

901



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

**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

Аэрокосмический факультет

Кафедра «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе
д-р техн. наук, проф.

[Handwritten signature]

Н.В. Лобов

2017 г.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ

«Теория планирования, обработки и анализа эксперимента»

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа специалитета

Специальность 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей»

Специализация программы специалитета

Проектирование ракетных двигателей
твердого топлива

Квалификация выпускника:
Выпускающая кафедра:

инженер
Ракетно-космическая техника и
энергетические системы

Форма обучения:

очная

Курс: 5

Семестр(ы): 9

Трудоемкость:

Кредитов по рабочему учебному плану:
Часов по рабочему учебному плану:

4
144



Виды контроля:

Экзамен: 9 Зачет: — Курсовой проект: — Курсовая работа: —


Учебно-методический комплекс дисциплины «Теория планирования, обработки и анализа эксперимента» разработан на основании:

- самостоятельно устанавливаемого образовательного стандарта по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», утвержденного приказом ректора от 03 апреля 2017 г., номер приказа №24-О;
- компетентностной модели выпускника ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утверждённой 03 апреля 2017 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива», утвержденного 03 апреля 2017 г.


Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин «Физика», «Электротехника и электроника», «Метрология, стандартизация и сертификация», «Методы и средства опытной отработки РДТТ», «Методы и средства опытной отработки ЖРД», «Испытание и обеспечение надёжности ракетных двигателей», «Научно-исследовательская работа студента» и программами учебной и преддипломной практик, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик	канд. техн. наук, доц. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>В.В. Павлоградский</u> (инициалы, фамилия)
Рецензент	д-р техн. наук, проф. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Р.В. Бульбович</u> (инициалы, фамилия)



Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Ракетно-космическая техника и энергетические системы» «06» июня 2017 г., протокол №19.

Заведующий кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы», ведущей дисциплину	д-р техн. наук, проф. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
--	---	--	--

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией Аэрокосмического факультета «21» 06 2017 г., протокол №9.

Председатель учебно-методической комиссии аэрокосмического факультета	канд. техн. наук, доц. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Н.Е. Чигодаев</u> (инициалы, фамилия)
---	--	---	---

Согласовано:

Заведующий выпускающей кафедрой «Ракетно-космическая техника и энергетические системы»	д-р техн. наук, проф. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>М.И. Соколовский</u> (инициалы, фамилия)
Начальник управления образовательных программ	канд. техн. наук, доц. (ученая степень, звание)	 (подпись)	<u>Д.С. Репецкий</u> (инициалы, фамилия)

1 Общие положения

1.1 Цели дисциплины

Цель учебной дисциплины – формирование практических навыков по разработке, планированию и обработке результатов экспериментальных исследований в области ракетного двигателестроения.

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

– способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации (АПК.НИ-3).

1.2 Задачи дисциплины:

- **ознакомление** с современными подходами и методами в области автоматизации экспериментальных исследований;
- **изучение** принципов планирования экспериментов, методов идентификации и проверки адекватности моделей;
- **формирование умения** обработки результатов экспериментальных исследований с использованием современных компьютерных программ;
- **формирование навыков** планирования экспериментальных исследований, построения регрессионных моделей и проверки их адекватности.

1.3 Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- методы планирования экспериментов;
- методы оптимизации;
- методы обработки результатов экспериментов.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теория планирования, обработки и анализа эксперимента» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» дисциплин рабочего учебного плана и является дисциплиной по выбору студента при освоении ОПОП по специальности 24.05.02 «Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализации «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива».

После изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

• **знать:**

- роль экспериментальных исследований при проектировании и отработке ракетных двигателей;
- основные понятия моделирования и теории подобия и аналогий;
- критерии и теоремы подобия, основные критериальные уравнения;
- статические и динамические характеристики измерительных систем;
- методы одномерной и многомерной оптимизации;
- метод наименьших квадратов;
- критерии оптимальности планов регрессионного анализа;
- свойства планов первого и второго порядка;
- основные методы идентификации и проверки адекватности моделей;
- основные возможности современных компьютерных программ для сбора и

обработки результатов экспериментальных исследований;

– основные сведения об автоматизированных системах научных исследований;

• **уметь:**

– планировать экспериментальные исследования с использованием планов первого и второго порядка;

– проводить оптимальное планирование экспериментальных исследований;

– выполнять обработку результатов эксперимента с использованием метода наименьших квадратов;

– выполнять проверку адекватности регрессионных моделей;

– использовать современные компьютерные программы для построения регрессионных моделей и проверки их адекватности;

• **владеть:**

– навыками планирования экспериментальных исследований с использованием планов первого и второго порядка;

– навыками построения регрессионных моделей и проверки их адекватности;

– навыками анализа и обобщения результатов экспериментальных исследований;

– навыками обработки результатов экспериментальных исследований с использованием современных компьютерных программ.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

Код	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Профессиональные компетенции			
АПК.НИ-3	Способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации	Физика, Метрология, стандартизация и сертификация, Электротехника и электроника, Методы и средства опытной отработки РДТГ, Методы и средства опытной отработки ЖРД, Учебная практика (практика по получению первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности).	Испытание и обеспечение надёжности ракетных двигателей, Научно-исследовательская работа студента, Преддипломная практика (практика по выполнению выпускной квалификационной работы).

2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций АПК.НИ-3.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции АПК.НИ-3

Код	Формулировка компетенции
АПК.НИ-3	Способность готовить и выполнять научные и экспериментальные исследования, обработку и анализ их результатов, проводить диагностическую оценку самостоятельно и в составе групп, использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации

Код	Формулировка дисциплинарной части компетенции
АПК.НИ-3. Б1.ДВ.02.1	Способность выполнять планирование, обработку и анализ результатов экспериментальных исследований в области ракетного двигателестроения и использовать автоматизированные системы регистрации и обработки информации

Требования к компонентному составу компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные понятия моделирования и теории подобия и аналогий; – критерии и теоремы подобия, основные критериальные уравнения; – статические и динамические характеристики измерительных систем; – методы одномерной и многомерной оптимизации; – метод наименьших квадратов; – критерии оптимальности планов регрессионного анализа; – свойства планов первого и второго порядка; – основные методы идентификации и проверки адекватности моделей; – основные возможности современных компьютерных программ для сбора и обработки результатов экспериментальных исследований; – основные сведения об автоматизированных системах научных исследований. 	<p>Лекции с использованием мультимедиа-технологий.</p> <p>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.</p>	<p>Контрольные вопросы для текущего и промежуточного контроля.</p>

<p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – планировать экспериментальные исследования с использованием планов первого и второго порядка; – проводить оптимальное планирование экспериментальных исследований; – выполнять обработку результатов эксперимента с использованием метода наименьших квадратов; – выполнять проверку адекватности регрессионных моделей; – использовать современные компьютерные программы для построения регрессионных моделей и проверки их адекватности. 	<p>Практические занятия и лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов по решению практических задач. Реферат. Расчётно-графические работы.</p>	<p>Типовые задания к лабораторным работам и практическим занятиям. Практические задания к экзамену.</p>
<p>Владеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками планирования экспериментальных исследований с использованием планов первого и второго порядка; – навыками построения регрессионных моделей и проверки их адекватности; – навыками анализа и обобщения результатов экспериментальных исследований; – навыками обработки результатов экспериментальных исследований с использованием современных компьютерных программ. 	<p>Лабораторные работы. Самостоятельная работа: реферат и расчётно-графические работы</p>	<p>Отчет по выполнению лабораторных работ. Практические задания к экзамену.</p>

