

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан ФМАТ
В.И. Ряжских
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)
«Математическое моделирование в машиностроении»

Направление подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль Технология машиностроения

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 года 11 месяцев

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы _____ / А.В. Перова /

Заведующий кафедрой
технологии машиностроения _____ / В.Г. Грицюк /

Руководитель ОПОП _____ / Е.В. Смоленцев /

Воронеж 2023

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели дисциплины

Цель изучения дисциплины: освоение методов математического моделирования в машиностроении и формирование практических навыков выполнения расчетов и исследований.

1.2 Задачи освоения дисциплины

- изучение методов математического моделирования, применяемых при проектировании, изготовлении и эксплуатации продукции машиностроительных производств, а также при исследованиях и испытаниях оборудования;

- освоение практических приемов использования методов математического моделирования;

- построение и исследование математических моделей с выполнением компьютерных расчетов и программирования в автоматизированных математических системах.

2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Математическое моделирование в машиностроении» относится к дисциплинам обязательной части блока Б.1 учебного плана.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-6 - способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

ОПК-8 - способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
-------------	---

ОПК-6	знать: классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий
	уметь: применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования
	владеть: способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств
ОПК-8	знать: аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств
	уметь: участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности
	владеть навыками обработки экспериментальных данных

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» составляет 5 зачетных единиц.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		5			
Аудиторные занятия (всего)	72	72			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
Самостоятельная работа	72	72			
Курсовой проект	есть				
Контрольная работа	нет				
Вид промежуточной аттестации	экзамен				

Контроль	36	36			
Общая трудоемкость, часов	180	180			
Зачетных единиц	5	5			

Заочная форма обучения

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры			
		7			
Аудиторные занятия (всего)	14	14			
В том числе:					
Лекции	4	4			
Практические занятия (ПЗ)	4	4			
Лабораторные работы (ЛР)	6	6			
Самостоятельная работа	157	157			
Курсовой проект	есть				
Контрольная работа	нет				
Вид промежуточной аттестации	экзамен				
Контроль	9	9			
Общая трудоемкость, часов	180	180			
Зачетных единиц	5	5			

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Пра к зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего , час
1	Основные понятия математического моделирования в машиностроении.	Классификация математических моделей процессов в машиностроении	2			9	11
2	Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении.	Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Метод поиска Парето – эффективных решений. Метод решения многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенного (интегрального) критерия. Аддитивный критерий. Мультипликативный критерий. Максиминный (минимаксный) критерий. Основные принципы выбора критериев оптимальности. Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении с использованием теории массового обслуживания и расписаний Основы теории массового обслуживания. Понятие	6	4	20	18	48

		случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потоки событий <u>Самостоятельное изучение.</u> Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории массового обслуживания. <u>Самостоятельное изучение.</u> Классификация систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.					
3	Математическая статистика в моделировании технических систем.	Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы. <u>Самостоятельное изучение.</u> Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании. Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных. <u>Самостоятельное изучение.</u> Статистический подход и концепция "черного ящика". Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ. <u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках <u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей). Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Планирование эксперимента	6	14	12	18	50
4	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе. <u>Самостоятельное изучение.</u> Системный характер технических систем.	2		4	12	18
5	Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.	Математическое моделирование точности обработки деталей на станках. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей. <u>Самостоятельное изучение.</u> Расчетно – аналитический метод определения точности обработки. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков. <u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. Моделирование связей производительности и точности операций	2			15	17

		<p>металлообработки с изменением входных параметров. Идея адаптивного управления процессом обработки. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.</p> <p>Адаптивные системы предельного регулирования. Адаптивные системы оптимального управления.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Математическое моделирование оптимального использования и обеспечения надежности станочных систем. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем.</p> <p>Производительность и надежность заблокированных автоматических линий. Производительность и надежность гибких производственных систем.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий. Расчет производительности гибких производственных систем.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.</p>					
Итого			18	18	36	72	144

