



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

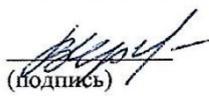
«УТВЕРЖДАЮ»

Руководитель программы аспирантуры  
Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование  
воздуха, газоснабжение и освещение

Директор департамента энергетических  
систем

(название образовательной программы)

(название департамента/кафедры)

  
(подпись) В.П. Черненко  
(Ф.И.О.)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

  
(подпись) К.А. Штым  
(Ф.И.О.)  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Методы обработки и оценки результатов эксперимента**

**2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и  
освещение (Технические науки)**

курс   2   семестр   3  

лекции   8   час. /    з.е.

практические занятия   10   час. /    з.е.

лабораторные работы   -   час. /    з.е.

с использованием МАО лек.    /пр.   10   /лаб.    час.

всего часов контактной работы   18   час.

в том числе с использованием МАО   10   час., в электронной форме    час.

самостоятельная работа   54   час.

в том числе на подготовку к экзамену   -   час.

зачет   3   семестр

экзамен    семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с Федеральными государственными требованиями к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов), утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. N 951 и паспортом научной специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента Энергетических систем, протокол №   6   от «   25   »   марта   2022 г.

Директор департамента: д-р техн. наук, доцент К.А.Штым

Составитель, канд.техн.наук, доцент В.П. Черненко

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании кафедры:**

Протокол от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Методы обработки и оценки результатов эксперимента» предназначена для аспирантов, обучающихся по научной специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение и входит в часть Блока 2 Образовательный компонент (2.1. Дисциплины/модули).

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы 72 часа, в том числе: 8 часов лекций, 10 часов практических занятий, 54 часа самостоятельной работы. Дисциплина реализуется на 2 году обучения в 3 семестре. Результат промежуточной аттестации – зачет.

**Целью дисциплины** «Методы обработки и оценки результатов эксперимента» является приобретение аспирантами знаний об основных понятиях и принципах инженерного эксперимента в области теплоснабжения, вентиляции, кондиционирования воздуха, газоснабжения и освещения, а также подготовка к проведению исследований при выполнении выбранной темы научной работы.

### **Задачи дисциплины:**

1. развитие творческого и аналитического мышления, расширение научного кругозора;
2. усвоение основ теории подобия физических процессов и математического моделирования;
2. ознакомление с основными средствами измерений и методами экспериментальных исследований;
3. формирование способности планировать инженерный эксперимент.
4. приобретения навыков решения задач математического анализа, применительно к моделированию систем теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха.

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы:

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства	Знает	основные положения теории подобия и принципы математического моделирования
	Умеет	планировать и выполнять инженерный эксперимент
	Владеет	навыком использования современного исследовательского оборудования и приборов
Владение культурой научного исследования в области строительства, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	Знает	основы культуры научного исследования
	Умеет	использовать информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований
	Владеет	технологией моделирования различных технологических процессов
Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	Знает	основы профессионального изложения результатов научных исследований
	Умеет	профессионально излагать результаты своих исследований в ходе научных конференций и представлять свои исследования в виде презентаций и статей
	Владеет	навыками написания научных статей и создания презентаций для представления результатов исследований
Способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства	Знает	основы разработки новых методов экспериментальных исследований
	Умеет	разрабатывать новые методы теоретических и экспериментальных исследований и применять новые методы исследований в научной деятельности
	Владеет	навыками разработки и внедрения новых методов теоретических и экспериментальных исследований
Готовность применять современные методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований в области теплогазоснабжения и вентиляции	Знает	методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований;
	Умеет	осуществлять личностный выбор в процессе работы, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом
	Владеет	навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий проведения

		научных и прикладных исследований в области теплогазоснабжения и вентиляции
Способность владеть междисциплинарным подходом как методологической основой научных исследований; владеть методами полевых и стационарных работ	Знает	методологическую основу проведения междисциплинарных научных исследований
	Умеет	проводить междисциплинарные исследования в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции
	Владеет	навыками проведения полевых и стационарных работ
Готовность использовать результаты современных исследований для анализа и прогноза, использовать новый отечественный и зарубежный опыт в области теплогазоснабжения и вентиляции	Знает	современные направления исследований в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции, основные источники для поиска информации
	Умеет	использовать результаты современных исследований для научно-исследовательской работы
	Владеет	навыками работы с российскими и зарубежными специализированными источниками информации.

Для формирования вышеуказанных знаний, умений и навыков в рамках дисциплины «Методы планирования и обработки результатов эксперимента» применяются следующие методы активного/интерактивного обучения: доклад, сообщение с применением презентационного материала, обсуждение, дискуссия, выводы по теме с применением презентационного материала, проблемные лекции и анализ конкретных ситуаций.

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА (8 час.)**

## **МОДУЛЬ 1. Теория подобия(3 час.)**

### **Раздел I. Теоремы подобия (3 час.).**

#### **Тема 1. Первая теорема подобия (1 час.)**

Подобие физических явлений и систем. Виды подобия. Получение критериев подобия. Основы теории размерностей. Алгебра размерностей. Безразмерные величины. Зависимые и независимые размерности.

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – проблемная лекция. Проблемная лекция начинается с вопросов, с постановки проблемы, которую в ходе изложения материала необходимо решить. В течение лекции мышление аспирантов происходит с помощью создания преподавателем проблемной ситуации до того, как они получат всю необходимую информацию, составляющую для них новое знание.

#### **Тема 2. Вторая теорема подобия (1 час.)**

$\pi$  – теорема. Способы получения критериев подобия на основе  $\pi$  – теоремы. Анализ критериев подобия. Анализ полученных критериев подобия. Масштабы и индикаторы подобия. Система уравнений, составленных из масштабов подобия, и их решение. Некоторые, наиболее часто встречающиеся критерии подобия. Формальные методы получения критериев подобия и уравнений процесса.

