

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГБОУ ВО «КАБАРДИНО-БАЛКАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Х.М. БЕРБЕКОВА»**

Институт информатики, электроники и робототехники

Кафедра «Технология и оборудование автоматизированного производства»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОПОП
_____ М.М. Яхутлов

Директор института
_____ Н.В. Черкесова

«_____» _____ 2022 г.

«_____» _____ 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ»**

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Магистерская программа
Технологии цифрового производства

Квалификация (степень) выпускника
Магистр

Форма обучения
Очная

Нальчик 2022

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении»
/сост. М.М. Яхутлов. – Нальчик: КБГУ, 2022. – 21 с.

Рабочая программа предназначена для преподавания дисциплины обязательной части учебного плана по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств в 1 семестре.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств, утверждённого приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 17 августа 2020г. № 1045.

СОДЕРЖАНИЕ

	с.
1 Цели и задачи освоения дисциплины.....	4
2 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО.....	4
3 Требования к результатам освоения содержания дисциплины.....	4
4 Содержание и структура дисциплины (модуля).....	6
5 Оценочные материалы для контроля успеваемости и промежуточной аттестации	9
6 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	13
7 Учебно-методическое обеспечение дисциплины.....	16
8 Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	19
9 Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.....	19
Приложение.....	21

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины - освоение основных методов построения математических моделей технических объектов, методов и технологий математического моделирования.

Задачи:

приобретение знаний для разработки математических моделей технических объектов;

привитие навыков использования современных методов и средств математического моделирования;

содействовать развитию у магистров личностных качеств, определяемых общими целями обучения и воспитания, изложенными в ОПОП.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина относится к обязательной части учебного плана по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств.

Изучение дисциплины базируется на фундаментальных знаниях в области математики, информатики, физики, механики.

3 ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций магистров в соответствии с ФГОС ВО по направлению 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств:

общепрофессиональных (ОПК):

ОПК-1. Способен формулировать цели и задачи исследования в области конструкторско- технологической подготовки машиностроительных производств, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки исследований;

ОПК-2. Способен разрабатывать современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;

ОПК-3. Способен использовать современные информационно- коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы в научно- исследовательской деятельности;

ОПК-4. Способен подготавливать научно-технические отчеты и обзоры по результатам выполненных исследований и проектно- конструкторских работ в области машиностроения;

ОПК-6. Способен разрабатывать и применять алгоритмы и современные цифровые системы автоматизированного проектирования производственно-технологической документации машиностроительных производств;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

критерии оценки эффективности результатов математического моделирования при конструкторско-технологической подготовке производств;

современные методы математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач машиностроительных производств;

современные информационно-коммуникационные технологии, информационные ресурсы и возможности их применения при математическом моделировании;

структуру и правила оформления отчетов по результатам математического моделирования;

современные системы автоматизированного проектирования, используемые в машиностроении.

Уметь:

формулировать цели и задачи математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач;

разрабатывать методики математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач;

использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы для математического моделирования по проблемам конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств;

подготавливать отчеты по результатам математического моделирования в области машиностроения;

с использованием результатов математического моделирования разрабатывать техническую документацию с применением современных систем автоматизированного проектирования.

Владеть:

навыками математического моделирования для решения конструкторских, технологических и экономических задач;

навыками представления результатов математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач;

навыками использования современных программных комплексов для математического моделирования в машиностроении;

навыками оформления отчетов по результатам математического моделирования в машиностроении;

навыками автоматизированного проектирования производственно-технологической документации с учетом результатов математического моделирования.

4 СОДЕРЖАНИЕ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**4.1 Содержание разделов дисциплины**

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Формируемая компетенция (часть компетенции)	Форма текущего контроля
1	2	3	4	5
1	<i>Роль математического моделирования в технике</i>	Общие понятия математического моделирования. Моделирование и технический прогресс. Объекты моделирования в машиностроительном производстве Основные этапы математического моделирования.	ОПК-1	ПЗ КР Э
2	<i>Общие сведения о математических моделях</i>	Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей. Классификация математических моделей. Аналитические и численные модели. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели. Особенности функциональных моделей. Иерархия математических моделей.	ОПК-1	ПЗ ЛР КР Э

