

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В. Г. ШУХОВА»  
(БГТУ им. В. Г. Шухова)



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины (модуля)

Экспериментальные исследования и методы их обработки

Направление подготовки (специальность):

27.03.04 Управление в технических системах

Направленность программы (профиль, специализация):

Управление и информатика в технических системах

Квалификация:

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт Энергетики, информационных технологий и управляющих систем

Кафедра Технической кибернетики

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования 27.03.04 Управление в технических системах (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 871 от 31 июля 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В. Г. Шухова в 20 21 году.

Составитель (составители):

канд. техн. наук, доц.  
(ученая степень и звание)

  
(подпись)

Е. Б. Кариков  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 20 21 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень и звание)

  
(подпись)

В. Г. Рубанов  
(инициалы, фамилия)

Рабочая программа согласована с выпускающей(ими) кафедрой(ами)

Технической кибернетики

(наименование кафедры/кафедр)

Заведующий кафедрой:

д-р техн. наук, проф.  
(ученая степень и звание)

  
(подпись)

В. Г. Рубанов  
(инициалы, фамилия)

« 14 » мая 20 21 г.

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » мая 20 21 г., протокол № 9

Председатель:

канд. техн. наук, доц.  
(ученая степень и звание)

  
(подпись)

А. Н. Семернин  
(инициалы, фамилия)

## 1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Категория (группа) компетенций	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине
Совершенствование профессиональной деятельности	ОПК-9 Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств	ОПК-9.1. Создает, анализирует и обрабатывает результаты вычислительного эксперимента с применением современных программных средств и инструментов	<p><b>Знать:</b> основные понятия и классификации моделей и принципов моделирования; подходы к сбору и обработке информации об объекте; принципы проверки адекватности построения модели и ее соответствия поведения объекту реального мира; теоретические основы применения статистических методов; методы сбора, анализа и обработки экспериментальных данных.</p> <p><b>Уметь:</b> строить математические модели объектов с использованием классических и интеллектуальных подходов; применять на практике способы взаимодействия с объектом для получения исходных данных для моделирования; проводить классификацию экспериментов, выбирать необходимые факторы и составлять факторные планы экспериментов различного вида; выполнять оптимальное планирование экспериментов с использованием различных критериев; уметь использовать статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности</p> <p><b>Владеть:</b> навыками создания, анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента с применением современных программных средств и инструментов; навыками подготовки научных публикаций и докладов по результатам моделирова-</p>

			ния процессов и систем; навыками выбора основных факторов эксперимента и построения факторных планов; навыками построения планов 2-го порядка для экспериментов; навыками подбора эмпирических зависимостей для экспериментальных данных; оценки коэффициентов регрессионной модели эксперимента
--	--	--	--

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**1. Компетенция ОПК-9** Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами.

Стадия	Наименования дисциплины
1	Экспериментальные исследования и методы их обработки
2	Производственная проектная практика

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зач. единиц, 108 часов.

Форма промежуточной аттестации дифференцированный зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 7
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	
<b>Контактная работа (аудиторные занятия), в том числе:</b>	<b>53</b>	<b>53</b>
лекции	17	17
лабораторные	17	17
практические	17	17
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
<b>Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:</b>	<b>55</b>	<b>55</b>
курсовой проект	0	0
курсовая работа	0	0
расчетно-графическое задание	0	0
индивидуальное домашнее задание	0	0
самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	55	55
экзамен	0	0

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Наименование тем, их содержание и объем

Курс 4. Семестр 1

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
<b>1. Численные методы обработки экспериментальных данных</b>					
	Интерполяция функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционные многочлены Ньютона. Погрешность многочленов интерполяции. Организация вычислений с использованием ПК. Интерполяция сплайнами. Кубический сплайн.	5	5	5	5
<b>2. Основы теории планирования эксперимента при проведении исследований</b>					
	Построение регрессионной модели исследуемого объекта. Понятие полного и дробного факторного эксперимента. Обработка результатов эксперимента. Проверка однородности по критерию Кохрена. Проверка гипотезы по критерию Стьюдента. Проверка адекватности по критерию Фишера. Построение двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели. Применение полного факторного эксперимента при проведении научных исследований. Интерполяция и аппроксимация результатов исследований.	6	6	6	6
<b>3. Использование элементов дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента.</b>					
	Статистическая идентификация линейных стационарных объектов. Применения уравнения Винера-Хопфа. Спектральные методы идентификации.	6	6	6	5
	<b>ВСЕГО</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>17</b>	<b>16</b>