3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 4 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоемкость, час.
1	Аудиторная (контактная) работа	54
	– лекции (Л)	18
	– практические занятия (ПЗ)	14
	– лабораторные работы (ЛР)	18
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	4
2	Самостоятельная работа	54
	– изучение теоретического материала	26
	– расчётно-графические работы	10
	– реферат	4
	– подготовка отчетов по лабораторным работам и практическим занятиям	14
3	Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине	Экзамен 36
4	Трудоёмкость дисциплины, всего:	
	в часах (ч)	144
	в зачётных единицах (ЗЕ)	4

4 Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

Номер учебного модуля	Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий (очная форма обучения)					Итоговый контроль	Самостоятельная работа	Трудоёмкость, ч/ЗЕТ	
			Аудиторная работа								
			Всего	Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	1	Введение	1	1							1
		1	2	2					8	10	
		2	7	3	4				8	15	
	Всего по модулю:		11	6	4		1		16	27/0,75	
2	2	3	4	2		2			4	8	
		4	12	2	6	4			8	20	
		5	8	2	4	2			4	12	
	Всего по модулю:		26	6	10	8	2		16	42/1,17	
3	3	6	9	3		6			12	21	
		7	7	3		4			10	17	
	Всего по модулю:		17	6			10	1		22	39/1,08
Промежуточная аттестация								экзамен			
								36			
Всего:			54	18	14	18	4	36	54	144/4	

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Модуль 1. Моделирование как этапы проектирования и отработки ракетных двигателей твердого топлива

Раздел 1. Моделирование как этапы проектирования и отработки ракетных двигателей твердого топлива

Л – 6 ч; ПЗ – 4 ч; КСР – 1 ч; СРС – 16 ч.

Введение

Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины. Место дисциплины в системе подготовки специалиста. Состав дисциплины. Формы промежуточного и заключительного контроля. Рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Эксперимент как предмет исследования. Понятие эксперимента. Классификация видов экспериментальных исследований.

Принципы постановки научных и инженерных задач. Структура инженерного эксперимента в исследованиях в области ракетного двигателестроения.

Понятие о моделях сложных процессов. Классификация моделей. Физическое моделирование. Математическое моделирование

Тема 1. Роль экспериментальных исследований в ракетном двигателестроении

Моделирование в инженерном эксперименте. Критерии подобия. Теоремы подобия. Критериальные уравнения.

Классификация, типы и задачи эксперимента. Задачи, решаемые при постановке экспериментальных исследований. Место планирования эксперимента в общей процедуре идентификации технических систем (структура идентификации). Методы и приемы планирования экспериментов.

Статические и динамические характеристики измерительных систем. Тарировка. Погрешности эксперимента. Систематические и случайные погрешности эксперимента. Компенсация систематических погрешностей. Оценка случайных погрешностей. Критерии отбраковки грубых ошибок эксперимента. Оценки точности измерений. Компьютерная обработка экспериментальных данных. Оценка корректности полученных результатов.

Тема 2. Введение в теорию оптимизации

Параметр оптимизации. Виды параметров оптимизации. Требования к параметру оптимизации. О задачах с несколькими выходными параметрами. Обобщенный параметр оптимизации.

Оптимизация с использованием дифференцирования. Матрица Гессе. Метод неопределенных множителей Лагранжа.

Численные методы оптимизации. Одномерные методы поиска: метод сканирования, метод золотого сечения, метод парабол. Многомерные методы поиска: метод покоординатного поиска, симплексный метод, метод градиентного спуска, алгоритм Флетчера-Ривса для метода сопряженных градиентов, случайный поиск.

Модуль 2. Планирование экспериментальных исследований

Раздел 2. Планирование экспериментальных исследований

Л – 6 ч; ПЗ – 10 ч; ЛР – 8 ч; КСР – 2 ч; СРС – 16 ч.

Тема 3. Основы теории планирования эксперимента

Две задачи и тенденции теории планирования эксперимента. Основные понятия и определения теории планирования эксперимента. Требования к объекту исследования и факторам.