3	<i>Математические модели технических объектов</i>	Математические модели простейших типовых элементов Электрические двухполюсники. Простейшие элементы механических систем. Некоторые элементы тепловых систем. Об адекватности математических моделей типовых элементов. О построении математических моделей механических систем. Примеры математических моделей тепловых систем. Сведения о теории размерностей. Представление математической модели в безразмерной форме. Сведения об экспериментальных математических моделях. Алгоритмизация математических моделей.	ОПК-2 ОПК-4	ПЗ ЛР КР Э
4	<i>Математические модели процессов в технологических системах обработки резанием</i>	Моделирование силового взаимодействия в зоне резания. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе. Математическое моделирование тепловых процессов обработки деталей на станках. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-4	ПЗ ЛР КР Э
5	<i>Моделирование и оптимизация технических объектов</i>	Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации. Методы образования целевой функции. Методы одномерного и многомерного поиска. Задачи линейного программирования.	ОПК-2 ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	ПЗ ЛР КР Э
6	<i>Математическое моделирование с использованием современных вычислительных комплексов</i>	Математическое моделирование технических объектов на основе МКЭ. Основная идея метода конечных элементов. Общий алгоритм расчета конструкций по методу конечных элементов. Современные вычислительные комплексы на основе МКЭ. Моделирование с использованием программных продуктов Microsoft Excel, MATLAB, STATISTICA, Компас, Solid Works.	ОПК-3 ОПК-4 ОПК-6	ПЗ ЛР КР Э

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР) и практической работы (ПР), коллоквиум (К), тестирование (Т).

4.

2 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц (180 часов)

Вид работы	Трудоемкость, часов
	2 семестр
Общая трудоемкость	180
Аудиторная (контактная) работа:	51
<i>Лекции (Л)</i>	9
<i>Практические занятия (ПЗ)</i>	8
<i>Лабораторные работы (ЛР)</i>	34
Самостоятельная работа, в том числе контактная:	102
Самостоятельное изучение разделов	40
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	62
Подготовка и сдача экзамена	27
Вид итогового контроля	экзамен

4.3. Лекции

№	Наименование разделов
1	Роль математического моделирования в технике
2	Общие сведения о математических моделях
3	Математические модели технических объектов
4	Математические модели процессов в технологических системах обработки резанием
5	Моделирование и оптимизация технических объектов
6	Математическое моделирование с использованием современных вычислительных комплексов

4.3 Лабораторные работы

№	Наименование лабораторных работ
1.	Моделирование напряжений и деформаций консольной балки при изгибе и закручивании
2.	Численное моделирование напряжений при растяжении детали с круговой выточкой
3.	Численное моделирование распределения температуры в одномерном стержне
4.	Численное моделирование температурного поля при излучении тепла кабелем
5.	Численное моделирование деформаций конусообразного стержня под действием тепловых возмущений
6.	Обработка результатов измерений по методу наименьших квадратов
7.	Вероятностно-статистическое моделирование прочностных характеристик алмазных порошков
8.	Конечно-элементное моделирование температур и напряжений в алмазно-абразивных инструментах

4.4 Практические занятия

№	Тема
1.	Основные этапы математического моделирования.
2.	Структура и свойства математических моделей.
3.	Математические модели типовых элементов электрических и механических систем.
4.	Построение математических моделей механических систем.
5.	Математические модели процессов в технологических системах обработки резанием.

4.5 Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Моделирование и технический прогресс.
2.	Объекты моделирования в машиностроительном производстве.
3.	Классификация математических моделей. Аналитические и численные модели. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели.
4.	Сведения об экспериментальных математических моделях.
5.	Алгоритмизация математических моделей.
6.	Методы образования целевой функции.
7.	Методы одномерного поиска.
8.	Методы многомерного поиска.
9.	Задачи линейного программирования.

5 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

5.1 Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости

Текущий контроль успеваемости студентов осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой аттестации обучающихся по ОП ВО В КБГУ. Сведения об организации работы по этой системе приведены в таблице.

