1.7	<p>знает: параметры, характеризующие рабочий процесс ОГМ; физические основы процессов, протекающих в ОГМ; причины износа элементов конструкции ОГМ; влияние свойств рабочей жидкости и особенностей фазораспределения на рабочий процесс ОГМ; влияние подключённых трубопроводов на рабочий процесс ОГМ; способы акустической доводки ОГМ; интегральные показатели совершенства конструкций ОГМ; характер нагрузок, действующих на конструкцию гидромашины, и их связь с условиями эксплуатации; свойства конструкционных материалов, используемых в гидромашиностроении.</p>	<p>Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты</p>	Экзамен
ПК-1.7	ИД-2ПК-1.7	<p>умеет: делать выводы из анализа конструкции ОГМ о пригодности её применения в конкретных условиях эксплуатации; составлять математическую модель рабочего процесса ОГМ золотниковым, клапанным, щелевым фазораспределением; проводить математические исследования динамических процессов в камере, на стороне нагнетания, на стороне всасывания ОГМ; формулировать рекомендации по совершенствованию элементов ОГМ на</p>	<p>Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности</p>	Экзамен

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		основе проведённого математического исследования рабочего процесса ОГМ; выявлять причины износа, разрушения элементов ОГМ; оценивать "облик" ОГМ по её техническим характеристикам; обосновывать выбор материалов для деталей, образующих кинематические пары.		
ПК-1.7	ИД-3ПК-1.7	владеет: методиками математического исследования рабочего процесса ОГМ с золотниковым, клапанным, щелевым фазораспределением; методикой оптимизации конструкции ОГМ с целью улучшения динамических характеристик.	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной деятельности	Экзамен
ПК-2.12	ИД-1ПК-2.12	знает: назначение, классификацию, устройство и область применения объёмных гидромашин (ОГМ); роль ОГМ и объёмных гидропередат в обеспечении технологических процессов; разновидности конструктивных схем ОГМ, их особенности; применение теории рациональных механизмов к ОГМ; нагрузки, действующие в конструкциях ОГМ; связь между конструктивными и энергетическими параметрами ОГМ; статические характеристики насосов, двигателей; виды потерь энергии в ОГМ; коэффициенты полезного действия: объёмный,	Знает физические основы функционирования гидравлических и пневматических агрегатов, основы их проектировочного и проверочного расчётов, принципы построения гидравлических и пневматических систем	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		гидравлический, механический; способы уплотнения неподвижных и подвижных элементов; физические ограничения в конструкциях ОГМ, пути совершенствования ОГМ; способы присоединения ОГМ к другим элементам и агрегатам; элементы и способы регулирования ОГМ.		
ПК-2.12	ИД-2ПК-2.12	умеет: выполнять сравнительную оценку конструктивных схем ОГМ, выбирать с учётом достоинств и недостатков предпочтительную конструктивную схему для конкретного случая применения; определять конструктивные параметры по статистическим зависимостям; составлять уравнения сил и моментов, действующих на элементы конструкции ОГМ, в том числе на орган управления; рассчитывать размеры присоединительных элементов ОГМ.	Умеет производить расчёты гидро- и пневмосистем различного назначения, работающих по линейным алгоритмам, по разветвлённым алгоритмам, по адаптивным алгоритмам	Зачет
ПК-2.12	ИД-3ПК-2.12	владеет: методикой проектировочного и проверочного расчёта конструкции ОГМ; навыками выполнения эскизов элементов ОГМ; навыками выполнения сборочных чертежей и чертежей деталей ОГМ; методикой экспериментального определения статических характеристик ОГМ; навыками составления и проведения презентации конструкции ОГМ,	Владеет навыками использования САЕ системой (Matlab, Mathcad, ANSYS Mechanical) при расчёте и проектировании гидро-пневмоагрегатов и гидро-пневмосистем	Курсовой проект

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		обоснования принятых технических решений.		

