

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

Математическое моделирование систем и процессов

Специальность:

15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация:

Проектирование технологических комплексов
механосборочных производств

Квалификация

инженер

Форма обучения

Очная

Институт: Технологического оборудования и машиностроения

Выпускающая кафедра: Технологии машиностроения

Белгород – 2022

Рабочая программа составлена на основании требований:


- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов», утвержденное приказом Минобрнауки РФ от 09 августа 2021 г. № 732

- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2022 году.

Составитель: д.т.н., доцент  (Т.А. Дююн)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

«22» апреля 2022 г. прот. № 9

Заведующий кафедрой: д-р. техн. наук, доцент  (Т.А. Дююн)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

«28» апреля 2022 г. прот. № 8

Председатель  (Горшков П.С.)

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
Профессиональные компетенции	ПК-5. Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства	ПК-5.5. Разрабатывает технологические операции, назначает технологические режимы технологических операций, выбирает схемы контроля технических требований, предъявляемых к машиностроительным изделиям, выполняет анализ достижения заданных технических требований на основе принятых технологических подходов.	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - общие понятия математического моделирования (объекты, задачи, этапы моделирования, структуру и свойства математических моделей), классификацию и основные типы математических моделей; - математическую постановку, сущность и методику решения задач принятия решений и оптимизации; - методы решения многокритериальных задач оптимизации. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> выполнять построение и анализ математических моделей технологических процессов <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> навыками моделирования и оптимизации технологических процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-5: Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства.

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплин
1	Проектирование технологических процессов механосборочных производств
2	Математическое моделирование систем и процессов
3	Преддипломная практика, в том числе научно-исследовательская работа
4	Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Форма промежуточной аттестации - зачет.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 10
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	12	12
лекции	6	6
лабораторные	6	6
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	-	-
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	96	96
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	87	87
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 5 Семестр 10

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа
1. Общие понятия математического моделирования, классификация и основные типы математических моделей					
	Понятия математического моделирования, математической модели. Объекты математического моделирования, используемые в машиностроении. Основные задачи, решаемы при математическом моделировании. Основные этапы математического моделирования. Пример математической модели упругих деформаций технологической системы.	1			10
	Структура и свойства математических моделей. Понятия входных, выходных, внутренних и управляемых параметров. Пример математической модели тангенциальной составляющей силы резания. Основные свойства математических моделей: полнота, точность, адекватность, экономичность,	1		2	10

	работоспособность, продуктивность, наглядность. Пример математической модели формирования шероховатости поверхности Суслова А.Г.				
	Классификация математических моделей: по принадлежности к иерархическому уровню, по характеру отображаемых свойств объекта, по способу представления свойств объекта, по способу получения модели, по особенностям поведения объекта. Примеры простейших математических моделей. Особенности и области применения основных типов.	2		2	10
	Имитационное моделирование. Понятия процесса имитационного моделирования и имитационной модели. Области использования имитационных моделей. Пример имитационной модели теплового и напряженно-деформированного состояния коллектора электрической машины.				10
	Основы теории массового обслуживания. Понятие потока событий. Уравнение Колмогорова для вероятностей состояний. Задачи теории массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Понятия абсолютной и относительной пропускной способности.				10
2. Задачи принятия решений и оптимизации					
	Математическая постановка задач оптимизации. Понятия целевой функции, локального и глобального экстремумов целевой функции. разрешимость задач оптимизации. Понятия структурной и параметрической оптимизации.	2		2	17
	Понятие математического программирования, виды задач математического программирования: линейные и нелинейные. Графо-аналитический метод решения задач оптимизации. Постановка задачи, построение области допустимых решений (ОДР), нахождение в пределах ОДР оптимального решения. Пример оптимизации режимов резания.				10
3. Методы решения многокритериальных задач оптимизации					
	Понятие многокритериальной задачи оптимизации, основные методы решения многокритериальных задач. Метод поиска эффективных решений: сущность, основные этапы, достоинства и недостатки, пример применения метода. Метод с использованием обобщенного (интегрального) критерия. Виды обобщенных критериев: аддитивный, мультипликативный, минимаксный. Особенности использования критериев, преимущества и недостатки. Основные принципы выбора критериев оптимальности.				10
	ВСЕГО	6		6	87

