

15г.

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего профессионального образования**  
**«Владимирский государственный университет**  
**имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»**  
**(ВлГУ)**



**УТВЕРЖДАЮ**  
**проректор**  
 по учебно-методической работе  
 \_\_\_\_\_ А. А. Панфилов  
 « 12 » 02 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

«Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных»

Направление подготовки: 13.04.03 – энергетическое машиностроение  
 Профиль подготовки: двигатели внутреннего сгорания  
 Уровень высшего образования: магистратура  
 Форма обучения: очная

Семестр	Трудо-емкость зач. ед., час.	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работы, час	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачет)
1	5/180	18	18	-	108	экз. (36)
Итого	5/180	18	18	-	108	экз. (36)

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных в энергомашиностроении» являются:

- ознакомление студентов с теорией инженерного эксперимента, обеспечивающего качественное проведение лабораторных работ и научных исследований, в том числе на промышленных предприятиях;
- формирование научно обоснованного подхода к проведению экспериментальных исследований и, прежде всего, их точности на основе знаний закономерностей протекания процессов в энергетическом машиностроении;
- обучение умению обеспечить требуемые качественные измеряемые показатели в процессе экспериментального исследования;
- воспитание ответственности за правильное и рациональное оформления результатов проведения экспериментальных исследований.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных в энергомашиностроении» относится к разделу Б1.В.ОД структуры ОПОП магистратуры.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями высшей математики (разделы теории вероятностей и математической статистики), информатики, метрологии, стандартизации и сертификации, термодинамики, теории рабочих процессов поршневых двигателей, конструировании двигателей, основ научных исследований и испытаний двигателей, систем двигателей, а также пройти производственную практику на машиностроительном предприятии.

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных в энергомашиностроении» дает студентам представление о методах организации и проведения экспериментальных исследований. Для понимания появления погрешности при измерениях, студенты должны вспомнить сведения о теории случайных процессов, о вероятностных представлениях результатов экспериментальных исследований.

Материал дисциплины «Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных» позволяет студентам обоснованно назначить измеряемые параметры и показатели, а также правильно обработать результаты экспериментальных исследований с помощью прикладных программ на ПЭВМ.

Дисциплина «Теория инженерного эксперимента и обработки экспериментальных данных в энергомашиностроении» закладывает основы для выполнения научных исследований при подготовке магистерской диссертации.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования:

- 1) Знать: современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных энергетических установок с прогрессивными показателями качества (ПК-3).
- 2) Уметь: применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2).
- 3) Владеть: навыками применения современных методов исследования (ОПК-2) при проектировании конкурентоспособных энергетических установок (ПК-3).

### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов, из них промежуточный контроль (экзамен) – 1 зачетная единица, 36 часов.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)							Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах / %)	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	СРС	КП / КР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1.	Понятие эксперимента; цели и задачи эксперимента; физический и вычислительный эксперимент. Природа случайных ошибок.	1	1	1	1			2		1 (50%)		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2.	Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований. Понятие о генеральной совокупности и выборке. Оценка числовых характеристик и параметров распределения. Распределение выборочных характеристик. Доверительные интервалы. Доверительная область для функции распределения. Определение объема испытаний.	1	2 - 3	2	2			20			2 (50%)	
3.	Проверка статистических гипотез при анализе результатов экспериментальных исследований. Критерии для отбрасывания резко выделяющихся результатов. Критерии равенства двух дисперсий нормально распределенных случайных величин. Критерий равенства ряда средних значений. Однофакторный дисперсионный анализ. Непараметрические критерии для проверки статистических гипотез. Критерии согласия, проверка гипотез в виде функции распределения.	1	4 - 5	2	2			8			2 (50%)	рейтинг-контроль №1
4.	Линейные формулы для погрешности результата измерений. Погрешности результатов в случае распределений, отличных от нормального. Погрешности и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного. Определение показателей точности для произвольной функции.	1	6 - 7	2	2			8			2 (50%)	
5.	Регрессионный и корреляционный анализ результатов экспериментальных исследований. Связь между случайными величинами. Коэффициент корреляции при нормальном распределении величин. Непараметрическая мера связи. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Линейный регрессионный анализ для случая одной независимой величины.	1	8 - 9	2	2			20			2 (50%)	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6.	Аппроксимация и интерполяция экспериментальных зависимостей. Линейная, билинейная и трилинейная интерполяция. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Сплайн-интерполяция. Сглаживание экспериментальных данных.	1	10-11	2	2			20		2 (50%)	рейтинг-контроль №2
7.	Дифференцирование и интегрирование экспериментальных зависимостей.	1	12-13	2	2			16		2 (50%)	
8.	Уменьшение набора переменных. Анализ размерностей. Теорема Букингема. П-теорема. Выбор безразмерных комбинаций и переменных. Метод последовательного исключения размерностей. Выбор основных размерностей. Применение анализа размерностей при проведении экспериментов.	1	14-15	2	2			4		2 (50%)	
9.	Особенности использования средств вычислительной техники в процессе экспериментальных исследований и обработки экспериментальных данных в энергомашиностроении.	1	16-18	3	3			10		3 (50%)	рейтинг-контроль №3
Итого				18	18			108		18 (50%)	экзамен – 36ч.

## 5. Образовательные технологии

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.04.03 – энергетическое машиностроение, реализация компонентного подхода предусматривает использование в процессе проведения практических занятий активных и интерактивных форм проведения занятий. С этой целью предусмотрено проведение *компьютерных симуляций* процесса проведения экспериментов в области энергетического машиностроения, подготовлены *интерактивные слайд-шоу* описывающие особенности методик обработки результатов экспериментальных исследований, предусмотрен *разбор конкретных ситуаций*, возникающих в процессе проведения научного и инженерного эксперимента и обработки их результатов.

В рамках учебного курса планируются встречи студентов со специалистами, проводящими НИОКР в области энергетического машиностроения, работающими на ведущих научных и производственных предприятиях региона, а также с преподавателями и сотрудниками университета, активно участвующими в проведении научных исследований. Студентам выдается раздаточный материал (сложные схемы, чертежи и т.д.) с целью уменьшения затрат времени на оформление студентами чертежей и рисунков.

Используются методы проблемного обучения – организация учебных занятий, которые предполагают создание под руководством преподавателя проблемных ситуаций и активную самостоятельную деятельность студентов по их разрешению, в результате чего и происходит творческое овладение профессиональными знаниями, навыками, умениями и развитие мыслительных способностей.

#### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

В процессе изучения дисциплины используются различные методы контроля. На лекционных и практических занятиях проводится перекрестный опрос студентов с целью выяснения, как они усвоили предыдущий материал.

На практических занятиях студенты, под руководством преподавателя, самостоятельно выполняют индивидуальные задания, связанные с выполнением выпускной квалификационной работы. Изложение лекционного материала и практические занятия направлены на то, чтобы выработать у студентов требуемые компетенции и подготовить их к выполнению выпускной квалификационной работы.

В соответствии с «Положением о рейтинговой системе комплексной оценки знаний студентов во Владимирском государственном университете имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ)» одобренным НМС ВлГУ 16.05.2013 г. (протокол №9) и утвержденным ректором ВлГУ 17.05.2013 г. проводится рейтинг-контроль.

Проверка выполненной самостоятельной работы студентов проводится на практических занятиях.

#### **Контрольные экзаменационные вопросы.**

1. Понятие эксперимента; цели и задачи эксперимента; физический и вычислительный эксперимент. Природа случайных ошибок.

2. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований. Понятие о генеральной совокупности и выборке. Оценка числовых характеристик и параметров распределения. Распределение выборочных характеристик. Доверительные интервалы. Доверительная область для функции распределения. Определение объема испытаний.
3. Погрешность и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного. Определение показателей точности для произвольной функции. Линейные формулы для погрешности результата измерений. Погрешности результатов в случае распределений, отличных от нормального
4. Уменьшение набора переменных. Анализ размерностей. Теорема Букингема. П-теорема. Выбор безразмерных комбинаций и переменных. Метод последовательного исключения размерностей. Выбор основных размерностей. Применение анализа размерностей при проведении экспериментов.
5. Проверка статистических гипотез при анализе результатов экспериментальных исследований. Критерии для отбрасывания резко выделяющихся результатов. Критерии равенства двух дисперсий нормально распределенных случайных величин. Критерий равенства ряда средних значений. Однофакторный дисперсионный анализ. Непараметрические критерии для проверки статистических гипотез. Критерии согласия, проверка гипотез в виде функции распределения.
6. Регрессионный и корреляционный анализы результатов экспериментальных исследований. Связь между случайными величинами. Коэффициент корреляции при нормальном распределении величин. Непараметрическая мера связи. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена. Линейный регрессионный анализ для случая одной независимой величины.
7. Погрешности и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного. Определение показателей точности для произвольной функции. Применение общего уравнения. Планирование экспериментальных исследований с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенности результата с помощью графиков и диаграмм.
8. Погрешности и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного. Определение показателей точности для произвольной функции. Применение общего уравнения. Планирование экспериментальных исследований с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенности результата с помощью графиков и диаграмм.
9. Математический анализ данных. Понятие модели в прикладном исследовании. Требование адекватности. Влияние не учитываемых факторов. Требование простоты и оптимальности. Феноменологические и полуэмпирические законы.

## Задание на рейтинг-контроль

### 1-й рейтинг-контроль

1. Оценка числовых характеристик и параметров распределения. Распределение выборочных характеристик. Доверительные интервалы. Доверительная область для функции распределения. Определение объема испытаний.
2. Проверка статистических гипотез при анализе результатов экспериментальных исследований. Критерии для отбрасывания резко выделяющихся результатов.
3. Критерии равенства двух дисперсий нормально распределенных случайных величин. Критерий равенства ряда средних значений.
4. Однофакторный дисперсионный анализ. Непараметрические критерии для проверки статистических гипотез. Критерии согласия, проверка гипотез в виде функции распределения.

### 2-й рейтинг-контроль

1. Погрешность и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного.
2. Определение показателей точности для произвольной функции. Линейные формулы для погрешности результата измерений.
3. Погрешности результатов в случае распределений, отличных от нормального.
4. Регрессионный и корреляционный анализы результатов экспериментальных исследований. Связь между случайными величинами.
5. Коэффициент корреляции при нормальном распределении величин. Непараметрическая мера связи. Коэффициент ранговой корреляции Спирмена.
6. Линейный регрессионный анализ для случая одной независимой величины.
7. Погрешности и неопределенность эксперимента в целом. Показатель точности произведения или частного.

### 3-й рейтинг-контроль

1. Уменьшение набора переменных. Анализ размерностей.
2. Теорема Букингема. П-теорема. Выбор безразмерных комбинаций и переменных. Метод последовательного исключения размерностей.
3. Выбор основных размерностей. Применение анализа размерностей при проведении экспериментов.
4. Математический анализ данных. Понятие модели в прикладном исследовании. Требование адекватности. Влияние не учитываемых факторов. Требование простоты и оптимальности. Фенологические и полуэмпирические законы.



Предложение по распределению баллов рейтинг-контроля приведено в ФОС. По окончании изучения курса студенты сдают экзамен.

### Самостоятельная работа студентов

СРС заключается в проработке учебной и научной литературы по теме занятий, поиске и обработке, по согласованию с научным руководителем, информации необходимой для подготовки выпускной квалификационной работы (магистерской диссертации). Написании, по обработанному таким образом самостоятельно материалу, рефератов, подготовке и проведению докладов. Тематика СРС выбирается индивидуально для каждого обучающегося и согласовывается с научным руководителем.