#### **Тема 3. Третья теорема подобия(1 час.)**

Подобие сложных систем. Подобие систем с нелинейными и переменными параметрами. Подобие анизотропных систем. Подобие физических процессов при отсутствии геометрического подобия. Подобие при вероятностной характеристике процессов.

## **МОДУЛЬ 2. Моделирование в экспериментальных исследованиях(2час.)**

### **Раздел I. Математическое моделирование (2 час.)**

#### **Тема 1. Основы теории моделирования (1 час.)**

Возникновение моделирование. Критерий правильности результатов. Способы использования математического моделирования. Требования к математическим моделям.

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – лекция-беседа. Эта лекция предполагает непосредственный контакт преподавателя с аудиторией. Вопросы могут, быть информационного и проблемного характера, для выяснения мнений и уровня осведомленности аспирантов по рассматриваемой теме, степени их готовности к восприятию последующего материала. С учетом разногласий или единодушия в ответах преподаватель строит свои дальнейшие рассуждения, имея при этом возможность, наиболее доказательно изложить очередное понятие лекционного материала.

## **Тема 2. Математическое моделирование (1 час.).**

Построение математических моделей. Проведение модельных исследований. Дескриптивные математические модели. Многокритериальные математические модели.

## **МОДУЛЬ 3. Планирование инженерного эксперимента(3 час.)**

**Раздел I. Средства и методы измерений в экспериментальных исследованиях (1 час.).**

**Тема 1. Измерительные приборы в инженерном эксперименте (0,5 час.)**

Структура измерительных приборов. Приборы прямого и уравновешенного преобразования. Функция преобразования. Чувствительность прибора. Цена деления. Порог чувствительности. Диапазон измерений. Динамические характеристики.

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – публичный доклад с защитой. Тему «Измерительные приборы в инженерном эксперименте» освещает один из аспирантов, при этом доклад может сопровождаться презентацией. После завершения доклада можно задавать

уточняющие вопросы по изложенной теме, а преподаватель - вопросы, проверяющие уровень подготовки докладчика.

## **Тема 2. Основы теории ошибок измерений (0,5 час.).**

Виды измерений и погрешностей. Случайные погрешности и их распределение. Закон сложения случайных ошибок. Доверительный интервал и доверительная вероятность. Систематические погрешности и методы их компенсаций. Определение грубых погрешностей. Суммарная погрешность. Ошибки первого и второго рода.

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – публичный доклад с защитой. Тему «Измерительные приборы в инженерном эксперименте» освещает один из аспирантов, при этом доклад может сопровождаться презентацией. После завершения доклада можно задавать уточняющие вопросы по изложенной теме, а преподаватель - вопросы, проверяющие уровень подготовки докладчика.

## **Раздел II. Методы планирования эксперимента(2 час.)**

### **Тема 1. Статистические методы анализа данных планирования экспериментов (1 час.)**

Статическая гипотеза. Статические критерии. Дисперсионный анализ. Корреляционный анализ. Регрессионный анализ.

### **Тема 2. Полный факторный эксперимент (0,5 час.)**

Проверка воспроизводимости эксперимента. Полный факторный эксперимент. Полный факторный эксперимент типа  $2^k$ . Математическая модель ПФЭ. Линейная модель Математическая модель ПФЭ. Линейная модель. Нелинейная математическая модель, причины нелинейности. Определение порядка взаимодействия факторов. Вычисление коэффициентов при взаимодействиях факторов. Вычисление коэффициентов при взаимодействиях факторов.

### **Тема 3. Дробный факторный эксперимент (0,5 час.)**

Выбор полуреплик и реплик большей дробности. Понятие о генерирующих соотношениях и определяющих контрастах.

## II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Практические занятия (10 час.)

**Занятие 1.** Практическое применение метода теории размерностей в экспериментальных исследованиях, на примере получения критериального уравнения при вынужденном движении жидкости и формулы для определения потерь давления на трение при движении жидкости по трубе (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 2.** Планирование точности измерений при подготовке эксперимента. Оценка величины неисключенной погрешности измерения приборов. (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 3.** Практическое применение метода наименьших квадратов, на примере получения линейных уравнений регрессии теплофизических свойств материалов. (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема,

предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 4.** Планирование и обработка результатов эксперимента при моделировании процессов тепломассообмена с использованием методики регрессионного анализа. (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 5.** Статистическая оценка погрешностей математических моделей с использованием данных третьего занятия (2 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 6.** Ортогональное центральное композиционное планирование для тепломассообменных процессов. Составление матрицы планирования эксперимента. (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 7.** Рототабельное центральное композиционное планирование для тепломассообменных процессов. (1 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

**Занятие 8.** Статистическая обработка и анализ экспериментальных данных при центральном и рототабельном композиционном планировании (2 час.)

Данное занятие проходит с использованием метода активного обучения – анализ конкретных ситуаций (case-study). Метод анализа конкретных ситуаций развивает способность к анализу реальных научных задач. Сталкиваясь с конкретной задачей, аспирант должен определить: в чем заключается проблема, предложить методы решения данной задачи. Этот опыт незаменим в последующей самостоятельной научной деятельности.