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	8
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	100	36	64
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	40	16	24
- лабораторные работы (ЛР)	8		8
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	48	18	30
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	116	36	80
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)	36		36
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	252	72	180

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Общие вопросы теории объёмных гидромашин	6	0	4	16
<p>Введение.</p> <p>Определение объёмной гидромашин. Насосы и гидромоторы. Основные понятия и определения.</p> <p>Краткий исторический обзор развития гидромашиностроения. Роль объёмных гидромашин в системах гидравлического привода и гидравлической автоматики современных машин, станков, роботов и других объектов.</p> <p>Тема 1. Основные параметры и характеристики объёмных гидромашин и гидропередач.</p> <p>Рабочий объём гидромашин и расчетный расход жидкости. Связь между скоростью вращения ротора объёмной гидромашин и расходом рабочей жидкости. Параметр регулирования. Мощность и крутящий момент на валу гидромашин.</p> <p>Коэффициенты полезного действия. Объёмные потери и объёмный КПД. Определение действительной мощности насоса и гидромотора.</p> <p>Определение гидропередачи. Основная схема. Мощность и КПД гидропередач. Коэффициенты усиления объёмных гидромашин. Статическая характеристика. Статические характеристики насоса переменной производительности: регулировочная и напорная характеристики. Передаточные функции объёмных гидромашин.</p> <p>Особенности работы насосной установки. Работа всасывающего трубопровода. Кавитационная характеристика. Условия бескавитационной работы насоса. Совместная работа насоса с трубопроводом. Рабочая точка. Связь между давлением нагнетания насоса и нагрузкой.</p>				
Конструкции объёмных гидромашин	10	0	14	20
<p>Тема 2. Аксиально-поршневые гидромашин.</p> <p>Общие сведения об аксиально-поршневых гидромашин. Устройство и принцип действия аксиально-поршневого насоса с качающейся шайбой.</p> <p>Основные кинематические соотношения.</p> <p>Производительность. Силы, действующие на поршневую группу. Момент на валу гидромашин.</p> <p>Аксиально-поршневые гидромашин с двойным несилowym карданом. Особенности конструктивной схемы гидромашин. Кинематика двойного кардана.</p> <p>Кинематика гидромашин с синхронным карданом.</p> <p>Влияние дезаксиала.</p> <p>Аксиально-поршневые машин бескарданного типа. Особенности конструкции. Кинематика бескарданных машин. Относительное движение шатуна. Реверсивные нерегулируемые гидромашин бескарданного типа.</p> <p>Поршневые насосы с клапанным распределением.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>Особенности конструкции. Работа клапанов.</p> <p>Тема 3. Аксиально-плунжерные гидромашины.</p> <p>Устройство и принцип действия аксиально-плунжерной гидромашин, выполненной по схеме с наклонной шайбой. Виды плунжеров. Основные кинематические соотношения. Силы, действующие на плунжерную группу.</p> <p>Основные конструкции аксиально-плунжерных гидромашин с наклонной шайбой. Гидромашины с "жестким ротором". Гидромашины с "жестким ротором" и самоустанавливающимся торцевым распределительным золотником. Гидромашины с самоустанавливающимся блоком цилиндров с опорой на валу. Гидромашины с самоустанавливающимся блоком цилиндров с опорой на корпусе. Статическая определенность механизма гидромашин и её влияние на технологичность изготовления, работоспособность.</p> <p>Тема 4. Радиально-плунжерные гидромашины.</p> <p>Основные схемы радиально-плунжерных (поршневых) гидромашин: схема с вращающейся кулисой и схема с вращающимся крестовидным шатуном. Устройство и принцип действия радиально-плунжерной (поршневой) гидромашин.</p> <p>Основные кинематические соотношения.</p> <p>Производительность. Силы, действующие на плунжерную (поршневую) группу.</p> <p>Особенности распределения. Торцовые и цапфенные распределительные устройства, преимущества и недостатки.</p> <p>Быстроходные радиально-плунжерные насосы.</p> <p>Особенности конструкции.</p> <p>Радиально-поршневые тихоходные высокомоментные гидромоторы.</p> <p>Устройство и принцип действия. Момент на валу.</p> <p>Тема 5. Пластинчатые гидромашины.</p> <p>Устройство и принцип работы пластинчатой гидромашин однократного действия. Определение расхода и момента на валу.</p> <p>Пластинчатые гидромашины двойного действия: устройство и принцип работы. Определение расхода и момента на валу.</p> <p>Схемы разгрузки пластинок от сил давления.</p> <p>Быстроходные гидромашины.</p> <p>Тема 6. Шестерённые и винтовые гидромашины.</p> <p>Устройство и принцип работы шестерённого насоса.</p> <p>Насосы с внешним и с внутренним зацеплением.</p> <p>Определение производительности гидромашин.</p> <p>Коэффициенты полезного действия шестерённых гидромашин. Гидравлическая</p>				



Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>компенсация торцовых зазоров.  Мгновенный расход и мгновенный момент на валу гидромашины при отсутствии сжимаемости рабочей жидкости. Неравномерность расхода и момента.  Усилия, действующие на шестерни. Методы уменьшения радиальных усилий. Защемленный объём. Методы устранения влияния защемленного объёма на усилия, нагружающие шестерни.  Особенности конструкции шестерённых насосов.  Схема расчёта шестерённой гидромашины.  Определение основных размеров. Шестерённые гидромашины орбитального типа. Тихоходные гидромоторы.  Винтовые гидромашины. Особенности конструкции и работы винтовых гидромашин.  Тема 7. Гидромоторы прямолинейного и поворотного движения.  Основные конструктивные схемы гидравлических цилиндров. Гидроцилиндры простого и двойного действия. Гидроцилиндры с односторонним и двусторонним штоками. Особенность включения гидроцилиндров в гидравлическую систему.  Телескопический гидродомкрат. Особенность работы телескопического гидродомкрата. Включение гидродомкрата в систему. Гидроквадранты.  Устройство и принцип действия. Основы расчета гидроцилиндров.</p>				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	18	36
8-й семестр				
Рабочий процесс объёмных гидромашин и объёмных гидropередач	12	8	22	30
<p>Введение.  Современное состояние и основные направления развития теории рабочего процесса объёмных гидромашин и объёмных гидropередач.  Тема 8. Направления развития теории рабочего процесса объёмных гидромашин.  Допущения, принятые в математических моделях рабочего процесса. Многообразие направлений исследования рабочего процесса объёмной гидромашин.  Мгновенный расход через гидромашину и мгновенное значение момента на её валу при отсутствии сжимаемости жидкости. Влияние чётности и нечётности количества рабочих камер на пульсацию расхода и давления для поршневых (плунжерных) и пластинчатых гидромашин.  Особенности фазораспределения: нулевое, положительное и отрицательное перекрытие.  Тема 9. Экспериментальное исследование рабочего</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>процесса объёмной гидромашины.</p> <p>Тема 10. Математическое моделирование рабочего процесса с учётом сжимаемости и инерционности рабочей жидкости. Влияние трубопроводов на рабочий процесс объёмной гидромашины. Метод характеристик.</p> <p>Динамический процесс на стороне нагнетания гидромашины. Влияние сжимаемости рабочей жидкости на динамический процесс. Влияние числа рабочих цилиндров. Индикаторная диаграмма. Динамический процесс на стороне всасывания гидромашины. Пульсации давления на всасывании и на нагнетании. Состав спектра пульсации давления. Влияние высокочастотных гармоник на прочность деталей и узлов гидромашины. Влияние геометрических размеров напорного трубопровода и вида нагрузки на его конце на пульсацию давления. Явление "раскачки" размаха пульсации давления на всасывании гидромашины. Динамическая кавитация. Шум, излучаемый гидромашинами. Методы снижения динамической и акустической активности гидромашин.</p>				
Общие положения проектирования объёмных гидромашин и объёмных гидropередач	12	0	8	50
<p>Тема 11. Важнейшие конструктивные параметры и их роль в определении «облика» объёмной гидромашины.</p> <p>Коэффициент скорости. Конструктивные параметры. Некоторые рекомендации по конструктивному оформлению объёмной гидромашины. Статическая определяемость конструкции. Влияние поперечных сил на частоту собственных колебаний вала. К вопросу о выборе подшипников для опор ротора объёмных гидромашин.</p> <p>Тема 12. Вопросы выбора материалов кинематических пар гидромашин.</p> <p>Критерии работоспособности антифрикционных материалов в подвижных кинематических парах</p> <p>Рекомендации по сочетанию материалов в подвижных кинематических парах. Некоторые особенности конструктивных решений в объёмных гидромашин, вызванных обеспечением антифрикционности их подвижных кинематических пар.</p> <p>Тема 13. Проблема унификации объёмных гидромашин.</p> <p>Глубокая унификация. Шестерённые насосы с внешним зацеплением. Аксиально-поршневые гидромашин с наклонным блоком цилиндров.</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Аксиально-плунжерные насосы с наклонной шайбой высокого давления. Частичная унификация объёмных гидромашин. Шестерённые насосы с внутренним зацеплением.				
ИТОГО по 8-му семестру	24	8	30	80
ИТОГО по дисциплине	40	8	48	116

