

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 03 » февраля 20 22 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Учебно-исследовательская работа  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 288 (8)  
(часы (ЗЕ))

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

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Проектирование авиационных двигателей и энергетических  
установок (СУОС)  
(наименование образовательной программы)

# 1. Общие положения

## 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель:

- получение общих знаний по истории развития авиационной и ракетно-космической техники, устройству и принципам функционирования авиационных и ракетных двигателей; умений и навыков использования технической документации и натурной техники при изучении авиационных и ракетных двигателей, понимания и объяснения конструктивных решений и принципов функционирования авиационных и ракетных двигателей; сравнительного анализа конструктивных особенностей авиационных двигателей различных типов.

-углубление систематизированного знания: об основных классах инженерных задач в области проектирования и испытаний газотурбинных двигателей и методах их решения с использованием систем компьютерной математики; о возможностях универсального математического пакета MATLAB для решения инженерных и научных задач, овладение навыками практического использования пакета MATLAB для проведения вычислений и визуализации данных.

• формирование знаний

– истории развития авиационной и ракетно-космической техники;  
– основ теории полета и особенностей устройства летательных аппаратов (ЛА) различных типов, их энергетических комплексов;  
– устройства и принципов функционирования силовых установок лета-тельных аппаратов различных типов и наземных энергетических установок на основе авиационных двигателей;  
- последовательность действий при разработке вычислительного эксперимента;  
- элементы теории погрешностей для оценки погрешности вычислительных процессов;  
- структуру возможности и особенности системы компьютерной математики для решения инженерных задач MATLAB;  
- возможности системы MATLAB по реализации алгоритмов решения инженерных за-дач;  
- правила написания и использования основных элементов языка программирования системы MATLAB;  
- общие сведения об экспериментальных исследованиях;  
- основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в технических измерениях

• формирование умений

– использовать информационные технологии для поиска и анализа информации по специальности;  
– использовать техническую документацию и натурную технику при изучении конструкции авиационных и ракетных двигателей;  
– понимать и объяснять конструктивные решения и принципы функционирования авиационных и ракетных двигателей;  
- использовать ресурсы системы MATLAB для методов символьного и численного решения задач в режиме прямых вычислений;  
- составлять программы на языке программирования MATLAB по известным алгоритмам;  
- использовать ресурсы языка программирования системы MATLAB для решения задач по известным методикам;  
- использовать ресурсы системы MATLAB для интервальной оценка измерений с помощью доверительной вероятности;  
- использовать ресурсы системы MATLAB для выполнения операции приближения таблично заданных функций;

• формирование навыков

– анализа эволюционного развития авиационной и ракетно-космической техники для понимания конструкции летательных аппаратов и их двигателей;  
– сравнительного анализа конструктивных особенностей авиационных двигателей различных типов; развития логического мышления;  
- визуализации результатов вычислительного эксперимента в системе MATLAB в графической форме;

- разработки программ пользователя в системе MATLAB;
- оформления результатов научного исследования.

## 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- среда, в которой эксплуатируются летательные аппараты;
- история эволюционного развития авиационно-космической техники;
- основы теории полета;
- летательные аппараты и их энергетические комплексы;
- силовые и энергетические установки летательных аппаратов.
- методы решения инженерных задач;
- вычислительный эксперимент;
- погрешности измерений и вычислений;
- способы приближения экспериментальных данных;
- системы компьютерной математики;
- визуализация результатов вычислений;

## 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
ОПК-2	ИД-1ОПК-2	Знает: - последовательность действий при разработке вычислительного эксперимента; - элементы теории погрешностей для оценки погрешности вычислительных процессов; - структуру возможности и особенности системы компьютерной математики для решения инженерных задач MATLAB; - возможности системы MATLAB по реализации алгоритмов решения инженерных задач; - правила написания и использования основных элементов языка программирования системы MATLAB;	Знает современные информационные технологии, стандартные пакеты прикладных программ; требования к информационной безопасности при решении задач 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
ОПК-2	ИД-2ОПК-2	Умеет: - использовать ресурсы системы MATLAB для методов символьного и численного решения задач в режиме прямых вычислений; - составлять программы на языке программирования MATLAB по известным алгоритмам; - использовать ресурсы системы MATLAB для интервальной оценка измерений с помощью доверительной вероятности; -использовать ресурсы системы MATLAB для выполнения операции приближения таблично заданных функций	Умеет аргументировано выбирать и использовать современные информационные технологии, соблюдать требования информационной безопасности при решении задач профессиональной деятельности.	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-2	ИД-3ОПК-2	Владеет: – навыками визуализации результатов вычислительного эксперимента в системе MATLAB; – навыками разработки программ пользователя в системе MATLAB;	Владеет навыками использования информационных технологий и соблюдения требований информационной безопасности при решении задач профессиональной деятельности.	Отчёт по практическом у занятию
ОПК-7	ИД-1ОПК-7	Знает: – основы теории полета и особенности устройства летательных аппаратов различных типов, их энергетических комплексов; – историю развития авиационной и ракетно-космической техники; – устройство и принципы функционирования силовых установок летательных аппаратов различных типов и наземных энергетических установок на основе авиационных двигателей;	Знает основные пути развития авиационного и ракетного двигателестроения и энергетической техники.	Зачет
ОПК-7	ИД-2ОПК-7	Умеет:	Умеет критически и	Отчёт по