### **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Методы планирования и обработки результатов эксперимента» представлено в приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

### «Методы планирования и обработки результатов эксперимента»

№ п/ п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формиров ания компетен ций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуто чная аттестация
1	Теория размерностей в экспериментальных исследованиях	Знает	УО-3 Темы сообщений №1,2	№ 1-5
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 3 Перечень тем для дискуссий № 1, 6	№ 6, 8, 9, 10
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 1, 2	№ 7, 11
2	Оценка величины неисключенной погрешности измерения приборов	Знает	УО-3 Темы сообщений № 4	№ 32, 33
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 10 Перечень тем для дискуссий № 2, 3	№ 34, 35
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 3	№ 36, 37, 38
3	Метод наименьших квадратов	Знает	УО-3 Темы сообщений № 7	№ 3, 9, 13
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 5 Перечень тем для дискуссий № 5	№ 17, 18, 19
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 4	№ 20, 21, 24, 25
4	Регрессионный анализ. Полнофакторный эксперимент. Дробный эксперимент.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 13, 14, 16, 17, 29
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 9 Перечень тем для дискуссий № 5, 8	№ 15, 18, 19, 27
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 5	№ 20, 21, 25, 28
5	Ортогональное центральное композиционное планирование.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 12, 23, 24, 29
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 8, 10	№ 25, 26

		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 6	№ 30, 31, 37
6	Рототабельное центральное композиционное планирование.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 12, 23, 24, 29
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 8, 10	№ 25, 26
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 7	№ 30, 31, 37
7	Статистическая обработка экспериментальных данных	Знает	УО-3 Темы сообщений № 5, 8	№ 13, 15, 17, 22, 27, 28, 38
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 4, 7, 9, 11, 12, 13, 14	№ 14, 16, 21, 30, 35, 39
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 6, 7	№ 18, 20, 25, 31, 37, 40
8	Зачет	Знает	По результатам ответов в устной форме	Вопросы к экзамену №1-40
		Умеет		
		Владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## V. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. Сафин, Р. Г. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента: учебное пособие / Р. Г. Сафин, А. И. Иванов, Н. Ф. Тимербаев. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2013. — 154 с. — 978-5-7882-1412-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62219.html>

2. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников [Электронный ресурс]. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2012. – 816 с. <https://e.lanbook.com/book/59747>

3. Сагдеев, Д. И. Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента: учебное пособие / Д. И. Сагдеев. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 324 с. — 978-5-7882-2010-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79455.html>

### **Дополнительная литература**

1. Порсев, Е. Г. Организация и планирование экспериментов: учебное пособие / Е. Г. Порсев. — Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2010. — 155 с. — 978-5-7782-1461-3. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/45415.html>

2. Шустрова, М. Л. Основы планирования экспериментальных исследований: учебное пособие / М. Л. Шустрова, А. В. Фафурин. — Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2016. — 84 с. — 978-5-7882-1924-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/62523.html>

3. Пащенко, Ф.Ф. Основы моделирования энергетических объектов / Ф.Ф. Пащенко, Г.А. Пикина. — Москва: Физматлит, 2011. — 464 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/59622>

4. Планирование и организация эксперимента: методические указания / сост. М. И. Харитонов, А. М. Харитонов. — СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 55 с. — 2227-8397. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/30012.html>

5. Кириллов П.Л. Имена и числа подобия [Электронный ресурс]: / Кириллов П.Л.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2010.— 336 с.— Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru/16528.html>

6. Румянцев, А. В. Теория и практика теплофизического эксперимента: учебное пособие / А. В. Румянцев. — Калининград: Балтийский федеральный университет им. Иммануила Канта, 2011. — 72 с. — 978-5-9971-0119-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/23939.html>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

#### **Интернет**

1. [http://sbiblio.com/biblio/archive/frolov\\_soc/soc\\_frol16.aspx#top](http://sbiblio.com/biblio/archive/frolov_soc/soc_frol16.aspx#top)- библиотека учебной и научной литературы

2. <http://window.edu.ru/window/library> - Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».

3. <http://elibrary.ru> - Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

4. <http://diss.rsl.ru/>-Электронная библиотека диссертаций РГБ.

5. <http://e.lanbook.com/> - Электронно-библиотечная система «Лань».

6. <http://znanium.com/> - Электронно-библиотечная система «Научно-издательского центра ИНФРА-М».

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Изучение лекционного материала, практических занятий и самостоятельной работы аспирантов направлено на углубленное изучение дисциплины «Методы планирования и обработки результатов эксперимента», получение необходимых компетенций, позволяющих осуществлять моделирование инженерных систем, используя современные методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований в области теплогазоснабжения и вентиляции, а также методы математической статистики для оценки достоверности полученных моделей.

В лекционном материале аспиранты знакомятся с методами математического моделирования и планирования экспериментов, изучают применение методов математической статистики и статистической обработки экспериментальных данных, решают практические задачи с использованием специального программного комплекса.

Лекции должны проходить в мультимедийных аудиториях.

Практические занятия - в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием. Аспиранты могут приносить на занятия свои ноутбуки и соответствующие гаджеты.

В конце каждого практического занятия аспиранты получают задание для самостоятельной работы и подготовке к следующему занятию. Практически на каждом лекционном занятии аспиранту предлагается сделать сообщение с презентацией, в котором он показывает глубину изученного материала. Выступления аспиранта формируют навыки профессионального мышления, закрепляют профессиональную лексику, учат отстаивать принятые решения или соглашаться с лучшими предложениями.

Наилучшей рекомендацией аспиранту является подготовка к каждому занятию, что будет соответствовать плану выполнения работы, выдерживать технологию изучения дисциплины.

Аспиранты получают по дисциплине в электронном виде:

Программу практических занятий;

Справочную, учебную и научную литературу, необходимую при изучении дисциплины и подготовке к практическим занятиям;

Аспирант пользуется электронной базой библиотеки ДВФУ, кафедры и ведущего преподавателя.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **«Методы планирования и обработки результатов эксперимента»**

Лекции должны проходить в мультимедийных аудиториях.

Практические занятия – в компьютерном классе с мультимедийным оборудованием. Аспиранты могут приносить на занятия свои ноутбуки и соответствующие гаджеты.

Аспиранты получают по дисциплине в электронном виде:

Программу практических занятий;

Справочную, учебную и научную литературу, необходимую при изучении дисциплины и подготовке к практическим занятиям;

Аспирант пользуется электронной базой библиотеки ДВФУ, кафедры и ведущего преподавателя.