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Решение задач на применение основных соотношений между параметрами объёмных гидромашин
2	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров аксиально-поршневых гидромашин
3	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров аксиально-плунжерных гидромашин
4	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров радиально-плунжерных гидромашин
5	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров пластинчатых гидромашин
6	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров шестерённых гидромашин
7	Изучение конструкции и определение основных конструктивных параметров гидроцилиндров
8	Определение параметров экспериментальной установки
9	Применение метода характеристик к расчёту рабочего процесса
10	Расчёт конструктивных параметров объёмных гидромашин
11	Расчёт пар трения
12	Глубокая унификация объёмных гидромашин. Построение линейки типоразмеров

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Экспериментальное получение механической характеристики объёмного насоса
2	Экспериментальное получение скоростной характеристики объёмного гидромотора

### Тематика примерных курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ

№ п.п.	Наименование темы курсовых проектов/работ
1	Аксиально-поршневой нерегулируемый насос
2	Аксиально-плунжерный нерегулируемый насос, схема "Vickers"
3	Аксиально-плунжерный нерегулируемый насос, схема "Lucas"
4	Радиально-плунжерный нерегулируемый насос
5	Пластинчатый регулируемый насос однократного действия
6	Пластинчатый насос двойного действия
7	Шестерённый насос с эвольвентным зацеплением
8	Шестерённый насос с эпициклоидальным зацеплением

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

## 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.
5. Рекомендации по курсовому проектированию.

Пояснительная записка к курсовому проекту включает: – Расчёт основных конструктивных параметров гидромашин для не-скольких вариантов, выбор для проектирования рационального варианта; – Расчёты: силовые, прочностные, долговечности, жёсткости; – Расчёт и выбор стандартных присоединительных элементов; – Элементы патентного поиска. Графическая часть включает: – Сборочный чертёж общего вида (1-2 листа А1); – Чертёж характерной детали (1 лист А1). По каждой теме даются исходные данные индивидуально для каждого обучающегося.

## 6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Гидравлика, гидромашин и гидроприводы : учебник для вузов / Башта Т. М., Руднев С. С., Некрасов Б. Б., Байбаков О. В., Кирилловский Ю. Л. 2-е изд., перераб. Москва : Альянс, 2013. 423 с. 26,5 усл. печ. л.	28
2	Задачник по гидравлике, гидромашин и гидроприводу : учебное пособие для вузов / Некрасов Б.Б., Фатеев И.В., Беленков Ю.А., Михайлин А.А. Минск : Высшая школа А, 2007. 192 с.	159
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Бим-Бад Б. М., Кабаков М. Г., Стесин С. П. Атлас конструкций гидромашин и гидропередат. Москва : ИНФРА-М, 2004. 135 с.	51
2	Орлов Ю. М. Авиационные объемные гидромашин с золотниковым распределением. Пермь : ПГТУ, 1993. 251 с.	79
3	Орлов Ю. М. Механика жидкости, гидравлические машин и основы гидропривода агрегатов ракетных комплексов : учебное пособие для вузов. Пермь : ПВИРВ, 2001. 379 с.	90
4	Орлов Ю. М. Объемные гидравлические машин: конструкция, проектирование, расчет. М. : Машиностроение, 2006. 222 с.	84
5	Справочник конструктора-машиностроителя : в 3 т. / В. И. Анурьев ; Под ред. И. Н. Жестковой .— 9-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение : Машиностроение-1, 2006 .	164
<b>2.2. Периодические издания</b>		

	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Методические указания по лабораторным работам	<a href="https://drive.google.com/drive/folders/1IBx5ESZm8xU4EjAtWwHM1SNDMrDmIcD6?usp=sharing">https://drive.google.com/drive/folders/1IBx5ESZm8xU4EjAtWwHM1SNDMrDmIcD6?usp=sharing</a>	сеть Интернет; свободный доступ

## 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows 7 (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.03.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	NX 11 ( акад. лиц. дог. P/43469-04) каф.МКМК, АКФ
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SOLIDWORKS Education Edition ( дог.№ L271113-83M от 27.10.2013 каф.ПКТЭС АКФ)

## 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Курсовой проект	Макеты конструкций объёмных гидромашин	20
Лабораторная работа	Учебная установка ГП-01	1
Лабораторная работа	Учебная установка ГПА-01	1
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Макеты конструкций объёмных гидромашин	20

### **8. Фонд оценочных средств дисциплины**

Описан в отдельном документе
------------------------------

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**Пермский национальный исследовательский политехнический университет**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Объёмные гидромашины и гидротрансмиссии»**  
*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Специальность:</b>	24.05.02 Проектирование авиационных и ракетных двигателей
<b>Специализация программы специалитета</b>	Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты двигателей летательных аппаратов
<b>Квалификация выпускника:</b>	инженер
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
<b>Форма обучения:</b>	очная

**Курс:** 4

**Семестр:** 7, 8

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 7 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 252 ч.

