

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

« 26 » октября 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 144 (4)  
(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 – формирование инженерных знаний, умений и навыков для решения задач анализа динамических процессов в гидروпневмосистемах и моделирования динамики гидроприводов.

Задачи:

- изучение теоретических основ и прикладных методов анализа динамических процессов в гидропневмосистемах;
- формирование умений создания и использования математических моделей для исследования динамических свойств гидропневмоприводов;
- формирование навыков применения методологии теории автоматического управления (ТАУ) в задачах динамики и регулирования гидропневмосистем.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные понятия и задачи динамики и регулирования гидропневмосистем.

Функциональные схемы и математические модели элементов гидропневмосистем.

Исследования динамики гидропневмосистем методами теории автоматического управления.

Математические модели и структурные схемы динамики гидропневмоприводов.

Моделирование динамики гидроприводов с использованием ЭВМ.

### 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	Знает: - основные понятия и задачи динамики и регулирования гидропневмосистем; - свойства и характеристики рабочих сред; - подходы к моделированию гидропневмолиний с распределенными и сосредоточенными параметрами; - способы получения и линеаризации математических моделей элементов ГПС; - методы теории автоматического управления для исследования динамических свойств ГПС.	Знает современные информационные технологии, сетевые компьютерные технологии, математические пакеты	Контрольная работа
ПК-1.7	ИД-2ПК-1.7	Умеет: - получать и анализировать передаточные функции элементов ГПС; - составлять и преобразовывать структурные схемы ГПС; - получать и анализировать логарифмические частотные характеристики элементов ГПС; - оценивать устойчивость и динамическое качество по переходным и частотным характеристикам.	Умеет применять современные программно-вычислительные комплексы для исследования процессов и режимов работы объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.7	ИД-3ПК-1.7	Владеет навыками постановки задач исследований динамических свойств ГПС и инженерного анализа динамики ГПС по математической модели.	Владеет навыками математического моделирования при анализе и расчете объектов профессиональной деятельности	Дифференцированный зачет
ПК-1.8	ИД-1ПК-1.8	Знает:	Знает конструктивные	Контрольная

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные требования к переходным и частотным характеристикам гидропневмоприводов;</li> <li>- подходы к исследованию динамических характеристик гидропневмоприводов;</li> <li>- отличительные особенности динамики гидравлических и пневматических приводов;</li> <li>- методы исследования устойчивости и качества переходных процессов в следящих гидро- и пневмоприводах;</li> <li>- причины возникновения автоколебаний в приводе</li> <li>- программные средства для численного моделирования динамики гидроприводов на ЭВМ.</li> </ul>	особенности систем энергетических установок	работа
ПК-1.8	ИД-2ПК-1.8	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- составлять и анализировать математические модели следящих гидропневмоприводов;</li> <li>- определять статические и динамические характеристики по математическим моделям электрогидравлического привода;</li> <li>- исследовать процессы динамики гидравлического привода численным моделированием на ЭВМ.</li> </ul>	Умеет организовать подготовку испытаний объектов профессиональной деятельности	Отчёт по практическому занятию
ПК-1.8	ИД-3ПК-1.8	<p>Владеет навыками постановки задач исследований динамических характеристик гидропневмоприводов и инженерного анализа динамики гидропривода по математической</p>	Владеет навыками расчетов приведенных характеристик и доводочных испытаний объектов профессиональной деятельности	Дифференцированный зачет