№	Контрольные мероприятия	Макс. балл (распред.)
1	Посещение занятий	10 (3+3+4)
2	Контрольная работа	18 (6+6+6)
3	Коллоквиум	18 (6+6+6)
4	Выполнение и защита лабораторных и практических работ	24 (8+8+8)
ИТОГО		70

Коллоквиумы

Коллоквиумы проводятся по вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию. При этом на каждый из трех рубежных контрольных мероприятия выносятся одна треть вопросов из общего их числа к экзамену. Подготовка к коллоквиуму осуществляется по материалам лекций, лабораторных и практических работ и основной и дополнительной литературы, рекомендуемой по дисциплине.

Задачи

Задачи решаются на практических занятиях и на контрольных работах в рамках балльно-рейтинговых мероприятий. При текущем контроле студент может набрать 18 баллов за три контрольные работы в рамках балльно-рейтинговых мероприятий. Баллы предоставляются в зависимости от процента выполнения задачи. Типовые задачи приводятся ниже.

Задача 1. Определение эмпирических характеристик ряда прямых измерений. Исключение резко выделяющихся результатов.

Ниже приведены результаты измерения диаметра валиков для партии 120 шт.

39,997	39,980	39,998	39,995	39,983	40,007	40,009	40,000	39,991	40,000
39,987	39,990	39,995	40,006	39,991	40,003	39,994	40,005	39,991	39,991
40,002	39,992	40,020	39,995	39,951	39,990	39,990	40,000	39,996	39,995
40,013	39,979	40,009	40,008	40,014	39,998	40,011	39,989	39,995	40,008
40,012	39,994	40,026	39,986	39,987	40,001	39,988	39,980	39,995	40,008
40,017	39,996	39,993	39,992	39,993	40,006	39,984	40,008	40,008	40,005
39,976	40,001	40,017	39,985	40,008	40,001	40,006	40,004	40,005	40,007
39,998	39,996	39,984	39,996	40,005	39,991	40,006	40,006	39,994	40,016
40,011	39,997	40,005	40,000	40,009	40,019	40,022	40,002	40,013	40,003
39,989	39,997	40,009	40,000	40,005	40,006	40,014	39,990	39,981	40,006
39,993	40,013	40,019	39,997	39,986	40,001	40,013	40,012	40,006	40,019
39,981	39,999	39,999	40,022	39,989	40,008	40,001	39,997	39,999	39,997

Определить выборочные характеристики: среднее и среднее квадратическое отклонение. Проверить являются ли наименьшее и наибольшее значения размера грубой погрешностью.

Задачу выполнить с использованием программного комплекса Microsoft Excel.

Задача 2. Обработка результатов измерений по методу наименьших квадратов

По заданным исходным данным (табл.) выполнить аппроксимацию экспериментальных результатов методом наименьших квадратов.

x_i	1	2	3	4	5
y_i	56	45	36	35	42

Задачу выполнить с использованием программного комплекса Microsoft Excel.

Лабораторная работа

В методических разработках к лабораторным работам приведены цель и программа работы, основные методические указания к их выполнению, содержание отчета, контрольные вопросы и список рекомендуемой литературы.

Примеры лабораторных работ

1. Численное моделирование напряжений при растяжении детали с круговой выточкой

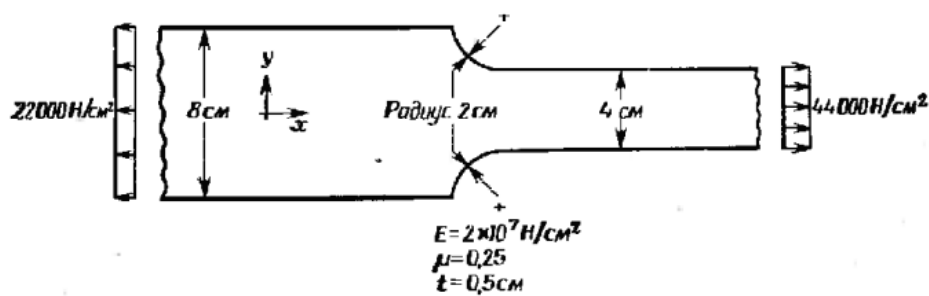
Цель работы: Усвоить методику конечно-элементного моделирования напряжений при растяжении детали с круговой выточкой в среде Solid Works.

Программа работы

1. Повторить инструкцию по работе с программным комплексом Solid Works.
2. Изучить пример решения задачи.
3. По заданным исходным данным моделировать напряжения в детали.
4. Подготовить отчет по работе.