Аспиранты могут использовать в своей работе профессиональные программы, которые имеются на кафедре.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Методы планирования и обработки результатов  
эксперимента»**

**2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,  
газоснабжение и освещение**

**Форма подготовки очная**

**Владивосток  
2022**

Самостоятельная работа – это педагогически управляемый процесс самостоятельной деятельности, обеспечивающий реализацию целей и задач по овладению необходимым объемом знаний, умений и навыков, опыта творческой работы и развитию профессиональных интеллектуально-волевых, нравственных качеств будущего специалиста. Самостоятельная работа по курсу «Комплексное моделирование инженерных систем» является важной составной частью учебно-воспитательного процесса и имеет целью: закрепить и углубить знания, полученные на теоретических и практических занятиях; выполнить контрольное задание; теоретическую подготовку к практическим занятиям; подготовиться к предстоящему экзамену по дисциплине; формировать самостоятельность и инициативу в поиске и приобретении знаний, а также умения и навыки обработки результатов наблюдений. Основным и преимущественным видом самостоятельной работы является работа с рекомендованной литературой, направленная на освоение программы курса. Самостоятельная работа должна носить систематический и непрерывный характер в течение всего семестра. Время для самостоятельной работы отводится исходя из фактического уровня знаний, умений и навыков по курсу.

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине «Методы планирования и обработки результатов эксперимента»**

№ п/п	Срок выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени	Форма контроля
1	3 семестр, с 1-ой по 3-ую неделю	Рассмотреть процессы, происходящие в изучаемой области исследования аспиранта, сформулировать задачу для эксперимента.	8 часов	Доклад, дискуссия по докладу.
2	3 семестр, с 3-ой по 5-ую неделю	Составить физическую модель исследуемой задачи.	8 часов	Доклад, дискуссия по докладу.
2	3 семестр, с 5-ой по 7-ую неделю	На примере исследуемого процесса изучить теоремы подобия и применение теории размерностей.	8 часов	Проверка расчетов. Доклад, дискуссия по докладу.
3	3 семестр, с 7-ой по 10-ую неделю	Начертить схему экспериментальной установки. Подобрать измерительные приборы.	8 часов	Доклад, дискуссия по докладу.
4	3 семестр, с 10-ой по 14-ую неделю	Выбрать метод планирования эксперимента и составить план эксперимента для	8 часов	Проверка расчетов. Доклад, дискуссия по докладу.

		исследуемой задачи.		
<b>5</b>	3 семестр, с 14-ой по 15-ую неделю	Изучить необходимые методы обработки экспериментальных данных	8 часов	Доклад, дискуссия по докладу.
<b>6</b>	3 семестр, с 15-ой по 16-ую неделю	Обозначить начальные и граничные условия протекания исследуемого процесса.	8 часов	Доклад, дискуссия по докладу.
<b>7</b>	3 семестр, с 16-ой по 18-ую неделю	Провести оценку погрешностей измерительных приборов.	6 часов	Проверка расчетов. Доклад, дискуссия по докладу.

### **Рекомендации по самостоятельной работе аспирантов**

Аспиранту рекомендуется внимательно изучать материалы каждой лекции, используя при этом основную и вспомогательную литературу, а также интернет источники. Только после этого приступать к выполнению практических заданий, которые следует выполнять своевременно и тщательно проверять расчеты. При выполнении проектных задач рекомендуется анализировать и обосновывать принятые решения.

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы:**

На занятиях аспирантам предоставлена возможность сделать сообщение и презентовать выполненную работу, это оценивается баллами от 1 до 5. Также, преподавателем оценивается тщательность выполненных расчетов баллами от 1 до 5.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**по дисциплине «Методы обработки и оценки результатов эксперимента»**  
**2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха,**  
**газоснабжение и освещение**  
**Форма подготовки очная**

**Владивосток**  
**2022**

## Паспорт ФОС

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства	Знает	основные положения теории подобия и принципы математического моделирования
	Умеет	планировать и выполнять инженерный эксперимент
	Владеет	навыком использования современного исследовательского оборудования и приборов
Владение культурой научного исследования в области строительства, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	Знает	основы культуры научного исследования
	Умеет	использовать информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований
	Владеет	технологией моделирования различных технологических процессов
Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	Знает	основы профессионального изложения результатов научных исследований
	Умеет	профессионально излагать результаты своих исследований в ходе научных конференций и представлять свои исследования в виде презентаций и статей
	Владеет	навыками написания научных статей и создания презентаций для представления результатов исследований
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области строительства	Знает	основы разработки новых методов экспериментальных исследований
	Умеет	разрабатывать новые методы теоретических и экспериментальных исследований и применять новые методы исследований в научной деятельности
	Владеет	навыками разработки и внедрения новых методов теоретических и экспериментальных исследований
Готовность применять современные методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований в области теплогазоснабжения и вентиляции	Знает	методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований;
	Умеет	осуществлять личностный выбор в процессе работы, оценивать последствия принятого решения и нести за него ответственность перед собой, коллегами и обществом
	Владеет	навыками критической оценки эффективности различных методов и технологий проведения научных и прикладных исследований в области

		теплогазоснабжения и вентиляции
Способность владеть междисциплинарным подходом как методологической основой научных исследований; владеть методами полевых и стационарных работ	Знает	методологическую основу проведения междисциплинарных научных исследований
	Умеет	проводить междисциплинарные исследования в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции
	Владеет	навыками проведения полевых и стационарных работ
Готовность использовать результаты современных исследований для анализа и прогноза, использовать новый отечественный и зарубежный опыт в области теплогазоснабжения и вентиляции	Знает	современные направления исследований в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции, основные источники для поиска информации
	Умеет	использовать результаты современных исследований для научно-исследовательской работы
	Владеет	навыками работы с российскими и зарубежными специализированными источниками информации.