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

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	63	63	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	27	27	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	32	32	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	81	81	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 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	
9-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
Моделирование гидро- и пневмосистем (ГПС)	12	0	16	36
<p>Тема 1. Гидро- и пневмосистемы как объекты регулирования. ГПС в двигателях летательных аппаратов. Условные обозначения на гидравлических и пневматических схемах. Свойства и характеристики рабочих сред. Гидро- и пневмолинии: модели с распределенными и сосредоточенными параметрами, учет сжимаемости, волновые процессы. Требования к динамическим свойствам ГПС.</p> <p>Тема 2. Методология теории автоматического управления в исследованиях динамики ГПС. Переходная и весовая характеристики. Анализ устойчивости и качества по передаточным функциям. Частотные передаточные функции и характеристики. Динамические характеристики типовых динамических звеньев. Структурные схемы. Синтез корректирующих звеньев.</p> <p>Тема 3. Математические модели элементов ГПС. Исполнительные органы: гидроцилиндр, гидромотор. Дроссельные устройства: золотниковый распределитель, сопло-заслонка, клапан. Насос: нерегулируемый, регулируемый. Предохранительный клапан: прямого и непрямого действия. Трубопроводы.</p>				
Моделирование динамики гидро- и пневмоприводов	15	0	16	45
<p>Тема 4. Динамика гидромеханических приводов. Гидропривод с дроссельным регулированием: нелинейная и линеаризованная модели, устойчивость и качество регулирования следящего привода, корректирование динамики. Гидропривод с объемным регулированием: принципиальная схема, уравнение динамики силовой части, устойчивость при наличии обратной связи.</p> <p>Тема 5. Динамика электрогидравлических и электропневматических приводов. Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным регулированием: общие сведения, статические и динамические характеристики элементов, структурные схемы, корректирование динамических и статических характеристик, автоколебания. Электропневматические следящие приводы. Электрогидравлические следящие приводы с объемным регулированием: принципиальные и структурные схемы, устойчивость.</p> <p>Тема 6. Моделирование динамики гидропневмосистем с использованием ЭВМ. Векторно-матричные уравнения динамики:</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
уравнения состояния и выхода нелинейных и линейных систем, способы получения и преобразования. Численное решение уравнений состояния элементов гидропривода в ПК Mathcad: принципиальная схема, математическая модель, программный код, метод решения. Моделирование гидропривода в ПК MATLAB Simulink: представление уравнений в виде структурных схем, блок-диаграммы, выбор решателя.				
ИТОГО по 9-му семестру	27	0	32	81
ИТОГО по дисциплине	27	0	32	81

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Математическое моделирование гидро- и пневмолиний с сосредоточенными параметрами.
2	Составление и линеаризация дифференциальных уравнений (ДУ) гидравлической системы.
3	Получение передаточных функций (ПФ) линеаризованной гидравлической системы.
4	Представление элементов ГПС типовыми динамическими звеньями (ТДЗ).
5	Построение и преобразование структурной схемы гидравлической системы.
6	Анализ устойчивости и качества гидравлической системы по передаточным функциям.
7	Передаточные функции корректирующих звеньев. Законы регулирования.
8	Частотная передаточная функция и частотные характеристики гидравлической системы.
9	Анализ динамических свойств по логарифмическим частотным характеристикам (ЛЧХ).
10	Построение ЛЧХ элементов гидросистемы с помощью компьютерной программы.
11	Структурная схема и передаточная функция следящего гидропривода с дроссельным регулированием.
12	Построение асимптотической логарифмической амплитудной характеристики по передаточной функции. Оценка частоты среза.
13	Получение векторно-матричных уравнений состояния и выхода по ДУ и ПФ следящего гидропривода.
14	Численное моделирование переходных процессов следящего гидропривода в ПК Mathcad.
15	Представление математической модели следящего гидропривода в ПК MATLAB.
16	Численное моделирование переходных процессов следящего гидропривода в ПК MATLAB.

## 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.

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 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.

## 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	Гайдук А. Р., Беляев В. Е., Пьявченко Т. А. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB : учебное пособие. 2-е изд., испр. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2011. 463 с. 24,36 усл. печ. л.	2
2	Гидравлические приводы летательных аппаратов : учебник для вузов / Гамынин Н. С., Карев В. И., Потапов А. М., Селиванов А. М. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1992. 367 с.	11

