

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

« 01 » марта 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Автоматика и регулирование двигателей летательных аппаратов
(наименование)

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

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

Общая трудоёмкость: 144 (4)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
(код и наименование направления)

Направленность: Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена
двигателей летательных аппаратов
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель: формирование знаний, умений и навыков применения методологии автоматического управления для исследования и проектирования систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов

Задачи:

- изучение теоретических основ и прикладных методов автоматического управления динамическими объектами и процессами;
- формирование умений решения задач анализа и синтеза автоматических систем двигателей летательных аппаратов;
- формирование навыков моделирования динамики систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Основные понятия, задачи и элементы систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов;

Виды математических моделей систем автоматического регулирования в пространстве состояний.

Математические и вычислительные методы исследования автоматических систем в пространстве состояний.

Примеры решения практических задач анализа и синтеза систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов.

1.3. Входные требования

Знание основ:

- техники ракетного управляемого полета;
- теории двигателей летательных аппаратов;
- автоматического управления техническими системами;
- математического моделирования динамических систем.

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-2.1	ИД-1ПК-2.1	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия, задачи и элементы систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов; - векторно-матричную запись и схематическое представление уравнения состояния и уравнения выхода управляемой динамической системы; - классификацию динамических систем по виду уравнения состояния - способы получения уравнения состояния и уравнения выхода; - управляемость и наблюдаемость динамических систем; - анализ устойчивости и качества систем по уравнению состояния; - синтез одномерной замкнутой системы с желаемым характеристическим полиномом 	Знает структуру построения технического предложения.	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> - разрабатывать математические модели установившихся и неуставившихся режимов двигателей летательных аппаратов; - осуществлять линеаризацию математических моделей; - получать математические модели в пространстве состояний. - формулировать и решать задачи анализа систем автоматического регулирования; - формулировать и решать задачу параметрического синтеза автоматических 	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей.	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		систем двигателей летательных аппаратов.		
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет: - навыком численного моделирования статических и динамических характеристик управляемых систем; - навыком постановки и численного моделирования задач исследования в пространстве состояний автоматических систем двигателей летательных аппаратов.	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей.	Экзамен

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	18	
- лабораторные работы (ЛР)	14	14	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	18	18	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	4	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
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	
				СРС

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
2-й семестр				
Ракетный двигатель как объект регулирования	6	0	6	12
Регулируемые системы ракетной двигательной установки на твердом топливе. Регулируемые системы ракетной двигательной установки на жидком топливе.				
Исследование систем автоматического регулирования ракетных двигателей в пространстве состояний	6	6	6	22
Математические модели систем автоматического регулирования в пространстве состояний. Способы получения уравнений состояния. Анализ и синтез систем автоматического регулирования в пространстве состояний.				
Численное моделирование переходных режимов регулируемых систем ракетных двигателей	6	8	6	20
Численное моделирование системы управления вектором тяги ракетного двигателя на твердом топливе. Численное моделирование переходных режимов в твердотопливном газогенераторе.				
ИТОГО по 2-му семестру	18	14	18	54
ИТОГО по дисциплине	18	14	18	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Получение уравнений динамики управляемой твердотопливной двигательной установки
2	Получение уравнений динамики управляемой жидкостной двигательной установки
3	Линеаризация уравнений динамики ракетной двигательной установки
4	Анализ динамических характеристик автоматических систем ракетных двигательных установок по линейной модели
5	Способы определения статических и переходных характеристик ракетной двигательной установки
6	Способы определения частотных характеристик ракетной двигательной установки
7	Определение нагрузочной характеристики органа управления вектором тяги ракетного двигателя твердого топлива
8	Получение уравнений состояния и выхода управляемой твердотопливной двигательной установки
9	Моделирование переходных режимов управляемой твердотопливной двигательной установки в пространстве состояний

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Построение нагрузочной характеристики поворотного управляющего сопла численным экспериментом
2	Расчет параметров передаточной функции по уравнениям состояния и выхода
3	Синтез передаточной функции по уравнениям состояния и выхода
4	Построение частотных характеристик по передаточной функции
5	Численное моделирование переходной характеристики системы управления вектором тяги
6	Численное моделирование частотных характеристик системы управления вектором тяги
7	Численное моделирование переходного режима управляемой ракетной двигательной установки

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 процесса усвоения материала. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связи нового учебного материала с ранее освоенным.