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Пра к зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего , час
1	Основные понятия математического моделирования в машиностроении.	Классификация математических моделей процессов в машиностроении	2			40	42
2	Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении.	<p>Методы решения многокритериальных задач оптимизации. Метод поиска Парето – эффективных решений.</p> <p>Метод решения многокритериальных задач оптимизации с использованием обобщенного (интегрального) критерия. Аддитивный критерий. Мультипликативный критерий. Максимальный (минимаксный) критерий. Основные принципы выбора критериев оптимальности.</p> <p>Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении с использованием теории массового обслуживания и расписаний Основы теории массового обслуживания. Понятие случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потоки событий</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории массового обслуживания.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Классификация</p>	2	2		40	44

		систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.					
3	Математическая статистика в моделировании технических систем.	Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы. <u>Самостоятельное изучение.</u> Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании. Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных. <u>Самостоятельное изучение.</u> Статистический подход и концепция "черного ящика". Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ. <u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках <u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей). Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Планирование эксперимента		2	4	30	36
4	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.	<u>Самостоятельное изучение</u> Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе. Системный характер технических систем.			2	20	22
5	Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.	<u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование точности обработки деталей на станках. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей. Расчетно – аналитический метод определения точности обработки. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков. <u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках. Моделирование связей производительности и точности операций металлообработки с изменением входных параметров. Идея адаптивного управления процессом обработки. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.				27	27

	Адаптивные системы предельного регулирования. Адаптивные системы оптимального управления. <u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование оптимального использования и обеспечения надежности станочных систем. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем. Производительность и надежность сблокированных автоматических линий. Производительность и надежность гибких производственных систем. <u>Самостоятельное изучение.</u> Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий. Расчет производительности гибких производственных систем. <u>Самостоятельное изучение.</u> Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.					
Итого		4	4	6	157	171

5.2 Перечень лабораторных работ

очная форма обучения

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
5 семестр		36	
1	Определить минимальные мощностные затраты при резании материалов	4	
2	Оптимальный выбор ГПС	4	отчет
3	Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей тороидальным роликом	4	
4	Проектирование операций обработки отверстий	4	отчет
5	Моделирование простейшего потока	4	
6	Суммирование случайных потоков	4	отчет
7	Определение значимости и влияния технологических факторов	4	
8	Планирование эксперимента	4	отчет
9	Отчетное занятие	4	
Итого часов		36	

заочная форма обучения

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
7 семестр		6	
3	Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей тороидальным роликом	2	
4	Проектирование операций обработки отверстий	4	отчет
Итого часов		6	

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 5 семестре для студентов очной формы обучения и 7 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта (работы): «Метод анализа иерархий. Планирование эксперимента».

Выбор материала для изготовления штуцера из 5 видов по 10 критериям методом анализа иерархий. Построение регрессионных моделей влияния технологических показателей на качество обработки детали

Выбор материала для изготовления шестерни редуктора из 4 видов по 10 критериям методом анализа иерархий. Построение регрессионных моделей влияния технологических показателей на качество обработки детали

Выбор материала для изготовления жиклера из 4 видов по 9 критериям методом анализа иерархий. Построение регрессионных моделей влияния технологических показателей на качество обработки детали

Выбор материала для изготовления шпинделя из 5 видов по 10 критериям методом анализа иерархий. Построение регрессионных моделей влияния технологических показателей на качество обработки детали

Выбор оборудования для изготовления вала из 4 видов по 10 критериям методом анализа иерархий. Построение регрессионных моделей влияния технологических показателей на качество обработки детали

Необходимо построить линейную, неполную квадратичную, полную квадратичную математические модели в кодированных значениях технологической операции формирования некоторого размера детали.

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- освоение практических приемов использования методов математического моделирования;
- построение и исследование математических моделей с выполнением компьютерных расчетов и программирования

Курсовой проект включает в себя:

- титульный лист;
- лист задания;
- содержание;
- введение;
- теоретические сведения;
- анализ детали, оборудования;
- расчетная часть;
- построение регрессионных моделей;
- заключение;
- список литературы;

- приложения (графическая часть).

Учебным планом по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» не предусмотрено выполнение контрольной работы.