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование	
			текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Теория размерностей в экспериментальных исследованиях	Знает	УО-3 Темы сообщений №1,2	№ 1-5
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 3 Перечень тем для дискуссий № 1, 6	№ 6, 8, 9, 10
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 1, 2	№ 7, 11
2	Оценка величины неисключенной погрешности измерения приборов	Знает	УО-3 Темы сообщений № 4	№ 32, 33
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 10 Перечень тем для дискуссий № 2, 3	№ 34, 35
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 3	№ 36, 37, 38
3	Метод наименьших квадратов	Знает	УО-3 Темы сообщений	№ 3, 9, 13

			№ 7	
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 5 Перечень тем для дискуссий № 5	№ 17, 18, 19
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 4	№ 20, 21, 24, 25
4	Регрессионный анализ. Полнофакторный эксперимент. Дробный эксперимент.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 13, 14, 16, 17, 29
		Умеет	УО-3, УО-4 Темы сообщений № 9 Перечень тем для дискуссий № 5, 8	№ 15, 18, 19, 27
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 5	№ 20, 21, 25, 28
5	Ортогональное центральное композиционное планирование.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 12, 23, 24, 29
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 8, 10	№ 25, 26
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 6	№ 30, 31, 37
6	Рототабельное центральное композиционное планирование.	Знает	УО-3 Темы сообщений № 8	№ 12, 23, 24, 29
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 8, 10	№ 25, 26
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 7	№ 30, 31, 37
7	Статистическая обработка экспериментальных данных	Знает	УО-3 Темы сообщений № 5, 8	№ 13, 15, 17, 22, 27, 28, 38
		Умеет	УО-4 Перечень тем для дискуссий № 4, 7, 9, 11, 12, 13, 14	№ 14, 16, 21, 30, 35, 39
		Владеет	ПР-11 Кейс-задачи № 6, 7	№ 18, 20, 25, 31, 37, 40
8	Зачет	Знает	По результатам ответов в устной форме	Вопросы к экзамену №1-40
		Умеет		
		Владеет		

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	Показатели
Владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области строительства	знает (пороговый уровень)	основные положения теории подобия и принципы математического моделирования	знание основные положения теории подобия и принципы математического моделирования	способен сформировать представления о теории подобия и о построении математических моделей различных процессов
	умеет (продвинутый)	планировать и выполнять инженерный эксперимент	умение планировать и выполнять инженерный эксперимент	способен составлять план эксперимента и обрабатывать результаты эксперимента
	владеет (высокий)	навыком использования современного исследовательского оборудования и приборов	владение навыком использования современного исследовательского оборудования и приборов	способен подобрать контрольно-измерительный прибор в зависимости от условий эксперимента и провести измерения, оценить погрешность
Владение культурой научного исследования в области строительства, в том числе с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий	знает (пороговый уровень)	основы культуры научного исследования	знание основы культуры научного исследования	способен сформировать представления об использовании информационно-коммуникационных технологий в научных исследованиях
	умеет (продвинутый)	использовать информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований	умение использовать информационно-коммуникационные технологии для проведения научных исследований	способен использовать моделирующие информационно-коммуникационные технологии
	владеет (высокий)	технологией моделирования различных технологических процессов	владение технологией моделирования различных технологических процессов	способен моделировать процессы из области строительства
Способность профессионально излагать результаты своих исследований и представлять их в виде научных публикаций и презентаций	знает (пороговый уровень)	основы профессионального изложения результатов научных исследований	знание основ профессионального изложения результатов научных исследований	способен сформировать систематические знания основ профессионального изложения результатов научных исследований
	умеет (прод-	профессионально излагать результаты	умение профессионально о излагать результаты	способен профессионально

	вину- тый)	своих исследований в ходе научных конференций и представлять свои исследования в виде презентаций и статей	своих исследований в ходе научных конференций и представлять свои исследования в виде презентаций и статей	излагать результаты своих исследований в ходе научных конференций и представлять свои исследования в виде презентаций и статей
	владеет (высо- кий)	навыками написания научных статей и создания презентаций для представления результатов исследований	владение навыками написания научных статей и создания презентаций для представления результатов исследований	способен применять навыки написания научных статей и создания презентаций для представления результатов исследований
Способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно- исследовательской деятельности в области строительства	знает (порогов ый уро- вень)	основы разработки новых методов экспериментальных исследований	знание основ разработки новых методов экспериментальных исследований	способен систематизировать и применять знания основ разработки новых методов экспериментальных исследований
	умеет (прод- вину- тый)	разрабатывать новые методы теоретических и экспериментальных исследований и применять новые методы исследований в научной деятельности	умение разрабатывать новые методы теоретических и экспериментальных исследований и применять новые методы исследований в научной деятельности	способен разрабатывать и внедрять новые методы теоретических и экспериментальных исследований
	владеет (высо- кий)	навыками разработки и внедрения новых методов теоретических и экспериментальных исследований	владение навыками разработки и внедрения новых методов теоретических и экспериментальных исследований	способен применять навыки разработки и внедрения новых методов теоретических и экспериментальных исследований
Готовность применять современные методы обработки и интерпретации информации при проведении научных и прикладных исследований в области теплогасоснабжен ия и вентиляции	знает (порогов ый уро- вень)	методы проведения современных натурных обследований и модельных исследований	знание методов проведения современных натурных обследований и модельных исследований	способен систематизировать и применять знания методов проведения современных натурных обследований и модельных исследований
	умеет (прод- вину- тый)	анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыш и реализации этих вариантов. при решении исследовательских и практических задач	умение анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов.  умение обобщать полученные	способен анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигры ши реализации этих вариантов. способен обобщать полученные