Практические занятия проводятся в интерактивном режиме коллективного рассмотрения учебных задач по основным темам дисциплины. При этом особое внимание уделяется инженерному обоснованию принимаемых решений и получаемых результатов.

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.

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. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, методические указания по изучению дисциплины выдаются в начале семестра.
5. 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.

Тематика примерных вопросов для самостоятельного изучения дисциплины:

Система управления вектором тяги твердотопливной ракеты.

Управление двигательной установкой на жидком топливе изменением расхода окислителя.

Классификация динамических систем по виду уравнения состояния.

Математические модели и блок схемы многомерной управляемой системы в пространстве состояний.

Понятие управляемости и наблюдаемости динамической системы.

Нагрузочная характеристика органа управления вектором тяги РДТТ.

Переходные режимы управляемых ракетных двигательных установок.

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
1. Основная литература		
1	Зайцев Н. Н. Автоматическое управление в энергомашиностроении. Введение в теорию : учебное пособие для вузов / Н. Н. Зайцев. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	110
2	Ягодкина Т. В. Теория автоматического управления : учебник и практикум для бакалавриата и специалитета / Т. В. Ягодкина, В. М. Беседин. - Москва: Юрайт, 2019.	11
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Автоматика и регулирование авиационных двигателей и энергетических установок. - М.: , Машиностроение, 2008. - (Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т.; Т. 5).	40
2	Основы теории автоматического управления ракетными двигательными установками : учебник для вузов / А. И. Бабкин [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1986.	6
3	Твёрдотопливные регулируемые двигательные установки : справочное издание / Ю. С. Соломонов [и др.]. - Москва: Машиностроение, 2011.	20
2.2. Периодические издания		

	Не используется	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	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	Васильев Е. М. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов	http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4100	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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
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.

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	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Системный анализ двигателей летательных аппаратов»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки:	24.04.05 Двигатели летательных аппаратов
Направленность (профиль) образовательной программы:	Аэродинамика, гидродинамика и процессы теплообмена двигателей летательных аппаратов
Квалификация выпускника:	магистр
Выпускающая кафедра:	Ракетно-космическая техника и энергетические системы
Форма обучения:	очная

Курс: 1

Семестр: 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 4 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 144 ч

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 2 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Системный анализ двигателей летательных аппаратов». 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 (2-го семестра учебного плана) и разбито на 3 учебных модуля (раздела), в которых 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, 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, выполнении практических заданий, сдаче отчетов по лабораторным работам, защите индивидуального задания и сдаче экзамена. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. 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
ПК-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает: - основные понятия, задачи и элементы систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов; - векторно-матричную запись и схематическое представление уравнения состояния и уравнения выхода управляемой динамической системы; - классификацию динамических систем по виду уравнения состояния - способы получения	Знает структуру построения технического предложения.	Вопросы тестов текущего контроля. Вопросы рубежных контрольных работ.

		уравнения состояния и уравнения выхода; - управляемость и наблюдаемость динамических систем; - анализ устойчивости и качества систем по уравнению состояния; - синтез одномерной замкнутой системы с желаемым характеристическим полиномом		
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет: - разрабатывать математические модели установившихся и неустойчивых режимов двигателей летательных аппаратов; - осуществлять линеаризацию математических моделей; - получать математические модели в пространстве состояний. - формулировать и решать задачи анализа систем автоматического регулирования; - формулировать и решать задачу параметрического синтеза автоматических систем двигателей летательных аппаратов	Умеет анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей.	Задания к практическим занятиям. Отчёты по ЛР. Практические задания к контрольным работам рубежного контроля. Индивидуальное задание
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет: - навыком численного моделирования статических и динамических характеристик управляемых систем; - навыком постановки и численного моделирования задач исследования в пространстве состояний автоматических систем двигателей летательных аппаратов	Владеет навыками разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей.	Индивидуальное задание. Экзаменационные вопросы и задачи.