### 4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №7				
1	Численные методы обработки экспериментальных данных	1. Интерполяция функций. Интерполяционный многочлен Лагранжа. Интерполяционные многочлены Ньютона.	4	8

		2. Интерполяция сплайнами. Кубический сплайн.		
2	Основы теории планирования эксперимента при проведении исследований	1. Построение регрессионной модели исследуемого объекта. Понятие полного и дробного факторного эксперимента. 2. Проверка однородности по критерию Кохрена. Проверка гипотезы по критерию Стьюдента. Проверка адекватности по критерию Фишера. 3. Построение двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели. 4. Применение полного факторного эксперимента при проведении научных исследований. Интерполяция и аппроксимация результатов исследований.	8	8
3	Использование элементов корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента	1. Статистическая идентификация линейных стационарных объектов. 2. Применения уравнения Винера-Хопфа.	5	6
<b>ИТОГО</b>			<b>17</b>	<b>22</b>

### 4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1.	Численные методы обработки экспериментальных данных	1. Оценка качества переходных процессов линейных объектов и систем управления.	4	7
2.	Основы теории планирования эксперимента при проведении исследований	2. Построение регрессионной модели исследуемого объекта. Понятие полного и дробного факторного эксперимента. 3. Проверка однородности по критерию Кохрена. Проверка гипотезы по критерию Стьюдента. Проверка адекватности по критерию Фишера. 4. Построение двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели.	10	7
3.	Использование элементов корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента	5. Идентификация динамических моделей объектов и систем управления.	3	3
<b>ИТОГО:</b>			<b>17</b>	<b>17</b>

#### 4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

#### 4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий

Не предусмотрено учебным планом.

### 5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

#### 5.1. Реализация компетенций

**1. Компетенция ОПК-9** Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК-9.1. Создает, анализирует и обрабатывает результаты вычислительного эксперимента с применением современных программных средств и инструментов	дифференцированный зачет

#### 5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

##### 5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для экзамена / дифференцированного зачета / зачета

	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Численные методы обработки экспериментальных данных	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Перечислите показатели качества переходных процессов линейных объектов и систем управления.</li><li>2. Сформулируйте основные требования, предъявляемые к моделям.</li><li>3. Дайте классификацию видов моделирования систем.</li><li>4. Опишите интерполяционный многочлен Лагранжа.</li><li>5. Опишите интерполяционные многочлены Ньютона.</li><li>6. Опишите интерполяцию сплайнами.</li></ol>
2	Основы теории планирования эксперимента при проведении исследований	<ol style="list-style-type: none"><li>7. Опишите порядок построения регрессионной модели исследуемого объекта (процесса).</li><li>8. Что такое полный факторный эксперимент?</li><li>9. Что такое дробный факторный эксперимент?</li><li>10. Опишите последовательность действий при обработке результатов эксперимента.</li><li>11. В чем заключается проверка однородности по критерию Кохрена?</li><li>12. Зачем применяется критерий Стьюдента?</li><li>13. Что такое критерий Фишера и как он используется?</li><li>14. Приведите пример двухфакторного эксперимента с использованием квадратичной модели.</li><li>15. Опишите применение полного факторного эксперимента при проведении научных исследований</li></ol>

		16. Какие Вы знаете методы интерполяции результатов исследований? 17. Какие Вы знаете методы аппроксимации результатов исследований?
5.	Использование элементов корреляционного анализа для обработки результатов эксперимента	18. Дайте понятие статистической идентификации линейных стационарных объектов. 19. Дайте основные понятия математической теории динамических систем. 20. Опишите применение уравнения Винера-Хопфа.

