

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

« 25 » февраля 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Разработка, планирование и обработка результатов экспериментов  
в области авиации, ракетостроения и космоса

\_\_\_\_\_  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная

\_\_\_\_\_  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура

\_\_\_\_\_  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 180 (5)

\_\_\_\_\_  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** \_\_\_\_\_ 24.04.05 Двигатели летательных аппаратов

\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Проектирование и конструкция двигателей и энергетических  
установок летательных аппаратов

\_\_\_\_\_  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель учебной дисциплины – изучение методов планирования и осуществления экспериментальных исследований в авиадвигателестроении.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет, углубляет и демонстрирует следующие профессиональные и профильно-специализированные компетенции:

- Способность разрабатывать рабочие планы и программы проведения научных исследований и технических разработок, подготавливать отдельные задания для исполнителей (ПК-1);
- Способность разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов и испытаний, проводить обработку и анализ результатов (ПК-3);
- Способность разрабатывать планы, программы и методики проведения испытаний авиационных двигателей и энергоустановок летательных аппаратов (ПСК-4).

Задачи учебной дисциплины:

- изучение основных способов разработки рабочих планов, программ проведения и методов осуществления экспериментальных исследований и испытаний;
- формирование умения организации процесса научно-исследовательской деятельности в области экспериментальных исследований авиационных двигателей и энергетических установок;
- формирование навыков осуществления испытаний, сбора, обработки и представления результатов экспериментальных исследований.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Методы измерения физических величин, свойственных процессам протекающим в авиационных газотурбинных двигателях (ГТД); виды погрешностей измерения и методы их оценки; основные измерительные средства, используемых в ГТД; способы обработки, оценки и представления результатов измерений; основные виды систем испытания авиационных двигателей.

### 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
ПК-1.2	ИД-1ПК-1.2	– основные средства проведения испытаний авиационных двигателей.	Знает основы проведения экспериментальных работ и теоретические основы рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов.	Реферат

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.2	ИД-2ПК-1.2	– разрабатывать методики проведения испытаний авиационных двигателей – оформлять отчет по результатам испытаний изделий	Умеет пользоваться современными вычислительными пакетами для обработки результатов экспериментов и испытаний, моделирования рабочих процессов в двигателях и энергетических установках летательных аппаратов и их агрегатах.	Защита лабораторной работы
ПК-1.2	ИД-3ПК-1.2	– навыками составления методик проведения испытаний авиационных двигателей	Владет навыками постановки исследовательских (расчётно-теоретических и экспериментальных) задач; планирования и проведения вычислений, экспериментов и испытаний; анализа и обобщения результатов моделирования при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по двигателям и энергетическим установкам летательных аппаратов.	Защита лабораторной работы

