

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

« 07 » марта 20 23 г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** Современные методы экспериментальных исследований  
(наименование)

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

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

**Общая трудоёмкость:** 180 (5)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 13.04.03 Энергетическое машиностроение  
(код и наименование направления)

**Направленность:** Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является подготовка магистра к будущей научно-технической и организационно-методической деятельности, связанной с проведением экспериментальных исследований в области разработки ГТУ и ГПА.

Задачами дисциплины являются:

- изучение теоретических основ проведения экспериментальных исследований;
- формирование умения планирования и проведения экспериментальных исследований;
- формирование навыков обработки экспериментальных данных и принятия на основе полученных результатов технических решений при разработке ГТУ и ГПА.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Этапы эксперимента, погрешность данных, план эксперимента, точность измерений, экспериментальное оборудование, методы статистического анализа экспериментальных данных, методы графического анализа экспериментальных данных, методы математического анализа экспериментальных данных.

### 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-2.1	ИД-1ПК-2.1	Знает современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества, тенденции развития энергетического машиностроения.	Знает теоретические основы рабочих процессов в газотурбинных установках (ГТУ) и газоперекачивающих агрегатах (ГПА), основные термодинамические циклы и способы регулирования ГТУ при переменном режиме их работы, методологию гидрогазодинамического расчёта элементов ГТУ, методы расчётов термодинамических процессов ГТУ, современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества, тенденции развития энергетического машиностроения.	Экзамен
ПК-2.1	ИД-2ПК-2.1	Умеет выполнять расчеты по обработке экспериментальных данных с использованием современных пакетов; анализировать полученные результаты для практических рекомендаций по доработке ГТУ и ГПА.	Умеет выполнять термо-прочностные, тепловые и газодинамические расчеты с использованием современных пакетов; формировать результаты научных достижений в технические предложения по совершенствованию работы ГТУ и ГПА, анализировать современные достижения в области энергетики для практических рекомендаций по доработке ГТУ и ГПА.	Экзамен
ПК-2.1	ИД-3ПК-2.1	Владеет методами анализа экспериментальных данных, направленных на повышение гидрогазодинамической эффективности и надёжности элементов ГТУ и принятия	Владеет методами анализа мероприятий, направленных на повышение гидрогазодинамической эффективности и надёжности элементов ГТУ и принятия конкретных технических	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		конкретных технических решений при доработке конструкции ГТУ и ГПА.	решений при доработке конструкции ГТУ и ГПА.	

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		2	3
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	27	27
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	18	9	9
- лабораторные работы (ЛР)	16		16
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	16	16	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	4	2	2
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	90	45	45
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36		36
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	180	72	108

### 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
2-й семестр				
Эксперимент как предмет исследования	2	0	0	5
Определения и термины. Обозначения. Инженерный эксперимент: классификация, основные этапы.				
Экспериментальные ошибки и неопределенности	2	0	4	10
Виды ошибок. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Показатели случайной ошибки. Определение случайной ошибки измерительной системы. Наилучший результат выборки. Распределения ошибок, отличающиеся от нормального. Нахождение неопределенности эксперимента.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Уменьшение набора переменных	2	0	4	15
Теорема Букингема. Пи-теорема. Выбор безразмерных комбинаций и переменных. Метод последовательного исключения размерностей. Выбор основных размерностей. Применение анализа размерностей при проведении экспериментов.				
Планирование эксперимента	3	0	8	15
Рандомизированные блоки: внешние переменные. Многофакторные эксперименты: классические планы. Многофакторные эксперименты: факторные планы.				
ИТОГО по 2-му семестру	9	0	16	45
3-й семестр				
Типы экспериментального оборудования и проблемы его использования	1	0	0	8
Типы датчиков и зондов для проведения измерений акустических и аэродинамических полей. Проблемы использования экспериментального оборудования при измерении акустических и аэродинамических полей.				
Последовательность проведения эксперимента	2	16	0	8
Определение интервалов между экспериментальными данными. Порядок проведения эксперимента. Примеры задач, в которых необходимо проводить измерения параметров акустических и аэродинамических полей.				
Проверка экспериментальных данных и исключение резко отклоняющихся величин	1	0	0	4
Уравнения баланса. Определение источников ошибок с помощью уравнений баланса. Проверка ошибок путем экстраполяции. Выполнение повторных измерений и ошибка старения. Исключение резко отклоняющихся значений.				
Статистический анализ экспериментальных данных	2	0	0	8
Виды ошибок статистического вывода. Проверка значимости с помощью Хи-квадрат критерия. Критерий Стьюдента. Дисперсионный анализ. Пуассоновское распределение.				
Графический анализ экспериментальных данных	1	0	0	5
Метод наименьших квадратов: функции разных видов. Исследование функций графическими методами. Неопределенность при графическом анализе.				
Математический анализ экспериментальных данных	2	0	0	12

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Значащие цифры. Подбор функций по эмпирическим данным. Интерполяция и экстраполяция. Дифференцирование и интегрирование.				
ИТОГО по 3-му семестру	9	16	0	45
ИТОГО по дисциплине	18	16	16	90

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Показатели случайной ошибки.
2	Определение случайной ошибки измерительной системы.
3	Распределения ошибок, отличающиеся от нормального.
4	Оценка точности измерений.
5	Выбор безразмерных комбинаций и переменных.
6	Примеры задач планирования эксперимента.

### Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Измерение трубкой Пито-Прандтля распределения скорости потока вдоль оси воздушной струи.
2	Измерение акустических характеристик однослойной звукопоглощающей конструкции в интерферометре нормального падения.
3	Измерение шума турбулентной воздушной струи плоской микрофонной антенной.
4	Измерение профиля скорости в канале с потоком в разных сечениях многоточечными приемниками давления.
5	Измерение акустического давления в канале с потоком с установленным образцом звукопоглощающей конструкции.

## 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.

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.

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, 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	Афанасьева Н. Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента : учебное пособие для вузов / Н. Ю. Афанасьева. - Москва: КНОРУС, 2010.	13
2	Шенк Х. Теория инженерного эксперимента : пер. с англ. / Х. Шенк. - М.: Мир, 1972.	6
<b>2. Дополнительная литература</b>		

<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		
1	Берикашвили В. Ш. Статистическая обработка данных, планирование эксперимента и случайные процессы : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. Ш. Берикашвили, С. П. Оськин. - Москва: Юрайт, 2019.	6
2	Повх И. Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении / И. Л. Повх. - Ленинград: Машиностроение, 1974.	5
<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	В. Л. Горохов Планирование и обработка экспериментов : Учебное пособие / В. Л. Горохов, В. В. Цаплин. - Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks86441">http://elib.pstu.ru/Record/iprbooks86441</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	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
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>
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>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://www.diss.rsl.ru/">http://www.diss.rsl.ru/</a>

#### **7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине**

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Экспериментальные установки и измерительная аппаратура Центра акустических исследований ПНИПУ	1
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  
**«Современные методы экспериментальных исследований»**

*Приложение к рабочей программе дисциплины*

<b>Направление подготовки:</b>	<u>13.04.03 Энергетическое машиностроение</u>
<b>Направленность:</b>	<u>Газотурбинные и паротурбинные установки и двигатели</u>
<b>Квалификация выпускника:</b>	<u>магистр</u>
<b>Выпускающая кафедра:</b>	<u>Ракетно-космическая техника и энергетические системы</u>
<b>Форма обучения:</b>	<u>очная</u>

**Курс:** 1, 2

**Семестр(ы):** 2, 3

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 5 ЗЕ

Часов по рабочему учебному плану: 180 ч

**Виды контроля:**

Экзамен: 3 семестр    Зачёт: 2 семестр    Курсовая работа: –

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины «Современные методы экспериментальных исследований». 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 двух семестров (3-ий и 4-ый семестры учебного плана) и разбито на 2 учебных модуля. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные занятия и самостоятельная работа студентов. Также в модуле 1 предусмотрены практические занятия, в модуле 2 – лабораторные работы. 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 и практического материала. 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		Промежуточный	
	С	ТО	ОЛР	Т/КР	Экзамен	Зачёт
<b>Усвоенные знания</b>						
<b>З.1</b> знать классификацию ошибок и способы их описания, способы уменьшения набора переменных, способы планирования эксперимента		ТО1		КР1		ТВ
<b>З.2</b> знать типы экспериментального оборудования и проблемы его использования, способы определения интервалов между экспериментальными данными, порядок проведения эксперимента.		ТО2		КР2	ТВ	
<b>Освоенные умения</b>						
<b>У.1</b> уметь находить неопределенности эксперимента, применять анализ размерностей при проведении экспериментов		ТО1		КР1		ПЗ
<b>У.2</b> уметь обрабатывать данные эксперимента с целью получения нужной информации о параметрах исследуемого поля		ТО2		КР2	ПЗ	

Приобретенные владения						
В.1 владеть техникой понижения размерности эксперимента, владеть техникой планирования эксперимента		ТО1		КР1		КЗ
В.2 владеть методами измерения параметров акустических и аэродинамических полей		ТО2		КР2	КЗ	

*С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); ОЛР – отчет по лабораторной работе; Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; КЗ – комплексное задание экзамена.*

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде зачета (2 семестр) и экзамена (3 семестр) 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 после изучения

нескольких тем. Результаты по 4-бальной 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 рубежных контрольных работ (после изучения каждого модуля учебной дисциплины).

### **2.2.1. Рубежная контрольная работа**

Согласно РПД запланировано 2 рубежных контрольных работы (КР) после освоения студентами учебных модулей дисциплины: КР 1 – по модулю 1 «Основы теории эксперимента», КР 2 – по модулю 2 «Проведение экспериментов».

#### **Типовые задания КР:**

1. Перечислите показатели случайной ошибки.
2. Чему равен квадрат относительной ошибки результата, если результат является функцией отношений или произведений нескольких величин? Продемонстрировать на примере.
3. Сформулируйте теорему Букингема. Продемонстрируйте ее применение на примере.
4. Перечислите возможные причины неудовлетворительных динамических характеристик измерительных приборов.
5. Перечислите основные критерии, по которым можно исключать данные эксперимента из обрабатываемой выборки.