Математические модели объекта. Степени информированности исследователя относительно функции отклика. Предварительный этап планирования эксперимента. Натуральная и кодированная системы координат.

Основные принципы теории планирования эксперимента. Критерии оптимальности планов регрессионного анализа: ортогональность, D-оптимальность, A-оптимальность, E-оптимальность, ротатабельность.

Тема 4. Планы первого порядка

Полный факторный эксперимент (ПФЭ). Свойства планов полного факторного эксперимента. Метод наименьших квадратов и методика получения оценок коэффициентов линейной однофакторной модели.

Матричный подход в теории планирования эксперимента. Информационная и ковариационная матрицы. Формулы для вычисления коэффициентов линейных моделей по планам ПФЭ. Избыточность планов ПФЭ.

Дробный факторный эксперимент (ДФЭ). Построение планов ДФЭ (дробных реплик). Свойства планов ДФЭ. Выбор полуреplik. Генерирующие соотношения и определяющие контрасты. Выбор 1/4-реплики. Обобщающий определяющий контраст. Реплики большой дробности. Система смешивания дробных реплик.

Симплексные планы (насыщенные планы первого порядка). Построение симплексных планов. Критерии оптимальности симплексных планов.

Тема 5. Планы второго порядка

Исследование уравнений регрессии второго порядка. Приведение уравнения второго порядка к канонической форме. Методы поиска оптимальных режимов. Метод эволюционного планирования.

Планы второго порядка. Центральное композиционное планирование. Ортогональные планы второго порядка. Ротатабельные планы второго порядка. Некоторые некомпозиционные планы второго порядка.

Модуль 3. Обработка результатов эксперимента

Раздел 3. Обработка результатов эксперимента

Л – 6 ч; ЛР – 10 ч; КСР – 1 ч; СРС – 22 ч.

Тема 6. Обработка результатов эксперимента

Основы теории случайных ошибок и методов оценки случайных погрешностей в измерениях. Методы подбора эмпирических формул. Регрессионный анализ.

Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов. Исключение сомнительных результатов. Проверка однородности дисперсий опытов при равномерном и неравномерном дублировании опытов. Статистические свойства коэффициентов. Оценка значимости коэффициентов регрессионной модели. Определение дисперсии воспроизводимости эксперимента. Проверка гипотезы адекватности регрессионной модели.

Тема 7. Автоматизированные системы научных исследований

Основные сведения об автоматизированных системах научных исследований. Структура измерительных систем в инженерном эксперименте. Датчики для измерения перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур, деформаций; области применения датчиков различных типов. Приборы преобразования и регистрации аналоговых сигналов. Структура устройства сопряжения ЭВМ с объектом исследования.

Введение в LabView. Программная среда LabView. Виртуальные приборы (ВП). Последовательность обработки данных. Создание ВП. Создание проектов LabView. Редактирование ВП. Отладка ВП. Настройка ВП.

Циклы и другие структуры в ВП. Массивы и кластеры. Графическое отображение данных. Строки и файловый ввод/вывод.

Сбор и представление данных. Введение и конфигурация. Сбор данных в LabView. Выполнение операций аналогового ввода. Запись полученных данных в файл. Выполнение операций аналогового вывода. Управление измерительными приборами.

4.3. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	Одномерные методы оптимизации – 2 час.
2	2	Многомерные методы оптимизации – 2 час.
3	4	Полный факторный эксперимент. Оценка коэффициентов модели. Проверка значимости коэффициентов и адекватности модели – 2 час.
4	4	Дробный факторный эксперимент. Оценка системы смешивания эффектов – 2 час.
5	4	Дробный факторный эксперимент. Оценка коэффициентов модели. Проверка значимости коэффициентов и адекватности модели – 2 час.
6	5	Планирование эксперимента с использованием планов второго порядка – 4 час.