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Практические занятия учебным планом не предусмотрены.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр № 7				
1	Общие понятия математического моделирования, классификация и	Интерфейс MathCAD, переменные, вычисления, массивы данных	2	2
		Элементы программирования с среде	2	2

	основные типы математических моделей	MathCAD		
		Определение упругих отжатий заготовки при точении		
		Расчет режимов резания при обработке отверстий		
		Расчет погрешности размерного износа инструмента при точении		
		Определение статистических параметров экспериментальных данных		
		Математические модели простейших систем массового обслуживания		
2	Задачи принятия решений и оптимизации	Создание функций, построение графических зависимостей для моделей шероховатости обрабатываемой поверхности	2	2
		Расчет и оптимизация погрешности наладки инструмента на выдерживаемый размер		
		Определение оптимальных режимов обработки при точении		
ИТОГО:			6	6

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1.1. Реализация компетенций

1. Компетенция ПК-5: Способен разрабатывать технологические процессы изготовления машиностроительных изделий средней сложности серийного (массового) производства.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ОПК 6.1. Строит и анализирует математические модели техпроцессов для последующего их моделирования и оптимизации	зачет, защита лабораторных работ.

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий) для зачета, защиты РГЗ

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие понятия математического моделирования, классификация и основные типы математических моделей	<ol style="list-style-type: none"> 1. Сущность понятий математического моделирования и математической модели. 2. Объекты математического моделирования, используемые в машиностроении. 3. Основные задачи моделирования. 4. Основные этапы моделирования. 5. Структура математической модели. 6. Требования, предъявляемые к математическим моделям. 7. Классификация математических моделей.

		<p>8. Как различают математические модели по принадлежности к иерархическому уровню?</p> <p>9. Как различают математические модели по характеру отображаемых свойств объекта?</p> <p>10. Как различают математические модели по принадлежности к иерархическому уровню?</p> <p>11. Как различают математические модели по способу представления свойств объекта?</p> <p>12. Как различают математические модели по особенностям поведения объекта?</p> <p>13. Приведите пример аналитической модели.</p> <p>14. Приведите пример эмпирической модели.</p> <p>15. Приведите пример имитационной модели.</p> <p>16. Приведите пример алгоритмической модели.</p>
2	Задачи принятия решений и оптимизации	<p>1. При наличии каких элементов формулируют задачу оптимизации?</p> <p>2. Понятие целевой функции.</p> <p>3. Разрешимость задач оптимизации</p> <p>4. Что является предметом параметрической оптимизации?</p> <p>5. Какие параметры процессов обработки принимают за оптимизируемые?</p> <p>6. В чем заключается задача математического программирования?</p> <p>7. В чем заключается графо-аналитический метод решения задач оптимизации?</p> <p>8. Чем отличается структурная оптимизация от параметрической?</p>
3	Методы решения многокритериальных задач оптимизации	<p>1. Что понимают под многокритериальной задачи оптимизации?</p> <p>2. В чем заключается метод поиска эффективных решений?</p> <p>3. В чем заключается метод с использованием обобщенного (интегрального) критерия?</p> <p>4. Перечислите виды обобщенных критериев.</p> <p>5. Сущность аддитивного критерия.</p> <p>6. Сущность мультипликативного критерия.</p>

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

По каждому разделу дисциплины разработаны тесты для текущего контроля, общее количество тестовых вопросов составляет 70, ниже для примера приведены 25 тестовых вопросов по первым разделам дисциплины.

