


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

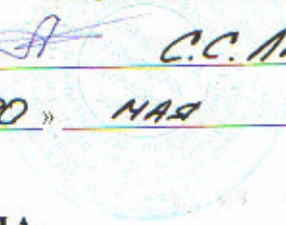
СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры


И.В. Ярмоленко
« 20 » МАЯ 2021 г.



УТВЕРЖДАЮ
Директор института


С.С. Лытчиков
« 20 » МАЯ 2021 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)

**МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ПРОЦЕССОВ**

Направление подготовки:

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств

Направленность образовательной программы:

Технология машиностроения

Квалификация:

Магистр

Форма обучения

Очно-заочная

Институт: Технологического оборудования и машиностроения

Кафедра: Технологии машиностроения

Белгород 2021

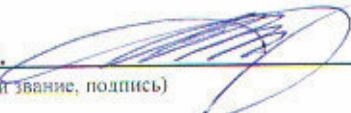
Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования Приказ №1046 от 17 августа 2020 г.
- учебного плана, утвержденного ученым советом БГТУ им. В.Г. Шухова в 2021 году.

Составитель (составители): к.т.н., доц.  (С.Н. Санин)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

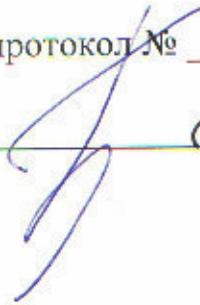
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 11/1

Заведующий кафедрой: д.т.н., проф.  (Т.А. Дуюн)
(ученая степень и звание, подпись) (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » МАЯ 2021 г., протокол № 6/1

Председатель  (В.Б. Терасименко)
(ученая степень и звание, подпись) (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
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности.	ПК-2.2 Разрабатывает технологические процессы и операции изготовления деталей машиностроения средней сложности	Знать: Основы разработки моделей оптимизации технологических процессов, операций и параметров. Уметь: Разрабатывать модели технологических процессов, операций и параметров с использованием компьютерных средств. Владеть: Навыками исследования разработанных моделей и принятия решений по результатам их анализа для разработки оптимальных технологических процессов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1. Компетенция ПК-2

Данная компетенция формируется следующими дисциплинами:

Стадия	Наименования дисциплины
1	Разработка технологических процессов
2	Инструментальные системы машиностроительного производства
3	Роботизация машиностроительного производства
4	Автоматизированные технологические системы машиностроительных производств
5	Разработка средств и систем технологического обеспечения машиностроительного производства
6	Моделирование и оптимизация технологических процессов
7	Организационно-экономическое обоснование проектов
8	Инновационный и проектный менеджмент
9	Производственно-технологическая (проектно-технологическая) практика

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач. Единиц, 144 часа.

Форма промежуточной аттестации зачёт

(экзамен, дифференцированный зачет, зачет)

Вид учебной работы ¹	Всего часов	Семестр № 2	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	36	108
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	53	18	35
лекции	17	17	0
лабораторные	0	0	0
практические	34	0	34
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ²	2	1	1
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	91	18	73
Курсовой проект	-	-	-
Курсовая работа	-	-	-
Расчетно-графическое задание	18	-	18
Индивидуальное домашнее задание	-	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	71	17	54
Самостоятельная работа на консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	1	1
Зачёт		Зачёт	Зачёт

¹ в соответствии с ЛНА предусматривать

- не менее 0,5 академического часа самостоятельной работы на 1 час лекций,
- не менее 1 академического часа самостоятельной работы на 1 час лабораторных и практических занятий,
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 экзамен
- 54 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовой проект, включая подготовку проекта, индивидуальные консультации и защиту
- 36 академических часов самостоятельной работы на 1 курсовую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 18 академических часов самостоятельной работы на 1 расчетно-графическую работу, включая подготовку работы, индивидуальные консультации и защиту
- 9 академических часов самостоятельной работы на 1 индивидуальное домашнее задание, включая подготовку задания, индивидуальные консультации и защиту
- не менее 2 академических часов самостоятельной работы на консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации

² включают предэкзаменационные консультации (при наличии), а также текущие консультации из расчета 10% от лекционных часов (приводятся к целому числу)