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>– использовать техническую документацию и натурную технику при изучении конструкции авиационных и ракетных двигателей;</li> <li>– использовать информационные технологии для поиска и анализа информации по специальности;</li> <li>– понимать и объяснять конструктивные решения и принципы функционирования авиационных и ракетных двигателей</li> </ul>	системно анализировать достижения отрасли двигателестроения и энергетической техники.	практическом у занятию
ОПК-7	ИД-3ОПК-7	<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками анализа эволюционного развития авиационной и ракетно-космической техники для понимания конструкции летательных аппаратов;</li> <li>– навыками сравнительного анализа конструктивных особенностей авиационных двигателей различных типов;</li> </ul>	Владеет навыками поиска научно-технической информации по совершенствованию авиационного и ракетного двигателестроения и энергетической техники.	Отчёт по практическом у занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах			
		Номер семестра			
		1	2	3	4
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	126	27	27	36	36
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:					
- лекции (Л)	64	16	16	16	16
- лабораторные работы (ЛР)					
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	54	9	9	18	18
- контроль самостоятельной работы (КСР)	8	2	2	2	2
- контрольная работа					
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	162	45	45	36	36
2. Промежуточная аттестация					
Экзамен					
Дифференцированный зачет	9				9
Зачет	27	9	9	9	
Курсовой проект (КП)					
Курсовая работа (КР)					
Общая трудоемкость дисциплины	288	72	72	72	72

### 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
1-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
Основы теории полета	16	0	9	45
Введение. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Область применения авиации. История развития авиационной и ракетно-космической техники. Тема 1. Основы аэродинамики и динамики полета Аэродинамические силы и характеристики крыла. Равновесие и устойчивость самолета. Управление самолетом в полете, обеспечение продольной, путевой и поперечной управляемости. Неустойчивый режим полета (штопор). Тема 2. Основы устройства летательных аппаратов Основные составные части самолет: крыло; фюзеляж, оперение; энергетическая система. Классификация самолетов. Самолеты нетрадиционных аэродинамических схем. Летательные аппараты различных типов: экраноплан; вертолет; автожир; самолеты вертикального и короткого взлета; сверхзвуковые и гиперзвуковые самолеты; ракеты; космические летательные аппараты.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	0	9	45
2-й семестр				
Энергетические установки летательных аппаратов	16	0	9	45
Тема 3. Общие сведения об энергетических установках летательных аппаратов Поршневые двигатели внутреннего сгорания как силовые установки ЛА. Классификация и области применения реактивных двигателей. История развития воздушно-реактивных двигателей (ВРД). Тема 4. Принцип работы турбореактивного двигателя (ТРД) Преимущества турбореактивного двигателя (ТРД) перед поршневой силовой установкой. Принцип создания тяги ТРД. Энергетические превращения и изменение параметров рабочего тела по тракту ТРД. Основные параметры ТРД, вывод формулы для определения тяги. Работа и термический КПД идеального цикла ТРД. Тема 5. Характеристика различных типов воздушно-реактивных двигателей (ВРД) ТРД с дополнительным подогревом воздуха (ТРДФ). Двухвальный ТРД. ТРД двухконтурный (ТРДД). Турбовальный двигатель (ТВаД). Турбовинтовой двигатель (ТВД). Прямоточные ВРД (ПВРД). Турбопрямоточные двигатели (ТПД). Двигатель изменяемого рабочего процесса (ДИРП). Тема 6. Ракетные двигатели Типы ракетных двигателей (РД) по источнику энергии. Создание тяги в химическом РД.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Расходный и тяговый комплексы. Жидкие и твердые ракетные топлива. Принципиальные схемы и особенности конструкции жидкостных ракетных двигателей (ЖРД). Ракетный двигатель твердого топлива (РДТТ).				
ИТОГО по 2-му семестру	16	0	9	45
3-й семестр				
Вычислительный эксперимент	8	0	8	18
Введение. Классы инженерных задач в области проектирования и испытаний газотурбинных двигателей. Обзор методов их решения. Тема 1. Постановка задачи и планирование вычислительного эксперимента Концептуальная и математическая формулировки задачи. План вычислительного эксперимента. Предварительное исследование математической модели: проверка корректности постановки задачи, существования и единственности решения. Выбор метода решения задачи, построение эффективных вычислительных алгоритмов. Понятия: устойчивость, корректность постановки задачи и сходимость численного решения. Сравнение полученных результатов с тестовыми примерами и экспериментальными данными. Решение вопроса о правильности практического моделирования. Тема 2. Точность вычислений, элементы теории погрешностей Источники погрешности результата: погрешность математической модели; неустранимая погрешность исходных данных; погрешность метода; погрешность округления. Правила оценки погрешности операции над приближенными числами. Способы уменьшения погрешностей. Понятия верных и значащих цифр числа. Нормализованная форма числа. Прямая и обратная задачи теории погрешностей.				
Системы компьютерной математики	8	0	10	18
Тема 3. Состав, возможности и структура системы MATLAB Структура пакета MATLAB: операции и команды, язык программирования, библиотеки специализированных программ. Рабочее пространство системы и ее командное окно. Интерактивный режим работы и сохранение результатов вычислений сеанса работы. Переменные и функции системы MATLAB. Классы данных. Арифметические и логические классы данных. Символьный класс данных. Массив структуры. Массив ячеек. Числовые массивы в системе MATLAB. Операции с				