		обобщать полученные результаты, формулировать выводы и практические рекомендации.	результаты, формулировать выводы и практические рекомендации при решении исследовательских и практических задач.	результаты, формулировать выводы и практические рекомендации при решении исследовательских и практических задач.
	владеет (высокий)	навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	владение навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	способен применять технологии критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач.
Способность владеть междисциплинарным подходом как методологической основой научных исследований; владеть методами полевых и стационарных работ	знает (пороговый уровень)	методологическую основу проведения междисциплинарных научных исследований	знание методологической основы проведения междисциплинарных научных исследований	способен применять знания методологической основы проведения междисциплинарных научных исследований
	умеет (продвинутый)	проводить междисциплинарные исследования в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции	умение проводить междисциплинарные исследования в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции	способен проводить междисциплинарные исследования в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции
	владеет (высокий)	навыками проведения полевых и стационарных работ	владение навыками проведения полевых и стационарных работ	способен применять навыки проведения полевых и стационарных работ, планирования процесса производства исследовательских работ
Готовность использовать результаты современных исследований для анализа и прогноза, использовать новый отечественный и зарубежный опыт в области теплогазоснабжения и вентиляции	знает (пороговый уровень)	современные направления исследований в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции, основные источники для поиска информации	знание современных направлений исследований в различных областях теплогазоснабжения и вентиляции, основных источников для поиска информации	способен применять знания современных направлений исследований в одной из областей теплогазоснабжения и вентиляции
	умеет (продвинутый)	использовать результаты современных исследований для научно-исследовательской работы	умение использовать результаты современных исследований для научно-исследовательской работы	способен использовать результаты современных исследований для научно-исследовательской работы

	владеет (высокий)	навыками работы с российскими и зарубежными специализированным и источниками информации.	владение навыками работы с российскими и зарубежными специализированными источниками информации.	способен применять навыки работы с российскими и зарубежными специализированными источниками информации, в том числе на иностранных языках
--	-------------------	--	--	--

### **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация аспирантов.** Текущая аттестация аспирантов по дисциплине «Методы обработки и оценки результатов эксперимента» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине проводится в форме контрольных мероприятий (посещения занятия, выступления с докладом, участие в дискуссиях, устного опроса, выполнения контрольных заданий) по оцениванию фактических результатов обучения аспирантов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

**Промежуточная аттестация аспирантов.** Промежуточная аттестация аспирантов по дисциплине «Методы обработки и оценки результатов эксперимента» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Согласно учебному плану видом промежуточной аттестации по дисциплине предусмотрен экзамен.

Устный опрос на экзаменационном занятии проводится в форме собеседования по списку вопросов, составленных на основе тем курса.

**Критерии оценки (устного доклада, сообщения, дискуссий, в том числе выполненных в форме презентаций):**

- ✓ 100-86 баллов выставляется аспиранту, если аспирант выразил своё мнение по сформулированной проблеме, аргументировал его, точно определив ее содержание и составляющие. Приведены данные отечественной и зарубежной литературы. Аспирант знает и владеет навыком

самостоятельной исследовательской работы по теме исследования; методами и приемами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; графически работа оформлена правильно.

✓ 85-76 - баллов - работа характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения; допущено не более 1 ошибки при объяснении смысла или содержания проблемы. Для аргументации приводятся данные отечественных и зарубежных авторов. Продемонстрированы исследовательские умения и навыки. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет. Допущены одна-две ошибки в оформлении работы

✓ 75-61 балл – аспирант проводит достаточно самостоятельный анализ основных этапов и смысловых составляющих проблемы; понимает базовые основы и теоретическое обоснование выбранной темы. Привлечены основные источники по рассматриваемой теме. Допущено не более 2 ошибок в смысле или содержании проблемы, оформлении работы

✓ 60-50 баллов - если работа представляет собой пересказанный или полностью переписанный исходный текст без собственных комментариев, анализа. Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Допущено три или более трех ошибок в смысловом содержании раскрываемой проблемы, в оформлении работы.

### **Критерии оценки (письменный ответ) кейс-задач**

✓100-86 баллов (отлично) - если задания имеют глубокую и систематическую проработку, получено верное решение с подробной выкладкой хода решения, что показывает знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Аспирант демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой.

✓85-76 - баллов (хорошо) - если задания решены правильно без подробной выкладки хода решения, при этом аспирант демонстрирует знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы.

✓75-61 - балл (удовлетворительно) – если аспирант допустил незначительные ошибки при выполнении заданий, показал фрагментарные,

поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – если аспирант допустил серьезные ошибки при выполнении заданий, показал незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат.

**Критерии выставления оценки аспиранту на экзамене по дисциплине «Методы обработки и оценки результатов эксперимента»:**

Оценка экзамена	Требования к сформированным компетенциям
<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение.
<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при обосновании своих ответов.
<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## Оценочные средства для текущей аттестации

### УО-3 Темы сообщений, докладов

по дисциплине Методы планирования и обработки результатов эксперимента  
(наименование дисциплины)

1. Научные основы физического моделирования;
2. Основные этапы и принципы моделирования.
3. Практическое использование метода анализа размерностей в экспериментальных исследованиях;
4. Планирование точности измерений при подготовке эксперимента;
5. Законы распределения случайных функций, используемых при статистической обработке результатов эксперимента;
6. Выделение существенных факторов;
7. Практическое применение метода наименьших квадратов.
8. Практическое применение регрессионного анализа модели.
9. Выбор граничных и начальных условий протекания процесса.
10. Погрешности средств измерения и их нормирование.

### УО-4 Перечень тем для дискуссий

по дисциплине Методы планирования и обработки результатов эксперимента  
(наименование дисциплины)

1. Принципы создания физических и математических моделей;
2. Современные средства измерений в экспериментальных исследованиях;
3. Наиболее распространенные законы распределения случайных величин;
4. Общие принципы и методика корреляционного анализа;
5. Общие принципы и методика регрессионного анализа;
6. Значимые эксперименты в физике с точки зрения теории планирования эксперимента.
7. Дисперсионный анализ и области его применения;

8. Особенности полнофакторного и дробнофакторного эксперимента.
9. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий;
10. Отличие ортогонального центрального композиционного планирования от рототабельного;
11. Экспертные оценки в инженерных экспериментах.
12. Использование программного комплекса STATISTICA для обработки результатов эксперимента;
13. Использование программного комплекса Origin для представления графических результатов эксперимента.
14. Использование программного комплекса MSExcel для представления графических результатов эксперимента.