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 1 Семестр 2

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ³
1. Общие вопросы моделирования					
	Основные определения и понятия в области моделей и моделирования. Классификация математических моделей. Порядок создания различных моделей и существующие подходы. Основы разработки математических компьютерных моделей в среде Lazarus/ Delphi.	2	-	-	2
2. Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Разработка и оптимизация структурных моделей технологических процессов. Теория графов в оптимизации структуры технологических процессов.	4	-	-	4
3. Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Общие вопросы создания и исследования аналитических моделей. Прогнозирование параметров обработки поверхностей с использованием аналитических моделей. Применение аналитических моделей для исследования тепловых потоков в технологических системах.	3	-	-	3
4. Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Общие вопросы создания и исследования имитационных моделей технологических процессов. Оптимизация состава технологического оборудования. Моделирование вероятности получения брака методом Монте-Карло.	4	-	-	4
5. Математическое программирование и оптимизация параметров технологических процессов.					
	Общие вопросы применения математического программирования в технологии машиностроения. Методы решения задач математического программирования. Линейное программирование. Нелинейное программирование. Оптимизация параметров технологических процессов в	4	-	-	4

³ Указать объем часов самостоятельной работы для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям

	машиностроении.				
	ВСЕГО	17	0	0	17

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям ⁴
1. Общие вопросы моделирования					
	Классификация математических моделей. Порядок создания различных моделей и существующие подходы. Основы разработки математических компьютерных моделей в среде Lazarus/ Delphi.	-	2	-	10
2. Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Разработка и оптимизация структурных моделей технологических процессов. Теория графов в оптимизации структуры технологических процессов.	-	8		14
3. Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Общие вопросы создания и исследования аналитических моделей. Прогнозирование параметров обработки поверхностей с использованием аналитических моделей. Применение аналитических моделей для исследования тепловых потоков в технологических системах.	-	8	-	10
4. Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Общие вопросы создания и исследования имитационных моделей технологических процессов. Оптимизация состава технологического оборудования. Моделирование вероятности получения брака методом Монте-Карло.	-	8	-	10
5. Математическое программирование и оптимизация параметров технологических процессов.					
	Общие вопросы применения математического программирования в технологии машиностроения. Методы решения задач математического программирования. Линейное программирование. Нелинейное программирование. Оптимизация параметров технологических процессов в машиностроении.	-	8	-	10
	ВСЕГО	0	34	0	54
ИТОГО					71

⁴ Указать объем часов самостоятельной работы для подготовки к лекционным, практическим, лабораторным занятиям

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 3				
1	Общие вопросы моделирования	1. Изучение основ разработки моделей в среде программирования Lazarus.	2	10
2	Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Размерный анализ с использованием теории графов. 2. Оптимизация структуры технологического процесса с использованием алгоритма Дейкстры.	8	14
3	Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Прогнозирование формирования шероховатости поверхности после токарной обработки. 2. Анализ теплового состояния при точении.	8	10
4	Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Моделирование вероятности получения брака в партии деталей методом Монте-Карло. 2. Оптимизация структуры оборудования ГПС методом ветвей и границ.	8	10
5	Математическое программирование и оптимизация параметров технологических процессов.	1. Оптимизация параметров режима резания при точении.	8	10
ИТОГО:			34	54
ВСЕГО:				88

4.3. Содержание лабораторных занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁵

Расчётно-графическое задание служит для закрепления знаний, умения и навыков, полученных в процессе аудиторного изучения дисциплины путем самостоятельной разработки модели студентом. РГЗ выполняется на одну из тем:

- Структурная модель технологического маршрута с использованием теории графов;
- Модель формирования шероховатости поверхности при механической обработке;
- Размерный технологический анализ с использованием теории графов;
- Оптимизация параметров режима резания при механической обработке;
- Прогнозирование формирования брака в партии деталей с использованием метода Монте-Карло.

РГЗ состоит из расчётно-пояснительной записки и сопровождается электронным вариантом действующей компьютерной модели, разработанной с использованием одной из изученных в рамках курса программных сред. Объём пояснительной записки не регламентируется ввиду индивидуальных особенностей каждого варианта разрабатываемой модели, однако она не должна содержать лишней информации. Структура пояснительной записки должна быть примерно следующей:

Содержание.

Введение.

1. Постановка задачи.

2. Разработка модели.

Заключение и выводы.

Список литературы.

Приложение.