Содержание СРС должно охватывать следующие темы:

1. Определение абсолютной и относительной погрешностей результатов экспериментальных исследований при прямых и косвенных измерениях.
2. Приближенные вычисления. Погрешность приближенных вычислений.
3. Использование коэффициента парной корреляции для выявления вероятностной связи между двумя величинами.
4. Использование коэффициента множественной корреляции для выявления связи между тремя и более величинами. Использование частного коэффициента корреляции для оценки степени влияния величин друг на друга.
5. Вычисление коэффициентов линейной регрессии. Выбор вида нелинейной регрессии, вычисление коэффициентов нелинейной регрессии.
6. Линейная, кусочно-линейная, билинейная и трилинейная интерполяция.
7. Интерполяция многочленом Лагранжа в случае произвольного и равномерного расположения узлов.
8. Сплайн-интерполяция. Локальные и глобальные сплайны.
9. Обратная интерполяция и экстраполяция.
10. Сглаживание эмпирических зависимостей.
11. Дифференцирование эмпирических зависимостей. Построение схем численного дифференцирования результатов экспериментальных исследований.
12. Численное интегрирование эмпирических зависимостей.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература

1. Основы научных исследований. Организация и планирование эксперимента [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Р. Г. Сафин, А. И. Иванов, Н. Ф. Тимербаев // –М.:КНИТУ, 2013.
2. Численные методы (7-е изд.) [Электронный ресурс]: Учебник / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков // –М.:БИНОМ, 2012.
3. Карманов Ф. И., Острейковский В. А. Статистические методы обработки экспериментальных данных. Лабораторный практикум с использованием пакета MathCad [Электронный ресурс]: Учебное пособие. –М.:Абрис, 2012.

б) Дополнительная литература

1. Зализняк В. Е., Щепановская Г. И. Теория и практика по вычислительной математике [Электронный ресурс]: Учебное пособие. –Красноярск:СФУ, 2012.
2. Яковлев В. П. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс]: Учебное пособие. –М.:Дашков и К, 2012.
3. Семенов Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и технологиях, 2-е изд.: Учебное пособие. –М.:Лань, 2013.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Для проведения лекционных и практических занятий разработаны интерактивные слайд-шоу. Во время самостоятельной работы студенты имеют возможность использовать вычислительную технику и ПО MATPLAB™, лицензированное ВлГУ.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» и профилю подготовки «Энергетическое машиностроение» утвержденному приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1501 от 21.11.2014 г., применительно к учебному плану направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (уровень высшего образования — магистратура), утвержденного ректором ВлГУ 04.02.2015 г.

Рабочую программу составил доцент кафедры ТДиЭУ, к.т.н.  А. Ю. Абаляев

Рецензент:

  
Главный специалист ООО «ЗИП „КТЗ“ г. Владимир, г.т.н.

 А. П. Ковалчук

Программа одобрена на заседании кафедры «Тепловые двигатели и энергетические установки». Протокол № 19 от « 10 » 02 2015 года.

Заведующий кафедрой ТД и ЭУ  В.Ф. Гуськов

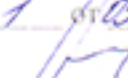
Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.04.03 «Энергетическое машиностроение» (квалификация магистр).

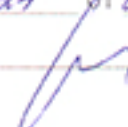
" 12 " 02 2015 г., протокол № 1 от \_\_\_\_\_


Председатель комиссии  В. Ф. Гуськов

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 2016/2017 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 2 от 06.09.16 года  
Заведующий кафедрой  Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2017/2018 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 05.09.17 года  
Заведующий кафедрой  В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2018/2019 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 24 от 04.09.18 года  
Заведующий кафедрой  В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на 2019/2020 учебный год  
Протокол заседания кафедры № 1 от 03.09 2019 г.  
Заведующий кафедрой  В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов

Рабочая программа одобрена на \_\_\_\_\_ учебный год  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.  
Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.Ф. Гуськов