### ПР-11 Кейс-задачи

по дисциплине Методы планирования и обработки результатов эксперимента  
(наименование дисциплины)

#### Задания:

1. Получить критериальное уравнения в условиях конвективного теплообмена при вынужденном движении жидкости.
2. Получить формулу для определения потерь давления на трение при движении жидкости по трубе.
3. Оценить максимальную погрешность прямых измерений для приборов, приведенных в таблице 1, и погрешности косвенных измерений в соответствии с данными таблицы 2.

Таблица 1 - Характеристика приборов измерения

Наименование прибора	Характеристика прибора
Измерителя плотности теплового потока ИТП-МГ4.03/Х(У) «ПОТОК»	диапазон измерений: - каналов плотности теплового потока 10...999 Вт/м <sup>2</sup> ; - каналов температуры -30...+100°C; цена деления 0,1 °C; относительная погрешность при измерении плотности теплового потока ±6 %; абсолютная погрешность при измерении температуры ±0,2 °C.
Измеритель микропроцессорный двухканальный 2ТРМО (с термометрами сопротивления)	диапазон измерения -50...+150 °C; цена деления 0,1 °C; относительная погрешность измерения ±0,25 %.

ДТС054-50М.ВЗ.60/2)	
Водосчетчик универсальный (МЕТЕР СВ-15 )	диапазон измерения 0,03...3 (м <sup>3</sup> /ч); цена единицы младшего разряда 0,0001 м <sup>3</sup> ; допустимая погрешность измерения в диапазоне G <sub>min</sub> -G <sub>t</sub> (переходный)±5 %; допустимая погрешность измерения в диапазоне G <sub>t</sub> -G <sub>max</sub> ±2 %;
Термометр контактный цифровой ТК-5.09	диапазон измерения -40...+200 °С; цена деления 0,1 °С; абсолютная погрешность измерения ±0,5 °С.
Лабораторный ртутный термометр ТЛС-2	диапазон измерения 0...+55 °С; цена деления 0,1 °С; абсолютная погрешность измерения ±0,05 °С.
Электронный датчик температуры ТРМ-10	диапазон измерения -50...+120 °С; цена деления 0,1 °С; абсолютная погрешность измерения ±1 °С.

Таблица 2 - Оценка погрешностей косвенных измерений

Аргументы	Формула определяющей функции	Базовое значение аргумента
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	$\rho = -0,011 \cdot t^2 - 0,041 \cdot t + 1019$	1017,36
$c$ , Дж/кг·К	$c = 0,031 \cdot t^2 - 1,653 \cdot t + 4053$	4039,17
$\lambda$ , Вт/м·К	$\lambda = 1 \cdot 10^{-6} \cdot t^3 - 8 \cdot 10^{-5} \cdot t^2 + 0,002 \cdot t + 0,489$	0,503
$\mu$ , мПа·с	$\mu = 0,002 \cdot t^2 - 0,155 \cdot t + 4,2$	2,793
$\nu$ , м <sup>2</sup> /с	$\nu = \mu / \rho$	$2,75 \cdot 10^{-6}$
$a$ , м <sup>2</sup> /с	$a = \lambda / c \rho$	$1,224 \cdot 10^{-7}$
$G$ , кг/с	$G = (L \cdot \rho) / 3600$	0,23
$D_T$ , мм	$D_T = 10T / \pi$	20,1
$d_T$ , мм	$d_T = D_T - 2 \cdot l_T$	16
$D_{об}$ , мм	$D_{об} = 10o_{об} / \pi$	160,0
$d_{об}$ , мм	$d_{об} = D_{об} - 2 \cdot l_{об}$	152
$D_H$ , мм	$D_H = 10H / \pi$	315,0
$d_H$ , мм	$d_H = D_H - 2 \cdot l_H$	299,6
$F$ , м <sup>2</sup>	$F = \pi \cdot D_T \cdot H_T$	0,1263
$\omega$ , м/с	$\omega = 4G / (\pi \cdot d_T^2 \cdot \rho)$	1,11
$Q$ , Вт	$Q = q \cdot F$	36
	$Q = G \cdot c \cdot (t_{жид2} - t_{жид1})$	
$q_l$ , Вт/м	$q_l = Q / H_T$	18
$\alpha$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha = Q / (H_T \cdot \pi \cdot d_T \cdot (t_{ст} - t_{жид}))$	1600
$Re$	$Re = (\omega \cdot d_T) / \nu$	6498
$Pr$	$Pr = \nu / a$	22,5
$Nu$	$Nu = \alpha \cdot d_T / \lambda$	70

4. Используя метод наименьших квадратов получить регрессионные линейные уравнения для следующих вариантов:

- ✓ 1 вариант - зависимость коэффициента теплопроводности от плотности и влажности;
- ✓ 2 вариант - зависимость теплоемкости от плотности и влажности;
- ✓ 3 вариант - зависимость температуропроводности от плотности и влажности.

Данные для задач приведены в таблице 3.

Таблица 3. Данные для кейс-задачи 4.