4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы
1	3	Исключение грубых ошибок результатов экспериментальных исследований с использованием различных критериев – 2 час.
2	4	Обработка результатов эксперимента методом наименьших квадратов – 2 час.
3	4	Приближение экспериментальных данных двухпараметрическими зависимостями – 2 час.
4	5	Поиск оптимальных режимов с использованием планов центрального композиционного планирования – 2 час.
5	6	Обработка результатов эксперимента при равномерном дублировании опытов – 2 час.
6	6	Обработка результатов эксперимента при неравномерном дублировании опытов – 2 час.
7	6	Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов – 2 час.
8	7	Обработка и представление результатов в системе LabView – 4 час.

5. 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 двух семестров, график изучения дисциплины приводится п.7.
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.

5.1 Виды самостоятельной работы студентов

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

Номер темы дисциплины	Вид самостоятельной работы студентов	Трудоемкость, час.
1	2	3
1	Изучение теоретического материала	4
	Написание реферата	4
2	Изучение теоретического материала	4
	Выполнение расчетно-графической работы	4
3	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	2
4	Изучение теоретического материала	4
	Выполнение расчетно-графической работы	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	2
5	Изучение теоретического материала	2
	Подготовка отчета по лабораторной работе	2
6	Изучение теоретического материала	4
	Выполнение расчетно-графической работы	4
	Подготовка отчета по лабораторной работе	4
7	Изучение теоретического материала	6
	Подготовка отчета по лабораторной работе	4
	Итого час./ ЗЕ	54/1,5

5.1.1 Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Статические и динамические характеристики измерительных систем. Тарировка. Погрешности эксперимента. Систематические и случайные погрешности эксперимента. Компенсация систематических погрешностей. Оценка случайных погрешностей. Критерии отбраковки грубых ошибок эксперимента. Оценки точности измерений.

Тема 2. Методы случайного поиска.

Тема 3. Основные принципы теории планирования эксперимента.

Тема 4. Симплексные планы (насыщенные планы первого порядка). Построение симплексных планов. Критерии оптимальности симплексных планов.

Тема 5. Ротатабельные планы второго порядка. Некоторые некомпозиционные планы второго порядка.

Тема 6. Обработка результатов эксперимента при отсутствии дублирования опытов.

Тема 7. Датчики для измерения перемещений, скоростей, ускорений, сил, давлений, температур, деформаций; области применения датчиков различных типов. Приборы преобразования и регистрации аналоговых сигналов.

5.1.2 Курсовой проект (курсовая работа)

Не предусмотрены.

5.1.3 Реферат

Темы рефератов:

1. Роль испытаний в процессе проектирования, создания и отработки газотурбинных, паротурбинных установок и двигателей.
2. Оптимальное планирование экспериментальной отработки газотурбинных двигателей.
3. Испытания сложных технических систем с использованием моделей.
4. Имитационное моделирование сложных систем.
5. Стендовая отработка газотурбинных двигателей.
6. Испытания на воздействие климатических факторов.
7. Методы подобия и размерности в механике.
8. Современные методы компьютерной обработки экспериментальных данных.
9. Анализ пассивного эксперимента с помощью ковариационной матрицы.
10. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.
11. Планы второго порядка.

5.1.4 Расчетно-графические работы

Тема 2. Решение задачи поиска экстремума функции двух переменных с использованием одного из методов многомерного поиска.

Тема 4. Моделирование результатов экспериментальных исследований с использованием программы «Mathcad» при заданном законе распределения случайной величины.

Тема 6. Обработка результатов эксперимента при равномерном, неравномерном дублировании опытов и при отсутствии дублирования.

5.1.5 Индивидуальные задания

Не предусмотрены.

5.2 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических и лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором учащиеся 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 учащихся на достижение целей занятия.

6 Фонд оценочных средств дисциплины

6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- контрольная работа и опрос для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- оценка работы студента на лекционных и практических занятиях в рамках рейтинговой системы.

6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный контроль освоения дисциплинарных компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы (модуль 1,2,3);
- защита лабораторных работ (модуль 2,3);
- защита расчетно-графической работы (модуль 1,2,3).