№	Вопросы	Варианты ответов	
1	К какой группе объектов математического моделирования относится участок из универсальных станков?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
2	К какой группе объектов математического моделирования относится автоматическая линия?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
3	К какой группе объектов математического моделирования относится гибкая производственная система?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
4	К какой группе объектов математического моделирования относится токарный станок?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.

5	К какой группе объектов математического моделирования относится трехулачковый патрон?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
6	К какой группе объектов математического моделирования относится сверло?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
7	К какой группе объектов математического моделирования относится точение?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
8	К какой группе объектов математического моделирования относится фрезерование?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
9	К какой группе объектов математического моделирования относится теплопередача в зоне резания?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
10	К какой группе объектов математического моделирования относится упругие отжятия технологической системы?	1	Технологические системы.
		2	Технические объекты.
		3	Технологические процессы.
		4	Физические процессы.
11	Какие действия выполняются на первом этапе математического моделирования?	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.
		2	Представление расчетной схемы в виде математических соотношений.
		3	Формирование расчетной схемы объекта моделирования.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
12	Какие действия выполняются на втором этапе математического моделирования?	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.
		2	Представление расчетной схемы в виде математических соотношений.
		3	Формирование расчетной схемы объекта моделирования.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
13	Какие действия выполняются на третьем этапе математического моделирования?	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.
		2	Представление расчетной схемы в виде математических соотношений.
		3	Формирование расчетной схемы объекта моделирования.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
14	Какие действия выполняются на четвертом этапе математического моделирования?	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.
		2	Представление расчетной схемы в виде математических соотношений.
		3	Формирование расчетной схемы объекта моделирования.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
15	Какие действия выполняются на пятом этапе математического	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.

	моделирования?	2	Тестирование и анализ результатов моделирования.
		3	Создание программы средствами вычислительной техники.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
16	Какие действия выполняются на шестом этапе математического моделирования?	1	Разработка алгоритма вычислительного эксперимента.
		2	Тестирование и анализ результатов моделирования.
		3	Создание программы средствами вычислительной техники.
		4	Качественный и количественный анализ математической модели.
17	Входные параметры математической модели – это ...	1	... переменные, варьируемые в процессе моделирования.
		2	... переменные, являющиеся результатом моделирования.
		3	... переменные, являющиеся частью окружающей среды.
		4	... переменные являющиеся частью объекта моделирования.
18	Выходные параметры математической модели – это ...	1	... переменные, варьируемые в процессе моделирования.
		2	... переменные, являющиеся результатом моделирования.
		3	... переменные, являющиеся частью окружающей среды.
		4	... переменные являющиеся частью объекта моделирования.
19	Внутренние параметры математической модели – это ...	1	... переменные, варьируемые в процессе моделирования.
		2	... переменные, являющиеся результатом моделирования.
		3	... переменные, являющиеся частью окружающей среды.
		4	... переменные являющиеся частью объекта моделирования.
20	Управляемые параметры математической модели – это ...	1	... переменные, варьируемые в процессе моделирования.
		2	... переменные, являющиеся результатом моделирования.
		3	... переменные, являющиеся частью окружающей среды.
		4	... переменные являющиеся частью объекта моделирования.
21	Универсальность математической модели характеризует ...	1	... затраты вычислительных ресурсов на реализацию.
		2	... степень совпадения значений выходных параметров реального объекта и полученных в результате моделирования.
		3	... полноту отражения в ней свойств реального объекта.
		4	... способность описывать выходные параметры с заданной погрешностью.
22	Точность математической модели характеризует ...	1	... затраты вычислительных ресурсов на реализацию.
		2	... степень совпадения значений выходных