	X1	X2	1 вариант Y1	2 вариант Y2	3 вариант Y3
№	Плотность	Влажность, %	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	Теплоемкость, 10 <sup>6</sup> , Дж/м <sup>3</sup> ·К	Температур опроводнос ть, м <sup>2</sup> /с
1	1330	7,71	0,488	1,465	3,333
2	1315	8,12	0,454	1,471	3,083
3	1385	14,41	0,593	1,825	3,250
4	1335	14,9	0,582	1,745	3,333
5	1369	15,01	0,570	1,724	3,306
6	1438	14,93	0,523	1,728	3,028
7	1489	20,32	0,744	2,045	3,639
8	1456	21,22	0,651	2,021	3,222
9	1530	21,26	0,709	2,111	3,361
10	1577	23,03	0,826	2,218	3,722
11	1585	24,73	0,872	2,136	4,083
12	1641	10,02	0,872	1,836	4,750
13	1698	11,66	0,919	1,957	4,694
14	1685	11,94	0,919	1,969	4,667
15	1658	13,67	0,907	1,979	4,583
16	1615	22,06	0,721	2,200	3,278
17	1672	24,98	0,837	2,374	3,528
18	1645	25,41	0,930	2,279	4,083
19	1788	9,92	0,919	1,969	4,667
20	1796	10,16	0,919	1,981	4,639
21	1785	12,79	0,896	2,028	4,417
22	1718	18,77	0,954	2,201	4,333
23	1773	19,64	0,942	2,291	4,111

24	1776	20,1	1,163	2,326	5,000
25	1824	12,95	0,942	2,106	4,472
26	1892	18,34	1,210	2,341	5,167
27	1815	20,2	1,140	2,279	5,000
28	1872	24,07	1,337	2,508	5,333
29	1893	24,69	1,291	2,553	5,056
30	1943	19,3	1,233	2,412	5,111
31	1952	21,92	1,349	2,530	5,333
32	1941	22,12	1,303	2,508	5,194
33	1948	22,41	1,419	2,529	5,611
34	1928	22,64	1,349	2,516	5,361
35	1901	24,7	1,442	2,545	5,667
36	1917	25,4	1,430	2,588	5,528

5. Используя методику регрессионного анализа, основанную на многофакторном ортогональном планировании первого порядка, обосновать условия проведения опытов для экспериментального получения числовых значений коэффициентов критериального уравнения теплоотдачи пластинчатого водо-водяного теплообменника. Провести статистическую оценку погрешностей, полученной математической модели.

6. Для получения математической зависимости теплового потока  $q$  (Вт/м) от трех факторов: расхода теплоносителя  $G$  (0,17 - 0,23 кг/с), теплопроводности наполнителя скважины  $\lambda_{\text{нап}}$  (1,05 - 1,17 Вт/м·К) и температуры входа рабочей жидкости  $t_{\text{вх}}$  (+10,4 - +11,6 °С), провести планирование эксперимента с использованием ортогонального центрального композиционного плана и провести статистическую обработку и анализ экспериментальных данных.

7. Для получения математической зависимости теплового потока  $q$  (Вт/м) от трех факторов: расхода теплоносителя  $G$  (0,17 - 0,23 кг/с), теплопроводности наполнителя скважины  $\lambda_{\text{нап}}$  (1,05 - 1,17 Вт/м·К) и температуры входа рабочей жидкости  $t_{\text{вх}}$  (+10,4 - +11,6 °С), провести планирование эксперимента с использованием рототабельного центрального композиционного плана и провести статистическую обработку и анализ экспериментальных данных.

## Оценочные средства для промежуточной аттестации

### Перечень вопросов к зачету

по дисциплине Методы планирования и обработки результатов эксперимента

1. Что такое эксперимент? Какова его роль в инженерной практике?
2. В чем отличие физического моделирования от математического?
3. Дайте определение следующим терминам: опыт, фактор, уровень фактора, отклик.
4. Какие существуют формы подобию?
5. Что такое критерии подобию? Перечислите основные критерии подобию?
6. Как формулируется  $\pi$  – теорема? Приведите пример использования.
7. Как определится размерность произведения давления  $P$ , Па, на изменение объема  $V$ , м<sup>3</sup>, при движении поршня в цилиндре?
8. Сформулируйте третью теорему подобию? Приведите примеры подобию сложных систем.
9. Зачем нужна модель при проведении инженерного эксперимента?
10. Какие требования предъявляются к моделям?
11. Перечислите этапы создания математической модели.
12. В чем особенность многокритериальной математической модели? Какие существуют методы решения многокритериальных задач?
13. В чем отличие основной статической гипотезы от альтернативной?
14. С помощью каких критериев производится отсев грубых погрешностей?
15. Что такое критерий согласия? Какова основная идея его использования при проверке гипотез о виде функции его распределения?
16. В каких случаях применяют критерий согласия Пирсона?
17. Что такое критерий Фишера?
18. Для чего используется критерий Стьюдента?
19. В каких случаях используют регрессионный анализ?
20. В чем состоит проверка адекватности регрессионной модели?
21. На чем базируется проверка значимости коэффициентов регрессии?
22. В чем отличие дисперсионного анализа от корреляционного?

23. Перечислите свойства ортогональных планов эксперимента.
24. В чем состоит задача математической теории планирования эксперимента?
25. В чем состоит кодирование факторных переменных и какова его цель?
26. Из каких этапов состоит последовательность проведения активного эксперимента?
27. Чем отличается полный факторный эксперимент от полного факторного эксперимента типа  $2^k$ ?
28. Каковы свойства дробного факторного эксперимента и в чем их отличие от полного факторного эксперимента?
29. Из каких соображений выбирают основные факторы, уровни, интервалы варьирования факторов при проведении полного факторного эксперимента и дробного факторного эксперимента?
30. С какой целью композиционный план приводят к ортогональному виду?
31. В чем заключаются причины неадекватности математической модели? Как производится оценка адекватности?
32. Перечислите основные метрологические характеристики измерительных приборов.
33. Динамические характеристики измерительных приборов.
34. В чем отличие приборов прямого от уравновешенного преобразования?
35. Как определить класс точности прибора? Что он из себя представляет?
36. Какие существуют виды измерений физической величины?
37. Что такое доверительный интервал? Что такое доверительная вероятность?
38. Какие существуют виды погрешностей при измерении физической величины?
39. Что понимают под наивыгоднейшим условием проведения эксперимента?
40. В чем заключается цель решения обратной задачи теории экспериментальных погрешностей?