Итоговой оценкой результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена, проводимая с учётом 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

Текущий контроль предназначен для оценивания систематичности аудиторной и самостоятельной работы обучающихся в учебном процессе дисциплины. Проводится согласно графику учебного процесса, приведенного в РПД

2.1.1. Текущий контроль усвоения знаний

Текущий контроль усвоения знаний проводится в форме бланочного экспресс-тестирования в конце аудиторного занятия. Тест содержит ограниченное число заданий по темам текущего и/или прошлых занятий. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.1.2. Текущий контроль освоения умений и приобретения владений

Текущий контроль таких компонентов компетенций как умения и владения (табл. 1.1) осуществляется систематическим учетом своевременности и полноты решения задач практических занятий и выполнения лабораторных работ. Результаты учета отражаются в книжке преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.1.3. Отчет по лабораторным работам

Всего запланировано 4 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Отчет по лабораторным работам проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Для защиты представляется оформленный с использованием текстового редактора и электронной таблицы отчет по лабораторной работе, содержащий титульный лист, цель, краткое описание и выводы по результатам работы. Критериями для оценки отчета по 4-балльной шкале являются безошибочность и полнота выполнения работы и качество выводов. Результаты отчетов отражаются в книжке преподавателя и учитываются при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

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

Рубежная контрольная работа

Согласно РПД запланировано 3 рубежные контрольные работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины. Первая КР по модулю 1 «Ракетный двигатель как объект регулирования», вторая КР – по модулю 2 «Исследование систем автоматического регулирования ракетных двигателей в пространстве состояний» и третья КР – по модулю 3 «Численное моделирование переходных режимов регулируемых систем ракетных двигателей».

Типовые задания первой КР:

1. Описание способа регулирования величины силы тяги твердотопливной двигательной установки изменением площади критического сечения сопла.
2. Описание способа регулирования величины силы тяги твердотопливной двигательной установки изменением площади горения заряда.
3. Описание способа регулирования величины силы тяги жидкостной двигательной установки изменением расхода окислителя.
4. Описание способа регулирования величины силы тяги жидкостной двигательной установки изменением расхода горючего.

Типовые задания второй КР:

1. Описание видов математических моделей управляемой системы в пространстве состояний.
2. Описание способов получения уравнений состояния и выхода динамических систем.
3. Описание метода анализа устойчивости и качества системы по уравнению состояния системы.
4. Описание метода синтеза одномерной замкнутой системы автоматического регулирования с желаемым характеристическим полиномом.

Типовые задания третьей КР:

1. Описание способа численного моделирования переходной характеристики системы управления вектором тяги с газовыми рулями.

2. Описание способа численного моделирования статической характеристики системы управления вектором тяги с поворотным управляющим соплом.

3. Описание способа численного моделирования нагрузочной характеристики поворотного управляющего сопла с эластичным шарниром.

4. Описание способов численного определения частотных характеристик по экспериментальным данным испытаний.

2.3. Выполнение индивидуального задания на самостоятельную работу

Для развития способности и оценки самостоятельного усвоения знаний, освоения умений и приобретения владения навыками дисциплинарных частей компетенций дисциплины, как не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное задание студенту

Индивидуальное задание представляет собой решение комплексной задачи анализа и синтеза математической модели автоматических систем регулирования в ракетных двигательных установках с использованием компьютерных программ.

Защита индивидуального задания включает краткое устное изложение содержания и результатов выполнения индивидуального задания с одновременным собеседованием по теоретическим аспектам.