### 5.2.2. Перечень контрольных материалов для защиты курсового проекта / курсовой работы

Не предусмотрено учебным планом.

### 5.3. Типовые контрольные задания (материалы) для текущего контроля в семестре

Не предусмотрено учебным планом.

### 5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме экзамена, дифференцированного зачета, дифференцированного зачета при защите курсового проекта/работы используется следующая шкала оценивания: 2 – неудовлетворительно, 3 – удовлетворительно, 4 – хорошо, 5 – отлично.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, классификаций, основных принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний
Умения	
Навыки	Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой

Оценка преподавателем выставляется интегрально с учётом всех показателей и критериев оценивания.

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Знание терминов, классификаций, основных	Не знает терминов классификаций, основных принци-	Знает термины классификации, основные принци-	Знает термины классификации, основные принци-	Знает термины классификации, основные принци-

принципов	пов	пы, но допускает неточности формулировок	пы	пы, может корректно сформулировать их самостоятельно
Объем освоенного материала	Не знает значительной части материала дисциплины	Знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	Знает материал дисциплины в достаточном объеме	Обладает твердым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на вопросы	Не дает ответы на большинство вопросов	Дает неполные ответы на все вопросы	Дает ответы на вопросы, но не все – полные	Дает полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Четкость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полноту усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и, по существу, излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

### Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Умение строить математические модели	Обучающийся не имеет представления о способах построения математических модели объектов с использованием классических и интеллектуальных подходов	Обучающийся умеет с дополнительной помощью строить типовые математические модели объектов с использованием классических и интеллектуальных подходов	Обучающийся умеет строить типовые математические модели объектов с использованием классических и интеллектуальных подходов	Обучающийся умеет строить типовые и нестандартные математические модели объектов с использованием классических и интеллектуальных подходов
Умение проводить обработку экспериментальных данных	Не имеет представления об использовании типовых статистических методов обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности.	Имеет представление об использовании типовых статистических методов обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности.	Умеет использовать типовые статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности	Умеет использовать типовые и нестандартные статистические методы обработки и анализа массовых экспериментальных данных в научных исследованиях различной направленности

## Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка			
	2	3	4	5
Владеть навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой	Не использует учебную и научную литературу для подготовки к занятиям	Имеются навыки самостоятельной работы с учебной и научной литературой, но недостаточные для полноценной подготовки	Владеет навыками самостоятельной работы с учебной и научной литературой при подготовке к занятиям	Использует учебную и научную литературу для самостоятельного приобретения новых знаний
Владеет навыками обработки результатов вычислительного эксперимента	Не имеет представления о применении навыков создания, анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента с применением типовых программных средств и инструментов	Имеет представление о применении навыков создания, анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента с применением типовых программных средств и инструментов	Успешно применяет навыки создания, анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента с применением типовых программных средств и инструментов	Успешно применяет навыки создания, анализа и обработки результатов вычислительного эксперимента с применением типовых и нестандартных программных средств и инструментов

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Материально-техническое обеспечение

№	Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	Лаборатория теории автоматического управления и моделирования средств управления УК 4, № 231	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Мультимедийный проектор, экран, ноутбук; интерактивная доска с соответствующим программным обеспечением;</li> <li>• проектор с переносным экраном;</li> <li>• 6 персональных компьютеров с доступом в сеть Интернет,</li> </ul> стенд для исследования мобильных роботов.
2	Учебная аудитория для проведения лекционных занятий УК 4, № 323	Мультимедийный проектор, экран, ноутбук; специализированная мебель
3	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронно-информационную образовательную среду; специализированная мебель
4	Методический кабинет	Специализированная мебель; мультимедийный проектор, переносной экран, ноутбук