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

## **2.3. Промежуточная аттестация**

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска является положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация, согласно РПД, проводится в виде экзамена по дисциплине устно по билетам.

Экзаменационный билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки усвоенных знаний, практические задания (ПЗ) для проверки усвоенных 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. Форма билета представлена в общей части ФОС образовательной программы.

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

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

1. Показатели случайной ошибки.
2. Определение показателей точности для произвольной функции.
3. Ошибки результата в случае распределений, отличающихся от нормального.
4. Метод последовательного исключения размерностей.
5. Основные понятия факторного анализа.

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

1. Отклонения диаметра вала распределены по нормальному закону. Половина значений диаметра лежит в интервале  $2 \pm 0.01$  см. Отклонения диаметра осевого отверстия также распределены по нормальному закону (относительно номинального значения, равного 2 см) и половина всех отклонений находится в интервале  $\pm 0.005$  см. Полагая, что подгонка вала производится вручную, определите, сколько из 50 валов не подойдет по размеру.

2. Требуется получить сопротивление 50 ом при параллельном соединении двух резисторов сопротивлением 100 ом. Ошибка резистора сопротивлением 50 ом не должна превышать 1%. Какие предельные ошибки (в процентах) должны иметь эти два резистора сопротивлением 100 ом?

3. Расход воды через треугольный водослив пропорционален напору в степени 2.5. Если среднее квадратическое отклонение напора составляет 3% абсолютного значения, то какой будет ошибка в определении расхода, если все остальные величины измерены точно?

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

1. Покажите, что в частном случае, когда ошибка типа суммы имеет вид  $(A + kA)$ , ее можно обнаружить, изучая не относительную ошибку, а отклонение от баланса в уравнении типа произведения  $AB = XY$  определяемое как  $\Delta R = (A + kA)B - XY$ .

2. Маятник колеблется в вязкой несжимаемой жидкости. Переменными являются период колебания, ускорение силы тяжести, длина маятника, угол размаха, диаметр шарика маятника, масса шарика, плотность и вязкость жидкости. Предполагается, что нить маятника очень тонкая и не имеет веса. Определите необходимое число безразмерных комбинаций и, подбирая переменные, определите приемлемый набор комбинаций.

3. Требуется проверить работу транзисторных радиоприемников при шести различных температурах и графически изобразить зависимость потери чувствительности через 100 часов работы от температуры. Для проверки выбраны приемники на печатных схемах из трех видов пластика, изготовленные на двух различных заводах. Внешней переменной является влажность воздуха, и ее невозможно контролировать. Имеется всего две термокамеры. Составьте приемлемый план эксперимента.

### 2.3.2. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-бальной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС образовательной программы.

### 2.3.3. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

#### Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Типы датчиков и зондов для проведения измерений акустических и аэродинамических полей.
2. Порядок проведения эксперимента.
3. Проверка ошибок путем экстраполяции.
4. Дисперсионный анализ.
5. Неопределенность при графическом анализе.

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

1. Продемонстрировать в чем состоит суть теоремы Котельникова.
2. Проведите подбор многочлена по следующим эмпирическим данным.

x	1	3	6	8
y	2	1	5	9

3. Приведите примеры дифференцирования и интегрирование данных эксперимента.

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

1. Опишите с приведением обоснования способы и последовательность проведения измерений скорости затопленной воздушной струи.
2. Опишите с приведением обоснования способы и последовательность проведения измерений в дальнем поле шума турбулентной воздушной струи.
3. Опишите с приведением обоснования способы и последовательность проведения измерений параметров звукового поля в канале с звукопоглощающей облицовкой.

### 2.3.4. Шкалы оценивания результатов обучения на экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных компетенций проводится по 4-бальной 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 или зачете 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-бальной 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 образовательной программы.



**пермский  
политех**  
МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГАОУ ВО «Пермский национальный  
исследовательский политехнический  
университет» (ПНИПУ)

**Направление**  
13.04.03 Энергетическое машиностроение

**Направленность**  
Энергетическое машиностроение

**Кафедра**  
«Ракетно-космическая техника и  
энергетические системы»

**Дисциплина**  
«Современные методы экспериментальных  
исследований»

### БИЛЕТ № 1

1. Инженерный эксперимент: классификация, основные этапы.
2. Проверка значимости с помощью Хи-квадрат критерия.
3. Среднеарифметическая разность температур определяется по формуле

$$\Delta T_{\text{лог}} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln(\Delta T_1 / \Delta T_2)}$$

Пусть  $\Delta T_1 = 2\Delta T_2$  и каждая разность характеризуется одной и той же относительной ошибкой. Какой должна быть эта ошибка, чтобы ошибка в определении среднеарифметической разности температур не превышала 5%?

Составитель \_\_\_\_\_  
(подпись)

Пальчиковский В.В.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Соколовский М.И.

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_\_ г.