7 ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

7.1 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-6	<p>знать: классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий</p>	<p>Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>уметь: применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>владеть: способами рационального использования необходимых видов</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>

	ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств	лабораторных работ, выполнение курсового проекта	программах	программах
ОПК-8	знать: аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь: участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть навыками обработки экспериментальных данных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ выполнение курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 5 семестре для очной формы обучения, на 4 курсе зимней сессии для заочной формы обучения по системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие	Критерии оценивани	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
-------------	--------------------------------------	--------------------	---------	--------	-------	---------

	сформированность компетенции	я				
ОПК-6	знать: классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть: способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

ОПК-8	знать: аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь: участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	владеть навыками обработки экспериментальных данных		Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Основной метод решения задач нелинейного программирования:

- а) симплекс-метод;
- б) метод Ньютона,
- в) метод трапеций;
- г) метод Гомори.

2. Основные этапы решения задачи нелинейного программирования средствами EXCEL:

- а) - создание формы для ввода условий задачи;
- ввод исходных данных;
- ввод зависимостей из математической модели;
- ввод ограничений и граничных условий;
- б) - создание формы для ввода условий задачи;
- ввод исходных данных;

- ввод зависимостей из математической модели;
- назначение целевой функции;
- ввод ограничений и граничных условий.
- в) - создание формы для ввода условий задачи;
- ввод чертежа;
- ввод зависимостей из математической модели;
- назначение целевой функции;
- ввод ограничений и граничных условий.
- г) - создание формы для ввода условий задачи;
- ввод исходных данных;
- ввод спецификации;
- назначение целевой функции;
- ввод ограничений и граничных условий.

3. Математическая модель есть замещение объекта другим объектом, который отражает:

- а) все стороны данного объекта;
- б) некоторые стороны данного объекта;
- в) существенные стороны данного объекта;
- г) несущественные стороны данного объекта.

4. Результатом процесса формализации является:

- а) описательная модель;
- б) математическая модель;
- в) графическая модель;
- г) предметная модель.

5. Процесс построения моделей называется:

- а) моделирование;
- б) конструирование;
- в) экспериментирование;
- г) проектирование.

6. Модель - это:

- а) фантастический образ реальной действительности;
- б) описание объекта и его существенных свойств;
- в) материальный или абстрактный заменитель объекта, отражающий его пространственно-временные характеристики;
- г) уменьшенная копия объекта;

7. Цель оптимизационного моделирования заключается в:

- а) изменении параметров модели;
- б) выборе другого объекта моделирования;
- в) нахождении экстремума целевой функции;
- г) поиске других существенных параметров объекта моделирования;

8. Что является отличительной особенностью динамической модели?

- а) скорость изменения;
- б) стабильность;
- в) изменяемость в пространстве без изменения во времени;
- г) изменяемость во времени.

9. Адекватность математической модели это:

- а) достаточность информации о моделируемом объекте;
- б) приблизительное описание характеристик объекта;
- в) полное и точное описание моделируемого объекта;
- г) описание всех параметров модели.

10. Среди основных операций над математической моделью, присутствуют:

- а) синтез, анализ, принятие решения;
- б) управление, автоматизация, прогнозирование;
- в) линеаризация, идентификация;
- г) сложение и вычитание.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

Необходимо построить линейную, неполную квадратичную, полную квадратичную математические модели в кодированных значениях технологической операции формирования некоторого размера детали.

Адекватность проверить с доверительной вероятностью β .

Известно, что на ход операции оказывают влияние два фактора X_1 – температура (C^0); X_2 - давление (атм). Результаты трех параллельных наблюдений над y представлены в таблицах вариантов заданий в соответствии с шифром студенческого билета.