**Виды промежуточного контроля:**

Экзамен: - 8      Зачёт: - 7      Курсовой проект: - 8      Курсовая работа: - нет

Пермь, 2023





Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Объёмные гидромашины и гидропередачи». Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

### 1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (7 и 8 семестры учебного плана) и разбито на 4 учебных раздела. В разделах предусмотрены аудиторские лекционные, практические и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения по дисциплине (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам и экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1. Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий				Рубежный	Промежуточный
	ТО	ОПЗ	КП	ОЛР	КР	КП, Э, Экзамен
<b>Усвоенные знания</b>						
3.1 параметры, характеризующие рабочий процесс ОГМ; физические основы процессов, протекающих в ОГМ; причины износа элементов конструкции ОГМ; влияние свойств рабочей жидкости и особенностей фазораспределения на рабочий процесс ОГМ; влияние подключённых трубопроводов на рабочий процесс ОГМ; способы акустической доводки ОГМ; интегральные показатели совершенства конструкций ОГМ; характер нагрузок, действующих на конструкцию гидромашины, и их связь с условиями эксплуатации; свойства конструкционных материалов, используемых в гидро-	ТО					ТВЭ

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий				Рубеж- ный	Промежу- точный
	ТО	ОПЗ	КП	ОЛР	КР	КП, 3, Экзамен
машиностроения (ПК-1.7)						
<b>3.2</b> назначение, классификацию, устройство и область применения объёмных гидромашин (ОГМ); роль ОГМ и объёмных гидropередач в обеспечении технологических процессов; разновидности конструктивных схем ОГМ, их особенности; применение теории рациональных механизмов к ОГМ; нагрузки, действующие в конструкциях ОГМ; связь между конструктивными и энергетическими параметрами ОГМ; статические характеристики насосов, двигателей; виды потерь энергии в ОГМ; коэффициенты полезного действия: объёмный, гидравлический, механический; способы уплотнения неподвижных и подвижных элементов; физические ограничения в конструкциях ОГМ, пути совершенствования ОГМ; способы присоединения ОГМ к другим элементам и агрегатам; элементы и способы регулирования ОГМ (ПК-2.12)	ТО		КП			ТВЗ
Освоенные умения						
<b>У.1</b> делать выводы из анализа конструкции ОГМ о пригодности её применения в конкретных условиях эксплуатации; составлять математическую модель рабочего процесса ОГМ золотниковым, клапанным, щелевым фазораспределением; проводить математические исследования динамических процессов в камере, на стороне нагнетания, на стороне всасывания ОГМ; формулировать рекомендации по совершенствованию элементов ОГМ на основе проведённого математического исследования рабочего процесса ОГМ; выявлять причины износа, разрушения элементов ОГМ; оценивать "облик" ОГМ по её техническим характеристикам; обосновывать выбор материалов для деталей, образующих кинематические пары (ПК-1.7)		ОПЗ			КР	ПЗ
<b>У.2</b> выполнять сравнительную оценку конструктивных схем ОГМ, выбирать с учётом достоинств и недостатков предпочтительную конструктивную схему для конкретного случая применения; определять конструктивные параметры по статистическим зависимостям; составлять уравнения сил и моментов, действующих на элементы конструкции ОГМ, в том числе на орган управления; рассчитывать размеры присоединительных элементов ОГМ (ПК-2.12)		ОПЗ	КП		КР	ПЗ
Приобретенные владения						
<b>В.1</b> методиками математического исследования рабочего процесса ОГМ с золотниковым, клапанным, щелевым фазораспределением; методикой				ОЛР		КЗ