В процессе выполнения расчетно-графического задания осуществляется контактная работа обучающегося с преподавателем. Консультации проводятся в аудитория и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

⁵ Если выполнение расчетно-графического задания/индивидуального домашнего задания нет в учебном плане, то в данном разделе необходимо указать «Не предусмотрено учебным планом»

5. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1. Реализация компетенций

Компетенция ПК-2 Способен разрабатывать технологические процессы изготовления деталей машиностроения средней сложности.

Наименование индикатора достижения компетенции	Используемые средства оценивания
ПК-2.2 Разрабатывает технологические процессы и операции изготовления деталей машиностроения средней сложности	Зачёт, выполнение РГЗ

5.2. Типовые контрольные задания для промежуточной аттестации

5.2.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

для зачета

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Общие вопросы моделирования	<ol style="list-style-type: none"> 1. Понятия математической модели и моделирования. 2. Приведите классификацию математических моделей по уровню абстрагирования. 3. Приведите классификацию математических моделей по форме представления. 4. Опишите подходы, используемые при построении теоретических моделей. 5. В чем состоит суть статистических моделей? 6. Особенности разработки компьютерных моделей в среде Lazarus/ Delphi.
2	Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 7. Как представляется модель объекта с точки зрения теории множеств: деталь, сборочная единица? 8. Математическая модель технологического процесса механической обработки или сборки с точки зрения теории множеств. 9. Понятие графа и его математическое описание. 10. Приведите пример описания технологического процесса механической обработки валика с использованием теории множеств. 11. Особенности формирования множества технологических переходов. 12. Особенности формирования множества планов обработки. 13. Особенности формирования множества рабочих планов обработки поверхностей. 14. Особенности установления последовательности выполнения переходов. 15. Особенности формирования комплектов технологических баз и их связей с обрабатываемыми поверхностями. 16. Оптимизация последовательности обработки поверхностей.

		17. Применение алгоритма Дейкстры для оптимизации технологического маршрута по критерию производительности.
3	Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности разработки аналитических моделей. 2. Область применения аналитических моделей. 3. Последовательность формирования аналитических моделей. 4. Достоинства и недостатки аналитических моделей. 5. Особенности создания аналитических моделей прогнозирования шероховатости. 6. Анализ тепловых потоков в технологических системах с использованием компьютерных моделей.
4	Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 7. Особенности разработки и применения имитационных моделей. 8. Область применения имитационных моделей. 9. Последовательность и этапы формирования имитационных моделей. 10. Особенности применения имитационных моделей для анализа точности технологических процессов.
5	Математическое программирование и оптимизация параметров технологических процессов.	<ol style="list-style-type: none"> 11. В чём состоит суть математического программирования и каковы его задачи? 12. В чем состоит суть графо-аналитического метода решения задачи математического программирования? 13. Перечислите задачи линейного программирования? 14. Опишите графо-аналитический метод решения задач линейного программирования. 15. Перечислите задачи и методы решения задач нелинейного программирования. 16. Опишите классический метод минимизации или максимизации функции одной переменной. 17. Опишите метод равномерного перебора. 18. Опишите метод золотого сечения. 19. Опишите метод линеаризации его применение к оптимизации параметров режима резания. 20. Опишите метод покоординатного спуска. 21. Опишите Парето - эффективный метод решения многокритериальной задачи оптимизации. 22. Решение многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенных критериев.

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

В случае синхронной самостоятельной работы и полного выполнения учебного плана (наличии конспекта лекций, выполненных и защищённых лабораторных работах, выполненного и защищённого РГЗ) студенту выставляется зачет.

При наличии сомнений в качестве знаний студента или в самостоятельности выполнения им практических и лабораторных заданий студенту задаются один или два вопроса из перечня, представленного в табл. 5.2.1.

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	Основ разработки моделей оптимизации технологических процессов, операций и параметров.
Умения	Разрабатывать модели технологических процессов, операций и параметров с использованием компьютерных средств.
Навыки	Исследования разработанных моделей и принятия решений по результатам их анализа для разработки оптимальных технологических процессов.

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

Оценка сформированности компетенций по показателю Знания.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Знание основ разработки моделей оптимизации технологических процессов, операций и параметров.	Не знает основ разработки моделей оптимизации технологических процессов, операций и параметров.	Знает основы разработки моделей оптимизации технологических процессов, операций и параметров.

Оценка сформированности компетенций по показателю Умения.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Умение разрабатывать модели технологических процессов, операций и параметров с использованием компьютерных средств.	Не умеет самостоятельно разрабатывать модели технологических процессов, операций и параметров с использованием компьютерных средств.	Умеет самостоятельно разрабатывать модели технологических процессов, операций и параметров с использованием компьютерных средств.