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>массивами. Обзор графических возможностей системы.</p> <p>Тема 4. Решение типовых задач алгебры и анализа в системе MATLAB.</p> <p>Вычисление определённых интегралов с использованием стандартных функций. Поиск экстремумов функций одной и нескольких переменных. Программирование функций пользователя.</p> <p>Тема 5. Язык программирования MATLAB и работа с файлами</p> <p>Простые переменные и основные типы данных в MatLab. Арифметические операции с простыми переменными. Операции над матрицами и векторами. Условные операторы и циклы в MatLab. Программирование функций. Оформление графиков. Порядок определения и вызова функций. Область видимости переменных. Работа с файлами в MatLab: функции save и load, функции fwrite и fread, функции fscanf и fprintf, функции imread и imwrite.</p>				
ИТОГО по 3-му семестру	16	0	18	36
4-й семестр				
Методы обработки экспериментальных данных	16	0	18	36
<p>Тема 6. Приближение таблично заданных функций</p> <p>Основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в измерениях. Методы графической обработки результатов измерений. Понятие о приближении функции.</p> <p>Интерполирование: линейная интерполяция, интерполяционный многочлен Лагранжа, интерполяционные многочлены Ньютона.</p> <p>Аппроксимация функций: метод наименьших квадратов, линейная аппроксимация. Основы работы в модуле Curve Fitting Toolbox. Оформление результатов научного исследования</p> <p>Заключение. Обзор типовых структур и функционирования современных вычислительных систем.</p>				
ИТОГО по 4-му семестру	16	0	18	36
ИТОГО по дисциплине	64	0	54	162

#### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Графический интерфейс пользователя и простейшие вычисления в системе MATLAB

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
2	Символьные вычисления в MATLAB
3	Решение типовых задач алгебры и анализа в системе MatLAB. Создание простейших подпрограмм
4	Задача интерполяции функции, интерполяционные полиномы в пакете MATLAB
5	Методы приближения таблично заданных функций в системе MATLAB. Основы работы в Curve Fitting Toolbox
6	Высокоуровневая графика в системе MATLAB
7	Статистическая обработка экспериментальных данных
8	Разработка программ пользователя в системе MATLAB
9	Построение аэродинамических характеристик крыла
10	Изучение конструкции летательных аппаратов различных типов
11	Изучение устройства турбореактивного двигателя на разрезном макете
12	Изучение и сравнительный анализ устройства турбореактивных двигателей различных типов на разрезных макетах
13	Изучение и анализ устройства жидкостных ракетных двигателей различных схем на натуральных образцах

## 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	Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Москва : БИНОМ. Лаб. знаний, 2017. 240 с. 15,0 усл. печ. л.	7
2	Бахвалов Н. С., Лапин А. В., Чижонков Е. В. Численные методы в задачах и упражнениях : учебное пособие для вузов. Москва : Высш. шк., 2000. 190 с.	60
3	Вержбицкий В. М. Основы численных методов : учебник для вузов. 3-е изд., стер. Москва : Высш. шк., 2009. 840 с. 51,94 усл. печ. л.	15
4	Григорьев А. А. Введение в авиационную и ракетную технику : учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2014. 175 с. 11,0 усл. печ. л.	70
5	Григорьев А. А. Введение в авиационную технику : учебное пособие для вузов. Пермь : Изд-во ПГТУ, 2007. 84 с.	96
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Потемкин В. Г. Вычисления в среде Matlab. Москва : Диалог-МИФИ, 2004. 714 с.	43
2	Присняков В. Ф. Двигатели летательных аппаратов. Введение в специальность : учебное пособие для вузов. Киев : Вища шк., 1986. 144 с.	14
<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)
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	ЦИТМ Экспонента официальный дистрибьютор MathWorks на территории России и СНГ	<a href="http://http://matlab.exponenta.ru/">http:// http://matlab.exponenta.ru/</a>	сеть Интернет; свободный доступ

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

Вид ПО	Наименование ПО
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
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	Проектор с экраном	1
Практическое занятие	макеты авиационных двигателей	9
Практическое занятие	персональный компьютер	16

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

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