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	Текущий				Рубеж- ный	Промежу- точный
	ТО	ОПЗ	КП	ОЛР	КР	КП, З, Экзамен
оптимизации конструкции ОГМ с целью улучшения динамических характеристик (ПК-1.7)						
<b>В.2</b> методикой проектировочного и проверочного расчёта конструкции ОГМ; навыками выполнения эскизов элементов ОГМ; навыками выполнения сборочных чертежей и чертежей деталей ОГМ; методикой экспериментального определения статических характеристик ОГМ; навыками составления и проведения презентации конструкции ОГМ, обоснования принятых технических решений (ПК-2.12)		ОПЗ	КП			ЗКП

*ТО – теоретический опрос (контроль знаний по теме); КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка умений); КП – курсовой проект (оценка умений и владений); ОЛР – отчёт по лабораторной работе; ОПЗ – отчёт по практическому занятию; ТВЗ – теоретический вопрос зачета; ТВЭ – теоретический вопрос экзамена; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена; ЗКП – защита курсового проекта, З – зачёт.*

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачёта, защиты курсового проекта и экзамена, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

## **2 Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения**

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучающегося и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

– межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

– контроль остаточных знаний.

## **2.1 Текущий контроль усвоения материала**

Текущий контроль для оценивания всех компонентов дисциплинарной части компетенции (табл.1.1) проводится в форме тестирования по каждой теме, в форме защиты отчётов по практическим и лабораторным занятиям, а также в форме защиты обоснования принятых решений в курсовом проектировании. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита отчётов по практическим занятиям и отчётов по лабораторным работам проводится индивидуально с каждым студентом или группой студентов. Для защиты представляется оформленное решение практического задания, содержащее, цель, общие сведения по теме исследования, решение, полученные результаты и выводы по результатам работы. Критериями для оценки отчета по 4-балльной шкале являются безошибочность и полнота выполнения работы и качество выводов. Результаты отчётов отражаются в книжке преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы специалитета.

## **2.2 Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графику учебного процесса, приведенному в РПД, в форме контрольных работ после изучения каждого раздела учебной дисциплины.

### **2.2.1 Курсовое проектирование**

Курсовое проектирование ведётся поэтапно. Оценивание каждого логически завершённого этапа производится в форме собеседования по результатам принятых конструктивных решений, проведённых геометрических, силовых, прочностных расчётов, расчётов надёжности, долговечности.

### **2.2.2. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (РКР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая РКР по разделу 1 «Общие вопросы теории объёмных гидромашин», вторая РКР – по разделу 3 «Рабочий процесс объёмных гидромашин и объёмных гидропередач».

#### **Типовые задания первой КР**

1. Параметры объёмных гидромашин;

2. Статические характеристики насосов;
3. Статические характеристики гидродвигателей;
4. Коэффициенты полезного действия насосов;
5. Коэффициенты полезного действия гидродвигателей
6. Рассчитать размеры проходников ввертных.

### **Типовые задания второй КР**

1. Рассчитать по заданным производительности и скорости вращения вала рабочий объём и основные геометрические параметры конструкции гидромашины заданного типа (по вариантам);
2. Определить при различных значениях модуля зацепления количество зубьев шестерённого насоса для заданного рабочего объёма;
3. Определить силы, действующие на плунжерную группу, при заданных значениях энергетических и геометрических параметрах аксиально-плунжерного насоса.

### **2.3. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условием допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде зачета, защиты курсового проекта и экзамена.

Зачет проводится устно, по теоретическому вопросу зачета (ТВЗ).

На защиту допускается завершённый курсовой проект, содержащий графическую часть (2-4 листа формата А1) и пояснительную расчётную записку (до 30 листов). Комиссия из состава ППС кафедры оценивает качество представленного проекта и доклада по нему, после доклада проводится обсуждение проекта. Типовые темы курсового проекта приведены в РПД дисциплины. Критерии и шкалы оценивания приведены в Общей части ФОС ОПОП

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические и комплексные задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Форма билета представлена в общей части ФОС программы специалитета.

