


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

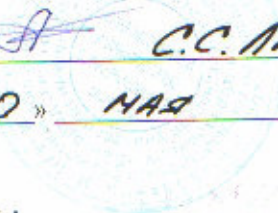
СОГЛАСОВАНО
Директор института магистратуры


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

Очная

Институт: Технологического оборудования и машиностроения

Кафедра: Технологии машиностроения

Белгород 2021

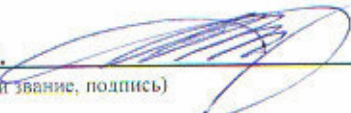
Рабочая программа составлена на основании требований:

- 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)

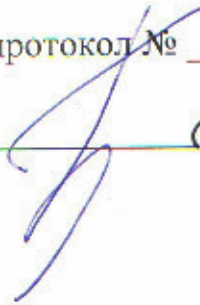
Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры

« 14 » мая 2021 г., протокол № 11/1

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института

« 20 » МАЯ 2021 г., протокол № 6/1

Председатель  (В.Б. Терашченко)
(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 № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	144	144
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	71	71
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	0	0
групповые консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации ²	3	3
Самостоятельная работа студентов, включая индивидуальные и групповые консультации, в том числе:	73	73
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	20	20
Индивидуальное домашнее задание	-	-
Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям (лекции, практические занятия, лабораторные занятия)	51	51
Самостоятельная работа на консультации в период теоретического обучения и промежуточной аттестации	2	2
Зачёт	3	3

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 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 ³
1. Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Область применения и особенности использования аналитических моделей. Основы разработки компьютерных моделей в среде Lazarus/Delphi. Особенности разработки моделей в среде Smath-Studio/MathCAD. Моделирование формирования шероховатости поверхностей. Оптимизация параметров режимов резания. Исследование тепловых потоков в процессе резания.	14	0	14	21
2. Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Область применения и особенности использования имитационных моделей. Моделирование теплового состояния в процессе резания. Оптимизация состава технологического оборудования. Моделирование вероятности получения брака методом Монте-Карло. Моделирование напряженно-деформированного состояния.	8	0	6	10
3. Метод конечных элементов в технологии машиностроения					
	Область применения и особенности использования моделей на основе метода конечных элементов. Методика разработки конечно-элементных моделей.	4	0	4	6
4. Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов					
	Область применения и особенности использования структурных моделей. Методика применения структурных моделей с использованием теории графов. Динамическое программирование.	8	0	10	14
	ВСЕГО	34	0	34	51

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

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

Не предусмотрено учебным планом.

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	Самостоятельная работа на подготовку к аудиторным занятиям
Семестр № 3				
1	Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Прогнозирование формирования шероховатости поверхности после токарной обработки. 2. Оптимизация параметров режима резания при точении. 3. Анализ теплового состояния при точении. 4. Решение многокритериальной задачи оптимизации.	14	14
2	Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Оптимизация структуры оборудования ГПС методом ветвей и границ. 2. Моделирование вероятности получения брака в партии деталей методом Монте-Карло.	6	6
3	Метод конечных элементов в технологии машиностроения	1. Разработка конечно-элементной модели напряженно-деформированного состояния технологической системы.	4	4
4	Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов	1. Размерный анализ с использованием теории графов. 2. Структурная модель с использованием динамического программирования.	10	10
ИТОГО:			34	34
ВСЕГО:				68

4.4. Содержание курсового проекта/работы

Не предусмотрено учебным планом.

4.5. Содержание расчетно-графического задания, индивидуальных домашних заданий⁴

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;
- Модель напряженно-деформированного состояния технологической системы;
- Оптимизация параметров режима резания при механической обработке.

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 пояснительно 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 аудитории и/или посредством электронной информационно-образовательной среды университета.

⁴ 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	Аналитическое моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности разработки аналитических моделей. 2. Область применения аналитических моделей. 3. Основы разработки компьютерных моделей в среде Smath-Studio/MathCAD. 4. Особенности разработки компьютерных моделей в среде Lazarus/ Delphi. 5. Последовательность формирования аналитических моделей. 6. Достоинства и недостатки аналитических моделей. 7. Однокритериальная оптимизация. Методы решения задач.. 8. Многокритериальная оптимизация. Методы решения задач. 9. Назначение целевой функции. 10. Выбор системы ограничений. 11. Выбор управляемых параметров. 12. Линейное программирование. 13. Особенности создания аналитических моделей прогнозирования шероховатости. 14. Особенности создания аналитических моделей оптимизации параметров режимов резания. 15. Анализ тепловых потоков в технологических системах с использованием компьютерных моделей.
2	Имитационное моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности разработки и применения имитационных моделей. 2. Область применения имитационных моделей. 3. Последовательность и этапы формирования имитационных моделей. 4. Особенности применения имитационных моделей для анализа тепловых потоков. 5. Особенности применения имитационных моделей для анализа напряжённо-деформированного состояния. 6. Оптимизация структуры оборудования с использованием

		имитационных моделей.
3	Метод конечных элементов в технологии машиностроения	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности разработки численных конечно-элементных моделей. 2. Область применения численных конечно-элементных моделей. 3. Последовательность разработки численных КЭ-моделей. 4. Достоинства и недостатки численных КЭ-моделей. 5. Особенности применения численных КЭ-моделей для анализа напряжённо-деформированного состояния элементов технологической системы.
4	Структурное моделирование и оптимизация технологических процессов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Особенности формирования структурных моделей. 2. Область применения структурных моделей. 3. Последовательность и этапы формирования структурных моделей. 4. Применения теории графов для формирования структурных моделей. 5. Динамическое программирование.

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>].

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.