$\beta = 0.95$		Вариант 1			
	1	2	3	4	
y_1	1.20	2.03	4.16	4.58	
y_2	2.19	3.44	2.34	5.88	
y_3	0.99	0.2	1.41	4.74	

$\beta = 0.9$		Вариант 2			
	1	2	3	4	
y_1	1.09	2.31	3.14	4.40	
y_2	0.08	0.89	2.71	4.64	
y_3	1.09	2.28	4.28	3.86	

$\beta = 0.95$		Вариант 3			
	1	2	3	4	
y_1	2.95	3.47	5.18	5.87	
y_2	0.23	4.47	4.00	4.45	
y_3	4.38	4.68	3.42	5.81	

$\beta = 0.9$		Вариант 4			
	1	2	3	4	
y_1	1.73	3.99	4.10	4.45	
y_2	3.08	2.90	2.65	4.49	
y_3	3.16	3.54	3.56	3.81	

$\beta = 0.95$		Вариант 5			
	1	2	3	4	
y_1	0.7	5.79	4.04	6.41	
y_2	2.36	4.61	4.92	5.12	
y_3	2.91	2.64	5.83	6.42	

$\beta = 0.9$		Вариант 6			
	1	2	3	4	
y_1	0.7	5.79	4.04	6.41	
y_2	2.36	4.61	4.92	5.12	
y_3	2.91	2.64	5.83	6.42	

	1	2	3	4
y_1	2.74	5.38	4.40	4.54
y_2	1.75	4.97	5.01	6.41
y_3	1.79	3.24	5.21	6.12

$\beta = 0.95$ Вариант 7

	1	2	3	4
y_1	0.94	0.76	4.49	3.87
y_2	0.40	2.25	2.66	3.39
y_3	0.35	2.15	2.80	2.38

$\beta = 0.9$ Вариант 8

	1	2	3	4
y_1	0.15	1.30	3.89	4.86
y_2	2.11	4.19	3.51	2.84
y_3	2.22	2.84	2.29	5.88

$\beta = 0.95$ Вариант 9

	1	2	3	4
y_1	0.44	2.22	1.88	4.72
y_2	0.22	0.47	3.51	2.58
y_3	0.25	1.67	1.89	2.57

$\beta = 0.9$ Вариант 10

	1	2	3	4
y_1	2.65	3.07	4.83	4.15
y_2	0.87	0.86	4.08	5.61
y_3	4.92	2.49	4.56	4.77

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

Определить оптимальный вариант ГПС с использованием обобщенного (интегрального) аддитивного, мультипликативного критерия. Частными критериями, с помощью которых оценены варианты машины, являются ее производительность и надежность (наработка на отказ). Оба критерия стремятся к максимуму, т.е. наилучшими вариантами ГПС являются те из них, которые обеспечивают наибольшую ее производительность и надежность. Полученные расчеты сравнить с данными нахождения по методу Парето-эффективных решений. Исходные данные для решения задачи приведены в таблице.

Исходные данные для определения оптимального варианта ГПС

Вариант 1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.6$	1000	2000	4000	1500	1200	2100	1400	1300	3500	3800
Надежность (F_2), ч. $G = 0.4$	1500	500	800	1000	900	700	1400	1800	800	900
Вариант 2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.3$	3000	1000	3300	2200	1100	2300	1300	1400	3200	3500
Надежность (F_2), ч. $G = 0.7$	1400	600	900	1100	1000	800	1400	1700	900	1200
Вариант 3	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.4$	1100	2100	3000	1600	1300	2000	1500	1200	3400	3700
Надежность (F_2), ч. $G = 0.6$	1400	800	700	1100	800	900	1300	1100	900	800
Вариант 4	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.5$	1000	2000	4000	1500	1200	2100	1400	1300	3500	3800
Надежность (F_2), ч. $G = 0.5$	1400	600	900	1100	1000	800	1400	1700	900	1200
Вариант 5	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.3$	1100	2100	3000	1600	1300	2000	1500	1200	3400	3700
Надежность (F_2), ч. $G = 0.7$	1500	500	800	1000	900	700	1400	1800	800	900
Вариант 6	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.6$	1000	2000	4000	1500	1200	2100	1400	1300	3500	3800
Надежность (F_2), ч. $G = 0.4$	1100	900	750	800	1200	1000	800	700	800	900
Вариант 7	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.5$	3000	1000	3300	2200	1100	2300	1300	1400	3200	3500
Надежность (F_2), ч. $G = 0.5$	1400	800	700	1100	800	900	1300	1100	900	800
Вариант 8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.6$	2000	3000	1800	1500	3100	1900	1200	1500	1600	2100
Надежность (F_2), ч. $G = 0.4$	1100	900	750	800	1200	1000	800	700	800	900
Вариант 9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.8$	1200	1300	2000	1900	1800	3000	1500	1450	1300	2100
Надежность (F_2), ч. $G = 0.2$	700	800	1000	900	900	800	1100	1200	900	800
Вариант 10	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Производительность (F_1), шт/ч, $G = 0.7$	3000	1000	3300	2200	1100	2300	1300	1400	3200	3500
Надежность (F_2), ч. $G = 0.3$	1100	900	750	800	1200	1000	800	700	800	900