#### **2.3.1. Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения по дисциплине, формирующих дисциплинарные части компетенций**

##### **Вопросы для контроля усвоенных знаний:**

*а) перечень вопросов для оценивания части компетенции ПК-2.12:*

1. Аксиально-поршневые гидромашины бескарданного типа. Особенности кинематики. Определение производительности.
2. Аксиально-поршневые гидромашины с качающейся шайбой. Устройство и принцип действия. Кинематика. Средняя производительность. Усилия, действующие на поршневую группу.
3. Аксиально-поршневые гидромашины с силовым асинхронным карданом. Особенности кинематики. Средняя производительность.
4. Аксиально-поршневые гидромашины с двойным несилковым карданом. Особенности кинематики. Определение производительности.
5. Аксиально-поршневые гидромашины с наклонной шайбой. Устройство и принцип действия. Кинематика. Определение производительности. Усилия, действующие на плунжерную группу.
6. Аксиально-плунжерные гидромашины с наклонной шайбой. Схема "Vickers". Особенности конструкции и кинематики.
7. Аксиально-плунжерные гидромашины с наклонной шайбой. Схема "Lucas". Особенность конструкции. Принцип действия.
8. Шестерённые гидромашины. Устройство и принцип действия. Производительность. Силы, действующие на опоры шестерён. Утечки. Компенсация торцевых зазоров.
9. Радиально-поршневые гидромашины. Устройство и принцип действия. Схемы. Кинематика. Усилия, действующие на плунжерную группу. Производительность.

*б) перечень вопросов для оценивания дисциплинарной части компетенции ПК-1.7:*

1. Виды и особенности всасывания объёмных гидромашин.
2. Уплотнения гидроцилиндров. Виды уплотнений. Определение сил трения.
3. Основные схемы гидромашин с наклонной шайбой. Их преимущества и недостатки. Основы теории рациональных механизмов.
4. Особенности работы всасывающего трубопровода насосной установки. Кавитационная характеристика насоса.
5. Коэффициенты полезного действия объёмных гидромашин.

### **Задания для контроля усвоенных умений:**

*а) перечень заданий для оценивания части компетенции ПК-2.12:*

1. Рабочий объём. Крутящий момент. Зависимости  $\omega = f(q_v)$  и  $T = f(\Delta p)$ .
2. Основные параметры и характеристики объёмных гидромашин.
3. Телескопический домкрат. Особенности конструкции и работы.
4. Гидромашины прямолинейного и поворотного движения. Особенности работы гидроцилиндров с односторонним и двухсторонним штоком.
5. Гидравлические цилиндры и гидродомкраты. Особенности конструкции и работы.

*б) перечень заданий для оценивания части компетенции ПК-1.7:*

1. Гидромашины прямолинейного и поворотного движения. Особенности работы гидроцилиндров с односторонним и двухсторонним штоком.
2. Мощность и коэффициенты полезного действия объёмных гидромашин. Определение действительной мощности насоса и гидромотора.
3. Особенности работы всасывающего трубопровода насосной установки. Кавитационная характеристика насоса.
4. Поршневые гидромашины с клапанным распределением. Особенности конструкции. Определение производительности и крутящего момента.
5. Пластинчатые машины однократного действия. Устройство и принцип работы. Определение производительности.

### **Задания для контроля усвоенных владений:**

*а) перечень заданий для оценивания части компетенции ПК-2.12:*

1. Скоростная характеристика гидродвигателя.
2. Неравномерность расхода и крутящего момента аксиально-плунжерных гидромашин с наклонной шайбой.
3. Мощность и коэффициенты полезного действия объёмных гидромашин.
4. Пластинчатые гидромашины двойного действия. Особенности конструкции и работы. Способы разгрузки пластин от сил давления.
5. Гидравлические цилиндры и гидродомкраты. Особенности конструкции и работы.

*б) перечень заданий для оценивания части компетенции ПК-1.7:*

1. Механическая характеристика объёмного насоса. Работа насоса на сеть. Рабочая точка насоса.
2. Механическая характеристика гидродвигателя.
3. Регулировочная характеристика насоса регулируемой производительности.
4. Регулировочная характеристика насоса переменной производительности.
5. Расчёт сил, действующих на ротор гидромашины.

*Полный перечень теоретических вопросов, практических и комплексных заданий в форме утвержденного комплекта экзаменационных билетов хранится на выпускающей кафедре.*

### **2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания путем выборочного контроля во время экзамена.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС программы специалитета.



### **3 Критерии оценивания уровня сформированности компонентов компетенций**

#### **3.1 Оценка уровня сформированности компонентов компетенций**

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете (экзамене, защите курсового проекта) считается, что полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

#### **3.2 Оценка уровня сформированности компетенций**

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Типовые шкала, критерии оценки, форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в документе Фонд оценочных средств вуза для проведения промежуточной аттестации по основной профессиональной образовательной программе высшего образования – программе магистратуры, Пермь: ПНИПУ, 2016. - 23 с.