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

Тема индивидуального задания – «Автоматизированный синтез и анализ системы автоматического управления двигательной установкой»

Цель индивидуального задания – приобретение умений и навыков решения задач анализа и синтеза автоматических систем двигательных установок с применением автоматизированных методов теории автоматического управления.

Исходные данные: функциональная схема разомкнутой автоматической системы регулирования; дифференциальные уравнения объекта управления и исполнительного органа; варианты значений коэффициентов дифференциальных уравнений; значение требуемого времени переходного процесса замкнутой системы.

Содержание индивидуального задания: преобразование математической модели к матричному виду уравнений состояния и выхода, автоматизированный синтез автоматической системы с требуемыми свойствами, автоматизированный анализ динамических характеристик синтезированной системы, формулировка выводов по результатам работы.

Последовательность выполнения:

- преобразование исходных уравнений к векторно-матричному виду, используемому компьютерными программами;

- определение методом стандартных коэффициентов желаемых коэффициентов характеристического полинома замкнутой системы;

- вычисление с использованием компьютерной программы «Анализ и синтез передаточных функций САУ» коэффициентов передаточных функций разомкнутой и замкнутой системы и коэффициентов закона управления замкнутой системы;

- выполнение по передаточным функциям анализа динамических свойств системы в разомкнутом и замкнутом состоянии;

- вычисление переходной характеристики замкнутой системы с использованием компьютерной программы «Численное интегрирование уравнения состояния методом Рунге-Кутты 4»;

- оценка по графику переходной характеристики соответствия синтезированной системы требованиям технического задания.

В результате выполнения индивидуального задания обучающийся должен освоить следующие компоненты компетенции ПК-2.1:

- умение: анализировать техническое задание и предлагать варианты возможных решений с оценкой эффективности их реализации при проектировании ракетных двигателей; получать математические модели в пространстве состояний; формулировать и решать задачи анализа систем автоматического регулирования; формулировать и решать задачу параметрического синтеза автоматических систем двигателей летательных аппаратов;

- владение навыками: разработки технического предложения, выбора и аргументации оптимальных вариантов решений при проектировании ракетных двигателей; численного моделирования статических и динамических характеристик управляемых систем; постановки и численного моделирования задач исследования в пространстве состояний автоматических систем двигателей летательных аппаратов.

2.4. Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ, защита курсовой работы и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Промежуточная аттестация в виде экзамена

Промежуточная аттестация, согласно РПД, осуществляется в виде экзамена. Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит теоретические вопросы для проверки усвоенных знаний, практические задания для проверки усвоенных умений и комплексные задания 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. Форма билета и критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде экзамена приведены в общей части ФОС образовательной программы.

Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Способы управления вектором тяги твердотопливных ракетных двигателей.
2. Способы управления вектором тяги жидкостных ракетных двигателей.
3. Переменные состояния и выхода динамической системы.
4. Уравнения состояния и выхода управляемой системы.
5. Определение нагрузочной характеристики органа управления численным моделированием.

6. Численные методы определения частотных характеристик исполнительных устройств автоматической системы двигательных установок.

Типовые практические задания для контроля освоенных умений и приобретенных навыков:

1. Для заданной функциональной схемы системы управления вектором тяги с поворотным соплом записать общий вид уравнений динамики элементов, найти уравнения состояния и выхода системы, оценить ее устойчивость и динамическое качество.

2. Для заданной структурной схемы системы управления вектором тяги с газовыми рулями определить эквивалентную передаточную функцию, найти уравнения состояния и выхода системы, оценить ее устойчивость и динамическое качество.

3. Для заданных уравнений динамики функциональных элементов автоматической системы двигательной установки найти уравнения состояния и выхода системы, расписать этапы подготовки и проведения численного моделирования переходной и статической характеристик системы.

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

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 экзамене считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Типовые критерии и шкалы оценивания уровня сформированности компонентов компетенций приведены в общей части ФОС образовательной программы.

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

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде экзамена используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС магистерской программы.