3	Квашнин А.И. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Статический расчет и расчет переходных процессов в гидромеханической системе : учебно-методическое пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 27 с.	47
4	Певзнер Л. Д. Теория систем управления : учебное пособие для вузов. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. 420 с. 34,45 усл. печ. л.	7
5	Попов Д. Н. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем : учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1987. 464 с.	31
6	Солодовников В. В., Плотников В. Н., Яковлев А. В. Основы теории и элементы систем автоматического регулирования : учебное пособие для вузов. Москва : Машиностроение, 1985. 535 с.	75
7	Шумилов И. С. Системы управления рулями самолётов : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. 469 с.	3
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Гамынин Н. С. Гидравлический привод систем управления : учебное пособие для вузов. Москва : Машиностроение, 1972. 376 с.	5
2	Динамика гидропривода / Садовский Б. Д., Прокофьев В. Н., Кутузов В. К., Щеглов А. Ф., Вольфсон Я. В. Москва : Машиностроение, 1972. 288 с. 18,0 усл. печ. л.	3
3	Зайцев Н. Н. Автоматическое управление в энергомашиностроении. Введение в теорию : учебное пособие для вузов. Пермь : ПГТУ, 2008. 275 с. 17,25 усл. печ. л.	104
4	Квашнин А.И. Гидравлический привод и средства автоматизации. Проектирование объемного гидропривода : учебно-методическое пособие. Пермь : ПГТУ, 2007. 81 с.	48
5	Никитин О.Ф. Рабочие жидкости гидроприводов. Классификация, свойства, рекомендации по выбору и применению : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. 150 с.	3
6	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т. 5: Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. Москва : Машиностроение, 2008. 186 с.	36
7	Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками : учебник для вузов / Бабкин А. И., Белов С. В., Рутовский Н. Б., Соловьев Е. В. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : Машиностроение, 1986. 453 с.	6
8	Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB : учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2013. 208 с. 10,92 усл. печ. л.	2
9	Сазанов В. И., Калашников Б. А. Динамика агрегатов пневмогидравлических систем ракет с ЖРД : учебное пособие. Санкт-Петербург [ и др.] : Лань, 2022. 240 с. 19,83 усл. печ. л.	3
<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)
Дополнительная литература	Глазырин, Г. В. Теория автоматического регулирования : учебное пособие. Теория автоматического регулирования. Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. 168 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUIPRSMART91740">https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUIPRSMART91740</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Жариков К. И., Дронь М. М. Гидравлический? привод систем в аэрокосмической? технике : практикум. Омск : ОмГТУ, 2020. 116 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-149095">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-149095</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Зайцев Н. Н. Автоматическое управление в энергомашиностроении. Введение в теорию : учебное пособие для вузов. Пермь : ПГТУ, 2008.	<a href="https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUPNRPUelib2733">https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUPNRPUelib2733</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Квашнин А. И. Элементы гидравлических систем и объёмного гидропривода : учебное пособие. Пермь : ПНИПУ, 2011.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3289">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib3289</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Коновалов Б. И. Теория автоматического управления. Учеб. пособие для вузов по специальности 210106 - "Промышл. электроника" Б. И. Коновалов, Ю. М. Лебедев. - 3-е изд., доп. и перераб. - СПб. и др.: Лань, 2010. - 220 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-238508">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-238508</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Ощепков А. Ю. Системы автоматического управления : Теория, применение, моделирование в MATLAB. Учеб. пособие для техн. и классич. ун-тов А. Ю. Ощепков. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2013. - 208 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-177027">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-177027</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Дополнительная литература	Французова Г. А. Расчет и исследование системы регулирования динамическим объектом : учебно-методическое пособие. Новосибирск : НГТУ, 2019. 44 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/readers/Record/lanRU-LAN-BOOK-152207">https://elib.pstu.ru/readers/Record/lanRU-LAN-BOOK-152207</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Ягодкина Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для вузов. Москва : Юрайт, 2023. 470 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUURAIT511441">https://elib.pstu.ru/readers/Record/RUURAIT511441</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Яковлев А. Б. Пневматический привод летательных аппаратов : практикум. Омск : ОмГТУ, 2018. 128 с.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-149179">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-149179</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Гайдук А. Р. Теория автоматического управления в примерах и задачах с решениями в MATLAB. Учеб. пособие для вузов по специальности "Автоматизация технол. процессов и производств (энергетика) направления "Автоматизир. технологии и производства" А. Р. Гайду	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-200441">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-200441</a>	сеть Интернет; авторизованный доступ
Основная литература	Квашнин А.И. Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. Статический? расчет и расчет переходных процессов в гидромеханической? системе. учебно-методическое пособие. Пермь : ПНИПУ, 2007	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2679">https://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2679</a>	сеть Интернет; свободный доступ
Основная литература	Певзнер Л. Д. Теория систем управления. Учеб. пособие для вузов по направлению 220400 "Управление в технических системах" Л. Д. Певзнер. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб. и др.: Лань, 2022. - 424 с. ил.	<a href="https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-212207">https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-212207</a>	сеть Интернет; авторизованный 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.
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATLAB 7.9 + Simulink 7.4 Academic, ПНИПУ 2009 г.

### 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>
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
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

### 8. Фонд оценочных средств дисциплины

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

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

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине  
**«Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем»**

---

*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>	специалист
<b>Выпускающая кафедра:</b>	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
<b>Форма обучения:</b>	очная

Курс: 5

Семестр(ы): 9

**Трудоемкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:

4

Часов по рабочему учебному плану:

144

**Форма промежуточной аттестации:**

Дифф. зачет: 9

Пермь, 2023 г.

**Фонд оценочных средств** для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. 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 одного семестра (9-й семестр учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и практические занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, 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 практическим занятиям и дифференцированного зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		итоговый
	С	ТО	ОПЗ	Т/КР	дифф. зачет
<b>Усвоенные знания</b>					
3.1. Знает основные понятия и задачи динамики и регулирования гидропневмосистем.		ТО1		КР1	ТВ
3.2. Знает свойства и характеристики рабочих сред.		ТО1		КР1	ТВ
3.3. Знает подходы к моделированию гидропневмолиний с распределенными и сосредоточенными параметрами.		ТО1		КР1	ТВ
3.4. Знает способы получения и линеаризации математических моделей элементов ГПС.		ТО1		КР1	ТВ
3.5. Знает методы теории автоматического управления для исследования динамических свойств ГПС.		ТО1		КР1	ТВ
3.6. Знает основные требования к переходным и частотным характеристикам гидропневмоприводов.		ТО2		КР2	ТВ
3.7. Знает подходы к исследованию динамических характеристик гидропневмоприводов.		ТО2		КР2	ТВ
3.8. Знает отличительные особенности динамики гидравлических и пневматических приводов.		ТО2		КР2	ТВ

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля				
	текущий		рубежный		итоговый
	С	ТО	ОПЗ	Т/КР	дифф. зачет
<b>3.9.</b> Знает методы исследования устойчивости и качества переходных процессов в следящих гидро- и пневмоприводах.		ТО2		КР2	ТВ
<b>3.10.</b> Знает причины возникновения автоколебаний в приводе.		ТО2		КР2	ТВ
<b>3.11.</b> Знает программные средства для численного моделирования динамики гидроприводов на ЭВМ.		ТО2		КР2	ТВ
<b>Освоенные умения</b>					
<b>У.1</b> Умеет получать и анализировать передаточные функции элементов ГПС.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.2</b> Умеет составлять и преобразовывать структурные схемы ГПС			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.3</b> Умеет получать и анализировать логарифмические частотные характеристики элементов ГПС.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.4</b> Умеет оценивать устойчивость и динамическое качество по переходным и частотным характеристикам.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.5</b> Умеет составлять и анализировать математические модели следящих гидropневмоприводов.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.6</b> Умеет определять статические и динамические характеристики по математическим моделям электрогидравлического привода.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>У.7</b> Умеет исследовать процессы динамики гидравлического привода численным моделированием на ЭВМ.			ОПЗ1-ОПЗ16		ПЗ
<b>Приобретенные владения</b>					
<b>В.1.</b> Владеет навыками постановки задач исследований динамических свойств ГПС и инженерного анализа динамики ГПС по математической модели.			ОПЗ1-ОПЗ16		КЗ
<b>В.2.</b> Владеет навыками постановки задач исследований динамических характеристик гидropневмоприводов и инженерного анализа динамики гидропривода по математической модели.			ОПЗ1-ОПЗ16		КЗ

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОПЗ – отчет по практическому занятию; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); РР – расчётная работа; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде дифференцированного зачета, 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 обучаемого 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 усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

### **2.2. Рубежный контроль**

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты отчетов по практическим занятиям и рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

#### **2.2.1. Защита отчетов практических занятий**

Запланировано 16 практических занятий. Темы практических занятий приведены в РПД.

