

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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



УТВЕРЖДАЮ

Декан ФМАТ

/ В.И. Рязских /

21 « 08 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины (модуля)**

«Математическое моделирование в машиностроении»

Направление подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Профиль Металлообрабатывающие станки и комплексы

Квалификация выпускника Бакалавр

Нормативный период обучения 4 года / 4 г. и 11 м.

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2021 г.

Автор программы _____ / А. В Перова. /

Заведующий кафедрой
Технологии машиностроения _____ / В.Г Грицок. /

Руководитель ОПОП _____ / В.Р Петренко. /

Воронеж 2021

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цели 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

	<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>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</p>
ОПК-8	<p>знать аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств</p>
	<p>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</p>
	<p>владеть навыками обработки экспериментальных данных</p>

4 ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоемкость дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» составляет 7 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	144	144			
Курсовой проект	есть	есть			
Контрольная работа	нет	нет			

Вид промежуточной аттестации: экзамен	36	36			
Общая трудоемкость, часов	252	252			
Зачетных единиц	7	7			

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	229	229			
Курсовой проект	есть	есть			
Контрольная работа	нет	нет			
Вид промежуточной аттестации: экзамен	9	9			
Общая трудоемкость, часов	252	252			
Зачетных единиц	7	7			

5 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия математического моделирования в машиностроении.	Классификация математических моделей процессов в машиностроении	2	-	-	18	20
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. Максимальный (минимаксный) критерий. Основные принципы выбора критериев оптимальности. Решение многокритериальных	6	4	20	36	66

		<p>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></p> <p>Уравнения Колмогорова для вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории массового обслуживания.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Классификация систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.</p>					
3	<p>Математическая статистика в моделировании технических систем.</p>	<p>Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании.</p> <p>Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u></p> <p>Статистический подход и концепция «черного ящика». Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моде-</p>	6	14	12	36	68

		лей). Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов. Планирование эксперимента					
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	24	30	
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 металлообработки с изменением входных параметров. Идея адаптивного управления процессом обработки. Моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на станках с ЧПУ. 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.	2	-	-	30	32

	Производительность и надежность заблокированных 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	18	18	36	144	216
	Экзамен	-	-	-	-	36
	Всего	18	18	36	144	252

Заочная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	Основные понятия математического моделирования в машиностроении.	Классификация математических моделей процессов в машиностроении	2	-	2	40	44
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. Максимальный (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 случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потoki событий <u>Самостоятельное изучение.</u> Уравнения Колмогорова для	2	2	-	44	48

		<p>вероятностей состояний. Финальные вероятности состояний. Задачи теории массового обслуживания.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Классификация систем массового обслуживания. Математические модели простейших систем массового обслуживания. Одноканальная СМО с отказами.</p>					
3	<p>Математическая статистика в моделировании технических систем.</p>	<p>Основные понятия статистического моделирования. <u>Самостоятельное изучение.</u> Стохастические и детерминированные технологические процессы.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Примеры статистических моделей; их достоинства и недостатки. Особенности моделей принятия решения в статистическом моделировании.</p> <p>Статистические оценки и их вычисление. Исключение аномальных явлений с помощью критерия Грабса. Предварительная обработка данных.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Статистический подход и концепция "черного ящика". Этапы статистического моделирования. Дисперсионный анализ.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование силового взаимодействия в зоне резания при изготовлении деталей на станках</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> Порядок проведения силовых экспериментов и аппроксимации результатов измерений (получения математических моделей).</p> <p>Аналитическая обработка экспериментальных данных методом наименьших квадратов.</p> <p>Планирование эксперимента</p>	-	2	4	45	51
4	<p>Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.</p>	<p><u>Самостоятельное изучение</u> Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.</p> <p>Системный характер технических систем.</p>	-	-	-	50	50

5	<p>Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.</p>	<p><u>Самостоятельное изучение.</u> Математическое моделирование точности обработки деталей на станках. Основные факторы, определяющие погрешность обработки деталей.</p> <p>Расчетно – аналитический метод определения точности обработки. Моделирование точности обработки деталей на основе динамических характеристик станков.</p> <p><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.</p> <p>Адаптивные системы предельного регулирования. Адаптивные системы оптимального управления.</p> <p><u>Самостоятельное изучение.</u> 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>	-	-	-	50	50
---	---	---	---	---	---	----	----

		Самостоятельное изучение. Производительность и надежность автоматических и автоматизированных станочных систем.					
		Итого	4	4	6	229	243
		Экзамен	-	-	-	-	9
		Всего	4	4	6	229	252

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	Наименование лабораторной работы	Объем часов	Виды контроля
1	Определить минимальные мощностные затраты при резании материалов	4	
2	Оптимальный выбор ГПС	4	отчет
3	Математическое моделирование поверхностного пластического деформирования поверхностей торoidalным 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	

5.3 Перечень практических работ

№ п/п	Тема и содержание практического занятия	Объем часов	Виды контроля
1	Статистическая оценка распределений показателей свойств материалов. Результаты наблюдений в виде вариационного ряда. Определение основных числовых характеристик. Результаты наблюдений в виде статистического ряда.	2	
2	Оценка соответствия наблюдаемых данных нормальному закону распределения (проверка гипотез). Оценка соответствия по асимметрии и эксцессу.	2	
3	Оценка соответствия по критерию Смирнова Оценка соответствия по критерию Пирсона	2	
4	Вероятностные оценки показателей свойств материалов. Отбрасывание резко выделяющихся	2	