## 6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Windows 10 Корпоративная	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023). Договор поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017
2	Microsoft Office Professional Plus 2016	Соглашение Microsoft Open Value Subscription V6328633. Соглашение действительно с 02.10.2017 по 31.10.2023
3	Kaspersky Endpoint Security «Стандартный Russian Edition»	Сублицензионный договор № 102 от 24.05.2018. Срок действия лицензии до 19.08.2020 Гражданско-правовой Договор (Контракт) № 27782 «Поставка продления права пользования (лицензии) Kaspersky Endpoint Security от 03.06.2020. Срок действия лицензии 19.08.2022г.
4	MathWorks	Лицензия №1145851 бессрочная

## 6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

- 1) Иванов, В.И. Имитационное моделирование и автоматизация эксперимента: Метод. указ. к выполн. лаборат. работ для студ. спец. 210200 / Сост. И.В. Иванов, А.Г.Филатов, Е.Н.Коробкова. – Белгород: БелГТАСМ, 2000. – 48 с.
- 2) Ли Р.И. Основы научных исследований [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Ли Р.И.— Электрон. текстовые данные.— Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013.— 190 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/22903>.
- 3) Рубанов, В.Г. Интеллектуальные системы автоматического управления. Нечеткое управление в технических системах: Учебное пособие / В.Г. Рубанов., А.Г.Филатов – Белгород.: изд. БГТУ, 2010. – 171 с.
- 4) Рубанов, В.Г. Моделирование систем: Учебное пособие / В.Г. Рубанов., А.Г.Филатов – Белгород.: изд. БГТУ, 2006. – 379 с.
- 5) Советов, Б. Я. Моделирование систем: учебник / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – 5-е изд., стер. – Москва: Высшая школа, 2007. – 339 с.
- 6) Бенькович, Е.С. Практическое моделирование динамических систем / Е.С. Бенькович, Ю.Б. Колесов, Ю.Б. Сениченков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2002. – 444 с.
- 7) Семененко, М.Г. Введение в математическое моделирование / М.Г. Семененко. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 112 с.
- 8) Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненков. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. – 719 с.
- 9) Рапопорт, Э. Я. Оптимальное управление системами с распределенными параметрами: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 220201 / Э. Я. Рапопорт. - Москва: Высшая школа, 2009. - 678 с.
- 10) Солдатенков, А. С. Математическое моделирование системы управления теплоснабжением комплекса зданий [Электронный ресурс] : монография / А. С. Солдатенков ; БГТУ им. В. Г. Шухова. – Электрон. текстовые дан. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. Режим доступа:

<https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015121611064407500000653346>

- 11) Колокольцов, В.Н. Математическое моделирование многоагентных систем конкуренции и кооперации (Теория игр для всех). [Электронный ресурс] / В.Н. Колокольцов, О.А. Малафеев. – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2012. – 624 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/3551>.
- 12) Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – Минск: Новое знание, 2013. – 584 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4324>.
- 13) Голубева, Н.В. Математическое моделирование систем и процессов. [Электронный ресурс] – Электрон. дан. – СПб.: Лань, 2016. – 192 с. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/76825>.

#### **6.4. Перечень интернет ресурсов, профессиональных баз данных, информационно-справочных систем**

- <http://www.elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека
- <http://www.gpntb.ru/> – Государственная публичная научно-техническая библиотека России
- <http://elibrary.bmstu.ru/> – Библиотека МГТУ им. Н.Баумана
- <http://www.viniti.ru/> – Всероссийский институт научной информации по техническим наукам (ВИНИТИ)
- <http://www.unilib.neva.ru/rus/> – Фундаментальная библиотека Санкт-Петербургского государственного политехнического университета
- <http://elibrary.eltech.ru/> – Библиотека Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета
- <http://www.ntb.bstu.ru> и [переход к системе NormaCS](#) – Электронно-библиотечная система БГТУ им В.Г. Шухова

## 7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа утверждена на 20\_\_\_\_ / 20\_\_\_\_ учебный год  
без изменений.

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В. Г. Рубанов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО

Директор института \_\_\_\_\_ А. В. Белоусов  
подпись \_\_\_\_\_ ФИО