Защита отчетов практических занятий проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

Согласно РПД запланировано 2 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Моделирование гидро- и пневмосистем», вторая КР – по модулю 2 «Моделирование динамики гидро- и пневмоприводов».

#### **Типовые задания первой КР:**

1. Условные обозначения на гидравлических и пневматических схемах.
2. Требования к динамическим свойствам ГПС.
3. Анализ устойчивости и качества по передаточным функциям.
4. Динамические характеристики типовых динамических звеньев.

#### **Типовые задания второй КР:**

1. Гидропривод с дроссельным регулированием: нелинейная и линеаризованная модели, устойчивость и качество регулирования следящего привода, корректирование динамики.

2. Гидропривод с объемным регулированием: принципиальная схема, уравнение динамики силовой части, устойчивость при наличии обратной связи.

3. Электрогидравлические следящие приводы с дроссельным регулированием: общие сведения, статические и динамические характеристики элементов, структурные схемы, корректирование динамических и статических характеристик, автоколебания.

4. Электропневматические следящие приводы.

5. Электрогидравлические следящие приводы с объемным регулированием: принципиальные и структурные схемы, устойчивость.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.3. Выполнение комплексного индивидуального задания на самостоятельную работу**

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное комплексное задание студенту.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### **2.4. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех практических работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

#### **2.4.1. Процедура промежуточной аттестации без дополнительного аттестационного испытания**

Промежуточная аттестация проводится в форме дифференцированного зачета. Зачет по дисциплине основывается на результатах выполнения предыдущих индивидуальных заданий студента по данной дисциплине.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

#### **2.4.2. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания**

В отдельных случаях (например, в случае переаттестации дисциплины) промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине может проводиться с проведением аттестационного испытания по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки освоенных умений и комплексные задания (КЗ) для контроля уровня приобретенных владений всех заявленных компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

##### **2.4.2.1. Типовые вопросы и задания для зачета по дисциплине**

###### **Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:**

1. Привести условные обозначения на гидравлических и пневматических схемах.
2. Перечислить требования к динамическим свойствам ГПС.
3. Динамические характеристики типовых динамических звеньев.
4. Гидропривод с дроссельным регулированием: нелинейная и линеаризованная модели, устойчивость и качество регулирования следящего привода, корректирование динамики.
5. Привести принципиальную схему гидропривода с объемным регулированием.
6. Статические и динамические характеристики элементов электрогидравлических следящих приводов с дроссельным регулированием.
7. Электропневматические следящие приводы.
8. Привести принципиальную схему электрогидравлического следящего привода с объемным регулированием.

###### **Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:**

1. Провести анализ устойчивости и качества по передаточным функциям.
2. Составить и провести линеаризацию дифференциальных уравнений гидравлической системы.
3. Получить передаточную функцию линеаризованной гидравлической системы.
4. Представить элементы ГПС типовыми динамическими звеньями.
5. Провести анализ устойчивости и качества гидравлической системы по передаточным функциям.

###### **Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:**

1. Построить асимптотическую логарифмическую амплитудную характеристику по передаточной функции и оцените частоты среза.
2. Провести численное моделирование переходных процессов следящего гидропривода в ПК Mathcad.
3. Представить математическую модели следящего гидропривода в ПК MATLAB.

4. Провести численное моделирование переходных процессов следящего гидропривода в ПК MATLAB.

#### **2.4.2.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных 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 образовательной программы.

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

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

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

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.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.