Оценка сформированности компетенций по показателю Навыки.

Критерий	Уровень освоения и оценка	
	Не зачтено	Зачтено
Владение навыками исследования разработанных моделей и принятия решений по результатам их анализа для разработки оптимальных технологических процессов.	Не владеет навыками исследования разработанных моделей и принятия решений по результатам их анализа для разработки оптимальных технологических	Владеет навыками исследования разработанных моделей и принятия решений по результатам их анализа для разработки оптимальных технологических

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	Лекционная аудитория на 20-30 посадочных мест	Персональный компьютер под управлением ОС MS Windows 7, проектор, экран
2	Компьютерный класс на 20-30 рабочих мест для проведения практических занятий и самостоятельной работы.	Оснащение каждого рабочего места должно предполагать наличие: - персонального компьютера под управлением ОС MS Windows 7. - MS Word; - Smath Studio или MathCAD; - Lazarus или Delphi

6.2. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

Приводится перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства.

№	Перечень лицензионного программного обеспечения.	Реквизиты подтверждающего документа
1	Microsoft Office	<p>https://license_po.bstu.ru/microsoft</p> <p>Сотрудники кафедры, административный персонал на кафедрах и в кабинетах, а также компьютерные классы университета используют операционные системы Windows 7,8,8.1,10 и офисные пакеты Microsoft Office 2007,2010,2013,2016 на основании:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Соглашения Microsoft Open Value Subscription V6328633 от 02.10.2017 * Подробные сведения о Соглашении ** • Договора поставки ПО 0326100004117000038-0003147-01 от 06.10.2017 ***

№	Перечень свободно распространяемого программного обеспечения.	
1	Lazarus	Свободно распространяемое ПО с открытым исходным кодом
2	SMath Studio	Свободно распространяемое ПО с открытым исходным кодом

6.3. Перечень учебных изданий и учебно-методических материалов

1. Перечень основной литературы:

1. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем. [Электронный ресурс]: Учебники Электрон. дан. Минск: Новое знание, 2013. 584 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4324>].
2. Горлач Б.А. Математическое моделирование. Построение моделей и численная реализация. [Электронный ресурс]: Учебные пособия / Б.А. Горлач, В.Г. Шахов. Электрон.дан. Спб.: Лань, 2016. 292 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/74673>].
3. Охорзин В.А. Прикладная математика в системе MathCAD. [Электронный ресурс: Учебные пособия Электрон.дан. Спб.: Лань, 2009. 352 с. Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/294>].
4. Кузьмин В.В. Математическое моделирование технологических процессов сборки и механической обработки изделий машиностроения Учеб. пособ. для вузов В.В. Кузьмин, А.Г. Схиртладзе. – М. Высш. Шк., 2008 – 279 с

2. Перечень дополнительной литературы:

1. Дуюн Т.А., Баранов Д.С. Задачи принятия решений и оптимизации в машиностроении : учебное пособие для студентов направлений подготовки 150305 (150405), 150301, 200503, специальности 150501 [Электронный ресурс: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2018071212320137700000659560>].
2. Дуюн Т.А., Гринёк А.В. Математическое моделирование технологических процессов в машиностроении : учеб. пособие для студентов специальности 200503 заоч. формы обучения с применением дистанц. Технологий [Электронный ресурс: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2014040920345927346900003311>].
3. Макаров А.Д. Оптимизация процессов резания. М.: Машиностроение, 1976. 320 с.

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

1. <http://elib.bstu.ru> - Электронная библиотека БГТУ им. В.Г. Шухова.
2. <http://window.edu.ru> - Электронная библиотека онлайн "Единое окно к образовательным ресурсам".
3. <http://elibrary.rsl.ru> - электронная библиотека РГБ.
4. <http://techlibrary.ru> - техническая библиотека.
5. <http://e.lanbook.com> - электронная библиотечная система издательства «Лань».
6. <http://unilib.neva.ru> — библиотека СпбГТУ.

7. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ⁶

Рабочая программа утверждена на 2021/2022 учебный год
без изменений / с изменениями, дополнениями⁷

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

Заведующий кафедрой _____
подпись, ФИО

Директор института _____
подпись, ФИО

⁶ Заполняется каждый учебный год на отдельных листах

⁷ Нужно подчеркнуть