Пример

Требуется определить коэффициент концентрации напряжений, вызванной круговой выточкой, при осевом нагружении детали конструкции, показанной на рис. 1. Ширина детали меняется от 8 см слева от выточки, до 4 см справа от выточки, толщина всюду одинакова и равна 0,50 см.



2. Численное моделирование распределения температуры в одномерном стержне

Цель работы: Усвоить методику конечно-элементного моделирования температуры в одномерном стержне в среде Solid Works.

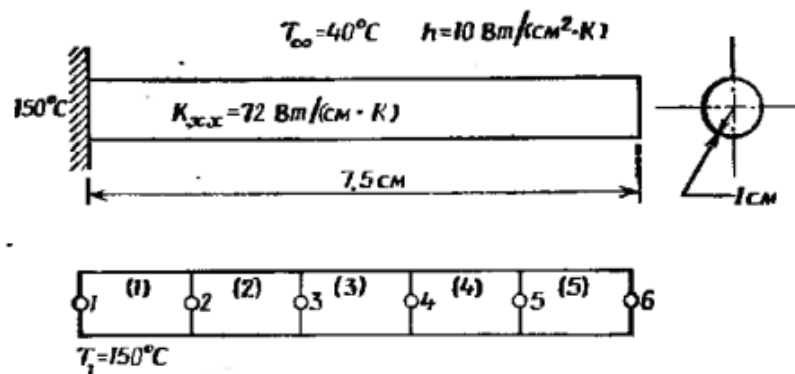
Программа работы

- 1) Повторить инструкцию по работе с программным комплексом Solid Works.
- 2) Изучить пример решения задачи.
- 3) По заданным исходным данным моделировать температуру в стержне.
- 4) Подготовить отчет по работе.

Пример

Требуется вычислить распределение температуры в одномерном стержне (рис. 1) с приведенными ниже физическими характеристиками.

Разделим конструкцию на 5 элементов длиной 1,5 см каждый.



3. Численное моделирование деформаций конусообразного стержня под действием силовых тепловых возмущений

Цель работы: Усвоить методику конечно-элементного моделирования деформаций конусообразного стержня под действием силовых и тепловых возмущений в среде Solid Works.

Программа работы

1. Повторить инструкцию по работе с программным комплексом Solid Works.
2. Изучить пример решения задачи.
3. По заданным исходным данным моделировать деформации стержня.
4. Подготовить отчет по работе.

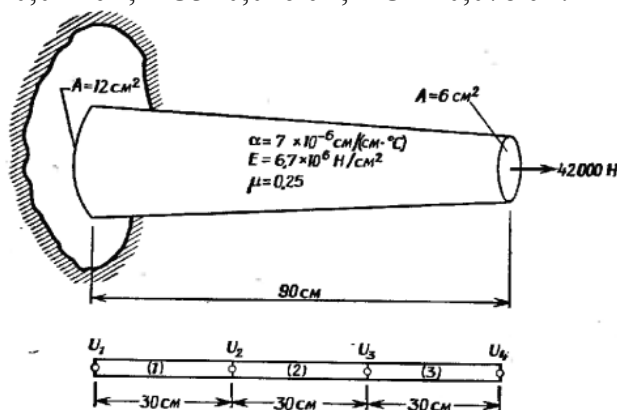
Пример

Необходимо определить узловые перемещения конусообразной детали, один конец которой жестко закреплен, а другой подвержен действию нагрузки в 42000 Н. Площадь поперечного сечения меняется линейно от 12 см² на левом конце до 6 см² на правом. Кроме того, деталь конструкции испытывает тепловое расширение вследствие повышения ее температуры на 20° равномерно по всей длине, $\alpha = 7 \cdot 10^{-6} \text{ } 1/^{\circ}\text{C}$. Для аппроксимации рассматриваемой части конструкции следует использовать три элемента длиной 30 см каждый.

Площадь поперечного сечения в узловых точках имеет значения (см²) A1=12, A2=10, A3=8 и A4=6. Первые три элемента свободны и от объемных и от поверхностных нагрузок.

Теоретическое решение этой задачи получается путем интегрирования деформации по длине. После выполнения этой процедуры получаем следующие значения для узловых перемещений:

$$U_1=0,0 \text{ см}; \quad U_2=0,021 \text{ см}; \quad U_3=0,046 \text{ см}; \quad U_4=0,078 \text{ см}.$$



5.2 Промежуточная аттестация

Вопросы к зачету

1. Общие понятия математического моделирования.
2. Объекты моделирования в машиностроительном производстве
3. Основные этапы математического моделирования.

4. Понятие математической модели.
5. Структура математической модели.
6. Свойства математических моделей.
7. Классификация математических моделей.
8. Аналитические и численные модели.
9. Структурные и функциональные модели.
10. Теоретические и эмпирические модели.
11. Особенности функциональных моделей.
12. Иерархия математических моделей.
13. Математические модели простейших типовых элементов.
14. Электрические двухполюсники.
15. Простейшие элементы механических систем.
16. Некоторые элементы тепловых систем.
17. Об адекватности математических моделей типовых элементов.
18. О построении математических моделей механических систем.
19. Примеры математических моделей тепловых систем.
20. Сведения о теории размерностей. Представление математической модели в безразмерной форме.
21. Сведения об экспериментальных математических моделях.
22. Алгоритмизация математических моделей.
23. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания.
24. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.
25. Математическое моделирование тепловых процессов обработки деталей на станках.
26. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.
27. Постановка задачи параметрической оптимизации технических объектов.
28. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации.
29. Методы образования целевой функции.
30. Методы одномерного и многомерного поиска.
31. Задачи линейного программирования.
32. Математическое моделирование технических объектов на основе МКЭ.
33. Основная идея метода конечных элементов. Общий алгоритм расчета конструкций по методу конечных элементов.
34. Современные вычислительные комплексы на основе МКЭ. Пакет Solid Works.

6. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОЦЕДУРЫ ОЦЕНИВАНИЯ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

6.1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке

Индикатор компетенции	Результаты обучения	Основные показатели оценки результатов	Оценочные средства
ОПК-1.1 Знает основные конструкторские, технологические и экономические проблемы, возникающие при конструкторско-технологической подготовке машиностроительных производств и критерии оценки эффективности результатов исследований в области конструкторско-технологической подготовки производств	Знать: критерии оценки эффективности результатов математического моделирования при конструкторско-технологической подготовке производств	Общие понятия математического моделирования. Моделирование и технический прогресс. Объекты моделирования в машиностроительном производстве Основные этапы математического моделирования. Понятие математической модели. Структура математической модели. Свойства математических моделей. Классификация математических моделей.	ПЗ ЛР КР Э
ОПК-1.2 Умеет формулировать цели и задачи исследования и выявлять приоритеты решения конструкторских, технологических и экономических задач	Уметь: формулировать цели и задачи математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач	Аналитические и численные модели. Структурные и функциональные модели. Теоретические и эмпирические модели. Особенности функциональных моделей. Иерархия математических моделей.	
ОПК-1.3 Владеет навыками формулирования цели и задач исследования и выбора приоритета решения конструкторских, технологических и экономических задач	Владеть: навыками математического моделирования для решения конструкторских, технологических и экономических задач		
ОПК-2.1 Знает современные методы исследования при решении конструкторских, технологических и экономических задач машиностроительных производств	Знать: современные методы математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач машиностроительных производств	Математические модели простейших типовых элементов Электрические двухполюсники. Простейшие элементы механических систем. Некоторые элементы тепловых систем. Об адекватности	ПЗ ЛР КР Э

		математических моделей типовых элементов, их моделей механических систем. Примеры математических моделей тепловых систем. Сведения о теории размерностей. Представление математической модели в безразмерной форме. Сведения об экспериментальных математических моделях. Алгоритмизация математических моделей.	
ОПК-2.2 Умеет разрабатывать методики теоретических и экспериментальных исследований при решении конструкторских, технологических и экономических задач	Уметь: разрабатывать методики математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач	Моделирование силового взаимодействия в зоне резания. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе. Математическое моделирование тепловых процессов обработки деталей на станках. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.	
ОПК-2.3 Владеет навыками представления результатов исследований при решении конструкторских, технологических и экономических задач	Владеть: навыками представления результатов математического моделирования при решении конструкторских, технологических и экономических задач		
ОПК-3.1 Знает современные информационно-коммуникационные технологии, информационные ресурсы и возможности их применения в научно-исследовательской деятельности	Знать: современные информационно-коммуникационные технологии, информационные ресурсы и возможности их применения при математическом моделировании	Сведения об экспериментальных математических моделях. Алгоритмизация математических моделей. Постановка задачи параметрической оптимизации. Независимые управляемые параметры, функции-ограничения, выходные характеристики и целевые функции в задачах оптимизации. Методы образования целевой функции. Методы одномерного и многомерного поиска. Задачи линейного программирования.	ПЗ ЛР КР Э
ОПК-3.2 Умеет использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы для исследований по проблемам конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств	Уметь: использовать современные информационно-коммуникационные технологии, глобальные информационные ресурсы для математического моделирования по проблемам конструкторско-технологической подготовки машиностроительных производств	Объемное планирование работы механического	

ОПК-3.3 Владеть навыками использования современных программных комплексов для решения инженерных, управленческих и исследовательских задач	Владеть: навыками использования современных программных комплексов для математического моделирования в машиностроении	участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.	
ОПК-4.1 Знает структуру и правила оформления научно-технических отчетов и публикаций по результатам выполненных исследований в области машиностроения	Знать: структуру и правила оформления отчетов по результатам математического моделирования	Представление математической модели в безразмерной форме. Алгоритмизация математических моделей. Моделирование силового взаимодействия в зоне резания. Математическое моделирование тепловых процессов обработки деталей на станках.	ПЗ ЛР КР Э
ОПК-4.2 Умеет подготавливать научно-технические отчеты и публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения	Уметь: подготавливать отчеты по результатам математического моделирования в области машиностроения	Методы одномерного и многомерного поиска. Задачи линейного программирования. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.	
ОПК-4.3 Владеет навыками оформления научно-технических отчетов и обзоров по результатам выполненных исследований и проектно-конструкторских работ в области машиностроения	Владеть: навыками оформления отчетов по результатам математического моделирования в машиностроении		
ОПК-6.1 Знает современные системы автоматизированного проектирования, используемые в машиностроительном производстве	Знать: современные системы автоматизированного проектирования, используемые в машиностроении	Методы одномерного и многомерного поиска. Задачи линейного программирования. Математическое моделирование технических объектов на основе МКЭ. Основная идея метода конечных элементов. Общий алгоритм расчета конструкций по методу конечных элементов. Современные вычислительные комплексы на основе МКЭ. Моделирование с использованием программных продуктов Microsoft Excel, MATLAB, STATISTICA, Компас, Solid Works.	ПЗ ЛР КР Э
ОПК-6.2 Умеет разрабатывать производственную документацию машиностроительных производств с применением современных систем автоматизированного проектирования	Уметь: с использованием результатов математического моделирования разрабатывать техническую документацию с применением современных систем автоматизированного проектирования		
ОПК-6.3 Владеет навыками автоматизированного проектирования производственно-технологической документации машиностроительных производств	Владеть: навыками автоматизированного проектирования производственно-технологической документации с учетом результатов математического моделирования		

Обозначения в табл.: ПЗ -практические занятия, ЛР -лабораторные работы, КР - контрольные работы, Э -экзамен

6.2 Шкала оценивания планируемых результатов обучения

6.2.1 Текущий и рубежный контроль

В рамках текущего и рубежного контроля по дисциплине студент может набрать до 70 баллов. Распределение баллов приведено в таблице.

Се- мест р	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	61-70 баллов
1	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных работ. Частичное выполнение и защита практических работ. Удовлетворительные показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических работ. Хорошие показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «хорошо».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение и защита лабораторных и практических занятий. Высокие показатели по коллоквиумам и тестированиям. Оценка «отлично».

6.2.2 Промежуточная аттестация

Оценка результатов освоения учебной дисциплины проводится по следующей шкале, применяемой на зачете:

Семестр	Шкала оценивания	
	Не зачтено (36-60 баллов)	Зачтено (61-100 баллов)
1	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на зачёте не ответил на теоретический вопрос и не решил задачу.	Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на зачете дал полный (частичный) ответ на теоретический вопрос и частично (полностью) решил задачу. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на зачете дал полный ответ на один вопрос или решил задачу. Студенту, имеющему 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, выставляется отметка «зачтено» без сдачи зачёта.

7 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Основная литература

1. Введение в математическое моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.Н. Ашихмин [и др.]. -Электрон. текстовые данные. -М.: Логос, 2016. -440 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/66414.html>. -ЭБС «IPRbooks».
2. Смирнов Г.В. Моделирование и оптимизация объектов и процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Смирнов Г.В.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники,

2016. -216 с. - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/72047.html>. -ЭБС «IPRbooks».

3. Введение в методы оптимизации /Аттетков А.В., В.С. Зарубин, А.Н. Канатников. –М.:Финансы и статистика; ИНФРА-М, 2008. -272 с.

7.2 Дополнительная литература

1. Мышкис А.Д. Элементы теории математических моделей. –М.: КомКнига, 2007. - 192 с.
2. Самарский А.А. Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. _М.:Физматлит, 2005. -320 с.
3. Технологические машины и оборудование. Моделирование и специализированные пакеты программ для их создания [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Г.В. Алексеев [и др.]. -Электрон. текстовые данные. -Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. - 308 с. -Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/80292.html>. -ЭБС «IPRbooks».
4. Системы автоматизированного проектирования. Моделирование в машиностроении [Электронный ресурс]: учебное пособие/ -Электрон. текстовые данные. -Оренбург: Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016.— 104 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/78834.html>. -ЭБС «IPRbooks».
5. Тупик Н.В. Компьютерное моделирование [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Тупик Н.В.— Электрон. текстовые данные. -Саратов: Вузовское образование, 2019. -230 с. -Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/79639.html>. -ЭБС «IPRbooks».Баркова Л.Н., Ткачева С.А. Компьютерный практикум в пакете STATISTICA. Воронеж. 2010. -51 с. Библиотека КБГУ (эл. версия).
6. Казиев В.М. Введение в анализ, синтез и моделирование систем: Учебное пособие. – М.: Интернет-Университет Информационных технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 244 с.
7. Бахвалов, Н.С. Численные методы / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. – Ч. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.
8. Васильков Ю.В., Василькова Н.Н. Компьютерные технологии вычислений в математическом моделировании. –М.:Финансы и статистика, 2002. -256 с.
9. Кельтон В., Лоу А. Имитационное моделирование. Классика CS. 3-е изд. – СПб.: Питер; Киев; Издат. Группа BHV, 2004. – 847 с.
10. Леоненков, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzy TECH / А.В. Леоненков. – СПб. : БХВ – Петербург , 2003. – 736 с.
11. Нечаев В.В. Основы моделирования систем: концептуальные основы: Учеб. пособие, 2008. – 320 с.
12. Норенков, И.П. Основы автоматизированного проектирования: учебник для вузов / И.П. Норенков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 336 с.
13. Островский, Г.М. Технические системы в условиях неопределенности : учебное пособие / Г.М. Островский, Ю.М. Волин. –М. : БИНОМ, Лаборатория знаний, 2008. – 319с.
14. Ракитин В.И., Первушин В.Б. Практическое руководство по методам вычислений. -М.: Высшая школа, 1998. -383с. (15 экз.)
15. Самарский, А.А. Математическое моделирование / А.А. Самарский, А.П. Михайлов. – М. : Физматлит, 2001. – 320 с.
16. Сирота А.А. Компьютерное моделирование и оценка эффективности сложных систем. – М.: Техносфера, 2006. – 280 с.
17. Советов, Б.Я. Моделирование систем / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2005. – 343 с.
18. Суслов А.Г., Дальский А.М. Научные основы технологии машиностроения. М.: Машиностроение, 2002. 684с.

19. Тарасик В.П. Математическое моделирование технических систем / В. П. Тарасик. – Мн. : ДизайнПРО, 2004. – 640 с.
20. Тихонов, А.Н. Уравнения математической физики : учебное пособие / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – 4 изд. – М.: Наука, 1972. – 736 с.
21. Яхутлов М.М., Батыров У.Д., Бозиев О.Х., Хапачев Б.С. Метрология, стандартизация и сертификация. Решение задач. Учебное пособие. / Под ред. М.М. Яхутлова. - Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2007. -214 с.
22. Яхутлов М.М., Джанкулаев А.Я., Джанкулаева М.А. Методы оптимизации. – Нальчик: Каб.-Балк. ун-т, 2014. – 47 с.

7.3 Периодические издания

1. "Информационные технологии и вычислительные системы".
2. "Информационные процессы и системы".
3. "Информационные технологии".
4. "Мир компьютерной автоматизации - мир встраиваемых компьютерных технологий"
5. <http://www.cals.ru/emag/> - электронный журнал "Технологии PLM и ИПП".

7.4 Методические указания к лабораторным занятиям

Лабораторные работы проводятся в компьютерном классе, оснащенном современным оборудованием (12 компьютеров с процессорами Intel Core 2 Duo, мультимедийное оборудование, необходимое программное обеспечение).

Методические указания к лабораторным работам, электронные учебные пособия расположены на сетевом диске D://Work , а также на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине с примерами выполнения лабораторных работ».

7.5 Методические указания к практическим занятиям

Практические занятия проводятся в компьютерном классе, оснащенном современным оборудованием (12 компьютеров с процессорами Intel Core 2 Duo, мультимедийное оборудование, необходимое программное обеспечение).

Методические указания к занятиям, электронные учебные пособия расположены на сетевом диске D://Work , а также на DVD диске «Лекции и методические материалы по дисциплине с банком заданий и методическими указаниями выполнения практических работ».

7.6 Интернет-ресурсы

1. <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - научная электронная библиотека РФФИ.
2. <https://elibrary.ru/> - база данных Science Index (РИНЦ).
3. <https://www.studentlibrary.ru/> - ЭБС «Консультант студента».
4. <https://rusneb.ru/> - национальная электронная библиотека РГБ.
5. <https://e.lanbook.com/> - ЭБС «Лань».
6. <https://iprbooks.ru/> - ЭБС «IPRbooks».
7. <https://urait.ru/> - ЭБС «Юрайт».

7.7 Программное обеспечение современных информационно-коммуникационных технологий

При проведении занятий используются лицензионное программное обеспечение:

- Программное обеспечение средств антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1000-1500 Node 1 year Educational Renewal License (KL4863RAVFQ).
- Офисное программное обеспечение МойОфис Стандартный.

- Программное обеспечение для работы с документами формата PDF Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Level 1 (1-9) Education Named License 65297997BB01A12.
- Программное обеспечение для работы с PDF-документами. ABBYY FineReader 15 Business
- Программное обеспечение универсальная система для всестороннего статистического анализа и визуализации данных. Statistica Ultimate Academic for Windows 10 Russian/13 English на 500 пользователей Локальная версия (Named User).
- Программное средство-видеоредактор Movavi видеоредактор 15 SE Academic Edition.

Учебные комплекты программного обеспечения:

- КОМПАС-3D приложение "Проектирование и конструирование в машиностроении";
- КОМПАС-3D приложение «3D-моделирование для 3D-печати»;
- КОМПАС-3D для системы прочностного анализа;
- КОМПАС-3D пакет обновлений APM FEM для прочностного анализа;
- КОМПАС-3D приложение «газодинамика» KompasFlow.

8 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Занятия по дисциплине проводятся в специальных помещениях (аудиториях) для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Аудитории укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Для проведения занятий лекционного типа имеются демонстрационное оборудование и учебно-наглядные пособия.

Для самостоятельной работы обучающихся имеются помещения, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации.

Лабораторные работы, проводятся в специализированных компьютерном классе с современным компьютерным оборудованием, использующим в процессе обучения студентов программное обеспечение, прописанное в п. 7.8.

9 ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;
2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые)
 - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ не визуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;
 - задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;
 - письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту обучающимся;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие):

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);
- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия, обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;
- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

ЛИСТ ИЗМЕНЕНИЙ (ДОПОЛНЕНИЙ)

в рабочей программе по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» по направлению подготовки 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств на _____ учебный год.

№п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень вносимых изменений (дополнений)	Примечание

Рекомендовано на заседании кафедры «Технология и оборудование автоматизированного производства», протокол № ____ от " ____ " _____ 20__ г.

Заведующий кафедрой _____ / _____ /