6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

1) Зачёт

Не предусмотрен.

2) Экзамен

Экзамен по дисциплине проводится устно по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов рубежного контроля.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблицу планирования результатов обучения, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 – Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля					
	ТК	КР	РГР	ПЗ	ЛР	Экзамен
1	2	3	4	5	6	7
Усвоенные знания						
Знает:						
– основные понятия моделирования и теории подобия и аналогий;	+	+				ТВ
– критерии и теоремы подобия, основные критериальные уравнения;	+	+				ТВ
– статические и динамические характеристики измерительных систем;	+	+				ТВ
– методы одномерной и многомерной оптимизации;		+	+	+		ТВ
– метод наименьших квадратов;		+		+		ТВ
– критерии оптимальности планов регрессионного анализа;	+	+				ТВ
– свойства планов первого и второго порядка;	+	+				ТВ
– основные методы идентификации и проверки адекватности моделей;	+	+			+	ТВ
– основные возможности современных компьютерных программ для сбора и обработки результатов экспериментальных исследований;	+	+			+	ТВ
– основные сведения об автоматизированных системах научных исследований.	+	+			+	ТВ
Освоенные умения						
Умеет:						
– планировать экспериментальные исследования с использованием планов первого и второго порядка;		+		+		КЗ
– проводить оптимальное планирование экспериментальных исследований;		+		+		КЗ
– выполнять обработку результатов эксперимента с использованием метода наименьших квадратов;				+		КЗ
– выполнять проверку адекватности регрессионных моделей;			+		+	КЗ
– использовать современные компьютерные программы для построения регрессионных моделей и проверки их адекватности.			+		+	КЗ

Приобретенные владения					
Владеет: – навыками планирования экспериментальных исследований с использованием планов первого и второго порядка;			+		КЗ
– навыками построения регрессионных моделей и проверки их адекватности;			+		КЗ
– навыками анализа и обобщения результатов экспериментальных исследований;			+		КЗ
– навыками обработки результатов экспериментальных исследований с использованием современных компьютерных программ.			+		КЗ

Примечание:

ТК – текущий контроль знаний по теме (опрос);

КР – рубежная контрольная работа по модулю (оценка знаний);

РГР – расчетно-графическая работа (оценка умений и владений);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений);

ПЗ – выполнение практических занятий с подготовкой и защитой отчёта (оценка владения);

ТВ – теоретический вопрос; КЗ – комплексное задание экзамена.

7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

Вид работы	Распределение часов по учебным неделям																		Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Раздел:	Р1						Р2						Р3						
Лекции	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
Практ. занятия	2		2		2		2				2		2		2				14
Лаборат. работы	2		2		2		2		2		2		2		2		2		18
КСР								2									2		4
Изучение теор. мат.		4		4		2		2		2		2		2		4		4	26
Реферат		2		2															4
Подготовка отчетов по лаборат. работам						2		2		2		2		2		2		2	14
Расч.-граф. работы						2		2		2		2		2					10
Модуль:	М1						М2						М3						
Контрольные работы						+						+						+	
Дисциплин. контроль																			Экзамен 36

8 Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.02.1 <i>Теория планирования, обработки и анализа эксперимента</i>	Блок 1. Дисциплины (модули) <small>(блок дисциплины)</small>								
<small>(индекс и полное название дисциплины)</small>	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть блока</td> <td style="border: 1px solid black; width: 50px; height: 20px; text-align: center;">x</td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору студента</td> </tr> </table>		базовая часть блока		обязательная	x	вариативная часть блока	x	по выбору студента
	базовая часть блока		обязательная						
x	вариативная часть блока	x	по выбору студента						

24.05.02	«Проектирование авиационных и ракетных двигателей», специализация «Проектирование ракетных двигателей твердого топлива»
<small>(код направления/ специальности)</small>	<small>(полное название направления подготовки / специальности)</small>

