

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 17 » февраля 20\_\_ 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"> <li>- основные понятия, задачи и элементы систем автоматического регулирования двигателей летательных аппаратов;</li> <li>- векторно-матричную запись и схематическое представление уравнения состояния и уравнения выхода управляемой динамической системы;</li> <li>- классификацию динамических систем по виду уравнения состояния</li> <li>- способы получения уравнения состояния и уравнения выхода;</li> <li>- управляемость и наблюдаемость динамических систем;</li> <li>- анализ устойчивости и качества систем по уравнению состояния;</li> <li>- синтез одномерной замкнутой системы с желаемым характеристическим полиномом</li> </ul>	Знает структуру построения технического предложения.	Контрольная работа
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разрабатывать математические модели установившихся и неуставившихся режимов двигателей летательных аппаратов;</li> <li>- осуществлять линеаризацию математических моделей;</li> <li>- получать математические модели в пространстве состояний.</li> <li>- формулировать и решать задачи анализа систем автоматического регулирования;</li> <li>- формулировать и решать задачу параметрического синтеза автоматических</li> </ul>	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
<b>2-й семестр</b>				
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.				
<b>ИТОГО по 2-му семестру</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>54</b>
<b>ИТОГО по дисциплине</b>	<b>18</b>	<b>14</b>	<b>18</b>	<b>54</b>

### 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
<b>1. Основная литература</b>		
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
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
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
<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	Васильев Е. М. Теория автоматического управления. Дискретные системы : учебное пособие для вузов	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4100">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib4100</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	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	<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>
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
Лабораторная работа	Компьютеры	12
Лекция	Компьютер	1
Лекция	Проектор	1
Практическое занятие	Компьютеры	12

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

Описан в отдельном документе