

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 Министерства образования и науки 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 № 9
Общая трудоемкость дисциплины, час	108	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	53	53
лекции	17	17
лабораторные	34	34
практические	-	-
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	55	55
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	-	-
Индивидуальное домашнее задание	9	9
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	46	46
Экзамен	-	-

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 3 Семестр 6

№ 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.	2		2	3
	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,	2		3	4

	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.	3		13	14
	Имитационное моделирование. Понятия процесса имитационного моделирования и имитационной модели. Области использования имитационных моделей. Пример имитационной модели теплового и напряженно-деформированного состояния коллектора электрической машины.	2			3
	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.	2		4	5
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		8	8
	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.	2		4	5
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.	2			4
	ВСЕГО	17		34	46

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	3	3

	основные типы математических моделей	MathCAD		
		Определение упругих отжатий заготовки при точении	3	3
		Расчет режимов резания при обработке отверстий	4	4
		Расчет погрешности размерного износа инструмента при точении	4	4
		Определение статистических параметров экспериментальных данных	2	2
		Математические модели простейших систем массового обслуживания	4	4
2	Задачи принятия решений и оптимизации	Создание функций, построение графических зависимостей для моделей шероховатости обрабатываемой поверхности	4	4
		Расчет и оптимизация погрешности наладки инструмента на выдерживаемый размер	4	4
		Определение оптимальных режимов обработки при точении	4	4
ИТОГО:			34	34

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 трехручачковый 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 отжатия 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.