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету Не предусмотрено учебным планом

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей).
2. Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.
3. Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.
4. Математическое моделирование точности обработки деталей на станках.
5. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей.
6. Расчетно – аналитический метод определения точности обработки.
7. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков.
8. Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.

9. Моделирование связей производительности и точности операций металлообработки с изменением входных параметров.
10. Адаптивное управление процессом обработки.
11. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ.
12. Основы теории производительности и надежности автоматических и автоматизированных станочных систем.
13. Основные понятия о производительности и надежности автоматических линий.
14. Расчет производительности гибких производственных систем.
15. Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.
16. Основы теории оптимизации технологических процессов изготовления деталей и сборки машин.
17. Математическое моделирование оптимизации технологических процессов изготовления деталей и сборки машин.
18. Объемное планирование работы механического участка при достижении максимальной загрузки технологического оборудования.
19. Задача о минимальной загрузке оборудования.
20. Задача об оптимальном распределении деталей по станкам.
21. Задача о производстве продукции при ограниченных запасах сырья.
22. Определение значимости и влияния технологических факторов.
23. Определение адекватности моделей.
24. Понятие детерминированных и стохастических процессов.
25. Планирование экспериментов в технических системах.

7.2.6 Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

«Отлично» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно с соответствующими выводами. При ответе студент показывает глубокие знания вопросов темы, вносит обоснованные предложения по решению производственных задач, свободно ориентируется и знает действующие технологии, свободно оперирует понятиями и терминами, а во время ответа использует наглядный материал (рисунки, чертежи, схемы),

«Хорошо» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно с соответствующими выводами и обоснованными положениями. Студент показывает знания вопросов темы, вносит обоснованные предложения по решению производственных задач, без особых затруднений отвечает на поставленные вопросы. В ответе присутствуют ошибки, не являющиеся принципиальными, при этом студент способен ответить на замечания и предложить решения по их исправлению.

«Удовлетворительно» выставляется за ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно ответ, изложенный грамотно, логично и последовательно. При ответе студент проявляет неуверенность, показывает

слабое знание вопросов темы, не дает полного аргументированного ответа на заданные вопросы. В ответе имеются ошибки, являющиеся существенными, при этом студент способен ответить на большинство замечаний и предложить решения по их исправлению.

«Неудовлетворительно» выставляется за ответ, при котором студент либо затрудняется отвечать на поставленные вопросы, либо допускает существенные ошибки при этом учащийся не способен предложить какие-либо решения по их исправлению.

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основные понятия математического моделирования в машиностроении.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту, экзамен.
2	Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении.	ОПК-6, ОПК-8	Защита лабораторных работ, требования к курсовому проекту, экзамен.
3	Математическая статистика в моделировании технических систем.	ОПК-6, ОПК-8	Защита лабораторных работ, практические работы, требования к курсовому проекту, экзамен.
4	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.	ОПК-6, ОПК-8	Защита лабораторных работ, экзамен
5	Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.	ОПК-6, ОПК-8	Защита лабораторных работ, практические работы, экзамен

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи

компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Перова, А.В. Математическое моделирование в машиностроении. Курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения / А.В. Перова. – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2015. – Режим доступа:

<http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Перова, А.В. Математическое моделирование в машиностроении: курс лекций: [Электронный ресурс]: учеб. пособие по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения / А.В. Перова. – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2010. – Режим доступа:

<http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

3. Методические указания к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско–технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Конструкторско–технологическое обеспечение кузнечно–штамповочного производства») [Электронный ресурс] / А.В. Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2016. – 37 с. – Регистр. № 176-2016. – Режим доступа:

<http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 5-7 по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Электронный ресурс] / А.В. Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2017. – 37 с. – Регистр. № 112-2018. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

5. Методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 по дисциплине "Математическое моделирование в машиностроении" для

студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (направленности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Электронный ресурс] / А.В. Перова. – Воронеж: ФГБОУ ВО «ВГТУ», 2017. – 34 с. – Регистр. № 106-2017. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

6. Математическое моделирование в машиностроении: методические указания к выполнению практических работ для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А. В. Перова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2019. 34 с. – Регистр. № 44-2019.

7. Математическое моделирование в машиностроении: методические указания к выполнению лабораторных работ № 1-4 для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства» «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А. В. Перова. Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2024. 21 с. – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

8. Методические рекомендации по выполнению курсовых проектов (работ) по программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета, магистратуры / ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет»; сост.: В.Н. Почечихина, И.Н. Крючкова, Е.И. Головина. – Воронеж: изд-во ВГТУ, 2020. – 10 с.– Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>. – Файл: [MP по проектированию.pdf](#).

9. Организация самостоятельной работы обучающихся: методические указания для студентов, осваивающих основные образовательные программы высшего образования – бакалавриата, специалитета, магистратуры: методические указания / сост. В.Н. Почечихина, И.Н. Крючкова, Е.И. Головина, В.Р. Демидов; ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет». – Воронеж, 2020. – 14 с. – Файл: [ОСР.PDF](#). – Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>.

10. Математическое моделирование в машиностроении: методические указания к выполнению курсового проекта для студентов направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства»),

«Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения .– Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2022. 23 с. Режим доступа: <http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Лицензионное ПО

- Windows Pro Dev UpLic A Each Academic Non-Specific Professional;
- Office Std Dev SL A Each Academic Non-Specific Standard;
- Windows Server Std Core 16 SL A Each Academic Non-Specific Standard

Adobe Acrobat Reader
Google Chrome
LibreOffice WinDjView

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

<https://ro-edu.ru>

Образовательный портал ВГТУ

<https://old.education.cchgeu.ru/>

Информационная справочная система

<http://window.edu.ru/>

Информационная система ВГТУ

<https://wiki.cchgeu.ru/>

Современные профессиональные базы данных

Портал машиностроения

Машиностроение: сетевой электронный журнал

Адрес ресурса: <http://indust-engineering.ru/archives-rus.html>

Библиотека Машиностроителя

Адрес ресурса:

<https://lib-bkm.ru/>

Электронно-библиотечная система «Лань»

<https://e.lanbook.com/>

Электронная библиотечная система ВГТУ

<http://bibl.cchgeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

9.1	Специализированная лекционная аудитория, оснащенная оборудованием для лекционных демонстраций и проекционной аппаратурой
-----	--

9.2	Учебные лаборатории оборудованы проекторами и компьютерными программами
9.3	Дисплейный класс, оснащенный компьютерными программами для проведения лабораторного практикума и практических работ
9.4	Кабинеты, оборудованные проекторами и интерактивными досками
9.5	Натурные лекционные демонстрации: Компьютерные программы для реализации математических моделей Microsoft Excel; MathCad.

10 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» читаются лекции, проводятся практические занятия, лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета инженерных задач математического моделирования. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы направлены на освоение решений задач математического моделирования на ПЭВМ. При проведении лабораторных занятий основными методами являются: метод упражнений; метод решения служебных задач с помощью ПЭВМ; работа с документами. Выполнение лабораторных работ в соответствии с расписанием, каждая работа студентом защищается.

Большое значение по закреплению и совершенствованию знаний имеет самостоятельная работа студентов. Информацию обо всех видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

Освоение дисциплины оценивается на экзамене.


Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.

Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоения учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

№ п/п	Перечень вносимых изменений	Дата внесения изменений	Подпись заведующего кафедрой, ответственной за реализацию ОПОП
1	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.24	
2	Актуализирован раздел 8.1, 8.2 в части состава литературы, используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	29.08.25	