АРД / РД	Уровень подготовки	Форма обучения													
<small>(аббревиатура направления/ специальности)</small>	<table style="border: none;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;">x</td><td style="padding: 0 5px;">специалист</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">бакалавр</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">магистр</td></tr> </table>	x	специалист		бакалавр		магистр	<table style="border: none;"> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px; text-align: center;">x</td><td style="padding: 0 5px;">очная</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">заочная</td></tr> <tr><td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td><td style="padding: 0 5px;">очно-заочная</td></tr> </table>	x	очная		заочная		очно-заочная	
x	специалист														
	бакалавр														
	магистр														
x	очная														
	заочная														
	очно-заочная														

<u>2017</u> <small>год утверждения учебного плана ООП</small>	Семестр(ы) <u>9</u>	Количество групп <u>1</u>	Количество студентов <u>25</u>
--	---------------------	---------------------------	--------------------------------

<u>Павлоградский Виктор Васильевич</u> <small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small>	<u>доцент</u> <small>(должность)</small>
<u>Аэрокосмический</u> <small>(факультет)</small>	
<u>РКТЭС</u> <small>(кафедра)</small>	<u>2-39-12-33</u> <small>(контактная информация)</small>

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

**8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы,
необходимой для освоения дисциплины**

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
1. Основная литература		
1	Сидняев Н.И., Вилисова Н.Т. Введение в теорию планирования эксперимента: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. – 463 с.	5
2	Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных: учебное пособие для магистров. М.: Юрайт, 2015, 2016. – 495 с.	2015 – 2 2016 – 2
3	Афанасьева Н.Ю. Вычислительные и экспериментальные методы научного эксперимента: учебное пособие для вузов. М.: КНОРУС, 2010, 2013. – 330 с.	2010 – 13 2013 – 3
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Решетников М.Т. Планирование эксперимента и статистическая обработка данных: учебное пособие. – Томск: Изд-во ТГУСУиР, 2000. – 231 с.	8
2	Александровская Л.Н. Теоретические основы испытаний и экспериментальная отработка сложных технических систем: учебное пособие для вузов. М.: Логос, 2003. – 735 с.	67
3	Спиридонов А.А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов. – М.: Машиностроение, 1981. – 184 с.	37
2.2 Периодические издания		
	Не предусмотрены	
2.3 Нормативно-технические издания		
	Не предусмотрены	
2.4 Официальные издания		
	Не предусмотрены	
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных: электрон. версии кн., журн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: http://e.lanbook.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	

Основные данные об обеспеченности на

06.06.2017

(дата одобрения рабочей программы на заседании кафедры)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

Данные об обеспеченности на

(дата составления рабочей программы)

основная литература обеспечена не обеспечена

дополнительная литература обеспечена не обеспечена

Зав. отделом комплектования научной библиотеки _____ Н.В. Тюрикова

8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

8.3.1 Перечень программного обеспечения, в том числе компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Рег. номер	Назначение
1	Лабораторные работы	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Обработка результатов экспериментальных исследований
2	Лабораторные работы	LabView		Обработка и представление результатов
3	Практические занятия	Mathcad 14 University Classroom	SE14RYMMEV0002-FLEX	Построение регрессионных моделей

8.4 Аудио- и видео-пособия

Вид аудио-видео пособия				Наименование учебного пособия
теле-фильм	кино-фильм	слайды	аудио-пособие	
1	2	3	4	5
		+		Электронные лекции-презентации по дисциплине «Теория планирования, обработки и анализа эксперимента»

Карта книго-обеспеченности в библиотеку сдана

9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

№ п/п	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	Мультимедийная аудитория	РКТЭС	304 к.Д АКФ	72	42
2	Компьютерный класс	РКТЭС	314 к.Д АКФ	72	12

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

№ п/п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Проектор	1	Оперативное управление	304 к.Д АКФ
2	Компьютеры	12	Оперативное управление	314 к.Д АКФ

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		
5		
6		