	наблюдений		
5	Определение доверительного интервала для среднего значения Оценка гарантируемого уровня	2	
6	Оценка вероятности попадания в установленные пределы Определение объема испытаний (наблюдений)	2	
7	Определение функций эксплуатационных свойств материалов по наблюдаемым данным. Сглаживание опытных данных методом наименьших квадратов.	2	
8	Аппроксимация опытных данных. Линейная зависимость Полулогарифмическая зависимость.	2	Контр. раб.
9	Логарифмическая зависимость. Степенная зависимость.	2	
Итого часов		18	

6 ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

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

Примерная тематика курсового проекта: «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

В курсовой проект включаются:

- 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 не предусмотрено выполнение контрольной работы (контрольных работ) в 5 семестре для очной формы обучения и в 7 семестре для заочной формы обучения.

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 и курсового проекта</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 ресурсов в машиностроительных производствах; навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
ОПК-8	<p>знать аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств</p>	<p>Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах</p>
	<p>уметь участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях,</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Выполнение работ в срок, предусмотренный в ра-</p>	<p>Невыполнение работ в срок, предусмотренный в ра-</p>

	целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности		бочих программах	бочих программах
	владеть навыками обработки экспериментальных данных	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ, защита 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 для очной формы обучения оцениваются в 5 семестре и для заочной формы обучения оцениваются в 7 семестре по системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл	Неудовл
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 кон-	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных

	<p>структурско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств;</p> <p>оценивать точность и достоверность результатов моделирования</p>					ответов
	<p>владеть способами рационального использования необходимых видов ресурсов в машиностроительных производствах;</p> <p>навыками выбора и применения математических моделей в машиностроении, использования существующих математических моделей при проектировании, эксплуатации, изготовлении продукции машиностроительных производств</p>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
ОПК-8	<p>знать аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств</p>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<p>уметь участвовать в постановке целей проекта (программы), его задач при заданных критериях, целевых функциях, ограничениях, разработке структуры их взаимосвязей, определении приоритетов</p>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

	решения задач с учетом правовых, нравственных аспектов профессиональной деятельности					
	владеть навыками обработки экспериментальных данных	Тест	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 ($^{\circ}\text{C}$); X_2 - давление (атм.). Результаты трех параллельных наблюдений над y_1 , y_2 и y_3 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	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,	3000	1000	3300	2200	1100	2300	1300	1400	3200	3500

G = 0.5										
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 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. 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 он 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, экзамен, устный опрос; защита лабораторных и практических работ, требования к курсовому проекту.
2	Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; защита лабораторных и практических работ, требования к курсовому проекту.
3	Математическая статистика	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос;

	в моделировании технических систем.		защита лабораторных и практических работ, требования к курсовому проекту.
4	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; защита лабораторных и практических работ, требования к курсовому проекту.
5	Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; защита лабораторных и практических работ, требования к курсовому проекту.

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 тестовых заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем экзаменатором осуществляется проверка теста и выставляется оценка, согласно методике 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 экзаменатором осуществляется проверка решения задач и выставляется оценка, согласно методике 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 экзаменатором осуществляется проверка решения задач и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсового проекта осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

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.cchqeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

2. Перова, А.В. Математическое моделирование в машиностроении: курс лекций: [Электронный ресурс]: учеб. пособие по дисциплине "Матема-

тическое моделирование в машиностроении" для студентов специальности 151001 «Технология машиностроения» всех форм обучения / А.В. Перова. – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2010. – URL: <http://bibl.cchqeu.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.cchqeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

4. Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине "Основы математического моделирования" для студентов направления подготовки бакалавров 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (направленности «Конструкторско-технологическое обеспечение кузнечно-штамповочного производства», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Технология машиностроения») всех форм обучения [Текст] / ФГБОУ ВО "Воронежский государственный технический университет"; сост. А.В. Перова. – Воронеж, 2017. – 37 с. – Регистр. № 105-2017.

5. 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.cchqeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

6. 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.cchqeu.ru/MarcWeb2/Found.asp>

7. 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 комплек-

сы», «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.

8. Методические указания к выполнению курсовой работы по дисциплине «Основы математического моделирования» для студ. направления 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (профили: «Технология машиностроения», «Металлообрабатывающие станки и комплексы», «Конструкторско–технологическое обеспечение кузнечно–штамповочного производства») всех форм обучения [Электронный ресурс] / А.В. Перова – Воронеж: ФГОУ ВО «ВГТУ», 2016. – Регистр. № 177–2016. – URL: <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

LibreOffice

MathCad.

Ресурс информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

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

Образовательный портал ВГТУ

Информационная справочная система

<http://window.edu.ru>

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

Современные профессиональные базы данных

Ресурс машиностроения

Адрес ресурса: <http://www.i-mash.ru/>

Портал машиностроения

Адрес ресурса: <http://www.mashportal.ru/main.aspx>

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 о видах самостоятельной работы студенты получают на занятиях.

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



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

Освоение дисциплины оценивается на экзамене.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометить 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 работ для подготовки к ним необходимо: 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 усвоению 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 8.1 в части состава учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	31.08.2022	
2	Актуализирован раздел 8.2 в части состава используемого лицензионного программного обеспечения, современных профессиональных баз данных и справочных информационных систем	31.08.2022	
3	Актуализирован раздел 9 в части состава материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса	31.08.2022	