			параметров реального объекта и полученных в результате моделирования.
		3	... полноту отражения в ней свойств реального объекта.
		4	... способность описывать выходные параметры с заданной погрешностью.
23	Адекватность математической модели характеризует ...	1	... затраты вычислительных ресурсов на реализацию.
		2	... степень совпадения значений выходных параметров реального объекта и полученных в результате моделирования.
		3	... полноту отражения в ней свойств реального объекта.
		4	... способность описывать выходные параметры с заданной погрешностью.
24	Экономичность математической модели характеризует ...	1	... затраты вычислительных ресурсов на реализацию.
		2	... степень совпадения значений выходных параметров реального объекта и полученных в результате моделирования.
		3	... полноту отражения в ней свойств реального объекта.
		4	... способность описывать выходные параметры с заданной погрешностью.
25	Работоспособность математической модели характеризует ...	1	... возможность располагать достоверными исходными данными.
		2	... устойчивость по отношению к погрешностям исходных данных.
		3	... полноту отражения в ней свойств реального объекта.
		4	... представление составляющих модели в ясном содержательном смысле.

5.4. Описание критериев оценивания компетенций и шкалы оценивания

При промежуточной аттестации в форме зачета используется следующая шкала оценивания: зачтено, не зачтено.

Критериями оценивания достижений показателей являются:

Наименование показателя оценивания результата обучения по дисциплине	Критерий оценивания
Знания	Знание терминов, определений, понятий
	Знание основных закономерностей, соотношений, принципов
	Объем освоенного материала
	Полнота ответов на вопросы
	Четкость изложения и интерпретации знаний

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, определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей, соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
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

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	Специализированная аудитория для проведения лекционных занятий УК№4, №305.	Специализированная мебель, мультимедийный проектор с интерактивной доской, ПК.
2	Специализированная лаборатория САПР для курсового и дипломного проектирования УК№4, №308	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
3	Специализированная лаборатория САПР для курсового и дипломного проектирования УК№4, №313	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.
4	Читальный зал библиотеки для самостоятельной работы	Специализированная мебель, компьютерная техника, подключенная к сети «Интернет» и имеющая доступ в электронную информационно-образовательную среду.

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Windows 10 Pro	ПодпискаMicrosoftImaginePremiumid: 6f22ecb4-6882-420b-a39b-afba0ace820c. Срок действия до 01.05.2019.
2	MicrosoftOffice 2016	Соглашение №V6328633. Срок действия до 31.10.2020
3	Mathcad 14.0	2480616 от 11.03.2008

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Дуюн Т. А. Основы математического моделирования в машиностроении : учеб. пособие / Т.А.Дуюн, А.В.Гринек. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2015 – 132 с.
2. Дуюн Т. А. Задачи принятия решений и оптимизации в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие / Т. А. Дуюн, Д. С. Баранов. – Электрон. текстовые дан. – Белгород : Издательство БГТУ им. В. Г. Шухова, 2018. – 100 с. – Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018071212320137700000659560>.
3. Маликов, Р.Ф. Основы математического моделирования [Электронный ресурс]: учебное пособие / Р.Ф. Маликов. – Электрон. дан. – Москва: Горячая линия-Телеком, 2010. – 368 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/5169>.
4. Аверченков, В.И. Основы математического моделирования технических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.И. Аверченков, В.П. Федоров, М.Л. Хейфец. – Электрон. дан. –Москва: ФЛИНТА, 2011. — 271 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/44652>.

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

1. <https://e.lanbook.com/> – Электронно-библиотечная система издательства «Лань».
2. www.iprbookshop.ru – Электронно-библиотечная система IPRbooks
3. <https://elibrary.ru/> – Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
4. <http://diss.rsl.ru/> – Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки
5. <https://elib.bstu.ru/> – Электронная библиотека (на базе ЭБС «БиблиоТех»). БГТУ им. В.Г. Шухова
6. <http://techlibrary.ru> – Информационный ресурс со свободным доступом «Техническая библиотека»;
7. <http://window.edu.ru/window/library> – электронная библиотека научно-технической литературы;
8. <http://www.unilib.neva.ru/rus/lib/resources/elib> – библиотека СПбГТУ.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ¹

Рабочая программа утверждена на 20____ /20____ учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями²

Протокол № _____ заседания кафедры от « ____ » _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

¹ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

² Нужно подчеркнуть