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)	36	36	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	90	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет			
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	180	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
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 эксперимента и измерений	8	18	0	35
<p>Тема 1. Введение. Основы экспериментальных исследований.</p> <p>Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины Роль экспериментальных исследований в двигателестроении. Принципы постановки научных и технических задач. Структура экспериментов в области газовой динамики, теплообмена, прочности, динамики конструкций, технологии. Корректность выбора граничных условий.</p> <p>Тема 2. Моделирование.</p> <p>Моделирование в инженерном эксперименте. Подобие. Теория подобия. Теорема Букингема, Питеорема. Примеры использования моделирования в тепловом и газодинамическом эксперименте.</p> <p>Тема 3. Основы измерений. Первичные преобразователи.</p> <p>Первичные преобразователи для электрического измерения механических величин: резисторные, емкостные, индуктивные, трансформаторные, магнитоупругие, индукционные, пьезоэлектрические и др. Датчики для измерения перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур, деформаций; области применения датчиков различных типов. Примеры датчиков для газодинамических, тепловых, прочностных, технологических экспериментов в двигателестроении, измерения шума и эмиссии вредных веществ.</p> <p>Тема 4. Основы измерений. Вторичные преобразователи.</p> <p>Приборы преобразования и регистрации аналоговых сигналов: усилители, стрелочные приборы, самописцы, осциллографы. Цифровые регистрирующие приборы. Общая структура устройства сопряжения ЭВМ с объектом исследования. Устройства ввода в ЭВМ аналоговых и дискретных сигналов, устройства вывода аналоговых и дискретных сигналов. АЦП, ЦАП. Статические и динамические характеристики измерительных систем. Та-рировка.</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
Примеры комплексных измерительных систем испытательного стенда.				
Основы планирования, осуществления и обработки результатов эксперимента	8	18	0	55
<p>Тема 5 Погрешности эксперимента. Оценка случайных погрешностей.</p> <p>Систематические и случайные погрешности эксперимента. Компенсация систематических погрешностей.</p> <p>Оценка случайных погрешностей. Случайная величина. Генеральная совокупность и выборка. Вероятность события, условная вероятность. Зависимые и независимые события и случайные величины. Функция распределения, плотность вероятности. Критерий отбраковки грубых ошибок эксперимента. Сравнение средних значений двух выборок; критерий Стьюдента. Оценки точности измерений. Сравнение выборочных дисперсий; критерий Фишера. Примеры.</p> <p>Тема 6 Структура инженерного эксперимента</p> <p>Методы и приемы планирования экспериментов. Компьютерная обработка экспериментальных данных. Оценка корректности полученных результатов. Выбор эмпирических зависимостей. Сглаживание. Метод наименьших квадратов. Понятие о корреляционном анализе. Коэффициент корреляции. Уравнение регрессии. Линейная и нелинейная регрессия. Многофакторная регрессия.</p> <p>Тема 7 Планирование эксперимента</p> <p>Детерминированные и случайные процессы. Характеристики случайных процессов. Понятие о корреляции случайных процессов. Спектральная плотность случайных процессов.</p> <p>Особенности планирования, проведения и обработки многофакторных оптимизационных экспериментов.</p> <p>Тема 8 Методы испытаний опытных авиационных двигателей</p> <p>Классификация испытаний авиационных двигателей и двигателей назем-ных энергетических установок. Заводские испытания опытных двигателей: научно-исследовательские испытания, опытные испытания, доводочные испытания, ресурсные испытания.</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
Стенды и испытательные станки. Системы испытательного стенда.				
ИТОГО по 1-му семестру	16	36	0	90
ИТОГО по дисциплине	16	36	0	90

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение работы датчиков для измерения перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур, деформаций.
2	Регистрация и преобразование аналоговых сигналов с помощью оборудования National Instruments.
3	Статические и динамические характеристики измерительных систем. Тарировка с помощью виртуальных измерительных приборов.
4	Измерение тяги.
5	Планирование и моделирование усталостного испытания конструктивно подобных элементов авиационного двигателя.

## 5. Организационно-педагогические условия

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

<p>Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой 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 установления связей с ранее освоенным материалом.</p> <p>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.</p> <p>При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.</p>
---

## 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 лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

## 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	Методы оптимизации испытаний и моделирования систем управления газотурбинными двигателями / В. Т. Дедеш [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1990.	4
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Друзьякин И. Г. Технические измерения и приборы : учебное пособие / И. Г. Друзьякин, А. Н. Лыков. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	60
2	Метрология, стандартизация и сертификация : учебное пособие / М. С. Волковой [и др.]. - Пермь: Изд-во ПГТУ, 2008.	163
3	Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок : учебник для вузов : в 5 т. / А. А. Иноземцев, М. Ш. Нихам-кин, В. Л. Сандрацкий .— М. : Машиностроение, 2008 .— (Газотурбин-ные двигатели) .— ISBN 978-5-94275-399-3. Т. 5: Автоматика и регули-рование авиационных двигателей и энергетических установок .— 2008 .— 186 с. : ил. — Англ.-рус. слов.-минимум в конце гл. — Библиогр. в конце гл. — ISBN 978-5-94275-404-4 : 250-00.	41
4	Основы научных исследований : учебник для вузов / В.Г. Кучеров [и др.]. - Волгоград: Политехник, 2004.	70
<b>2.2. Периодические издания</b>		
1	Приборы и техника эксперимента / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1956 - .	
<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	2015-2019, №№40-59	<a href="http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/aero/about/inf/</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)
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

## 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
Лабораторная работа	Лабораторный стенд National Instruments, ауд. 211, к. Г	1
Лабораторная работа	Персональный компьютер, ауд. 211, к. Г	4
Лекция	Лекционная аудитория, ауд. 203, к. Г	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе