

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ

В.И. Ряжских

29 февраля 2023 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 года 11 мес.

Форма обучения Очная / Заочная

Год начала подготовки 2023 г.

Автор программы

/А.В. Перова /

Заведующий кафедрой  
технологии машиностроения

/В.Г. Грицюк /

Руководитель ОПОП

/М.Н. Краснова/

Воронеж 2023

# 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><b>уметь</b> 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><b>владеть</b> 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><b>знать</b> аналитические и численные методы математического моделирования, используемые при проектировании, эксплуатации и исследованиях продукции и объектов машиностроительных производств</p>
	<p><b>уметь</b> 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><b>владеть</b> 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			
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	72	72			
В том числе:					
Лекции	18	18			
Практические занятия (ПЗ)	18	18			
Лабораторные работы (ЛР)	36	36			
<b>Самостоятельная работа</b>	144	144			
Курсовой проект	есть	есть			
Контрольная работа	нет	нет			



		<p>машиностроении с использованием теории массового обслуживания и расписаний Основы теории массового обслуживания. Понятие случайного процесса. Марковский случайный процесс. Потoki 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 моделей).</p>	6	14	12	36	68

		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
<b>Всего</b>			<b>18</b>	<b>18</b>	<b>36</b>	<b>144</b>	<b>252</b>

### 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
		<b>Всего</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>229</b>	<b>252</b>

### 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	
<b>Итого часов</b>		<b>36</b>	

### 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 наблюдений	2	

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	Индивидуал. раб.
9	Логарифмическая зависимость. Степенная зависимость.	2	
<b>Итого часов</b>		<b>18</b>	

## **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».

<b>Компетенция</b>	<b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b>	<b>Критерии оценивания</b>	<b>Аттестован</b>	<b>Не аттестован</b>
ОПК-6	знать классификацию методов математического моделирования, используемых в машиностроении; аналитические и численные методы при разработке математических моделей, а также современные методы разработки малоотходных,	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите лабораторных работ и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных технологий			
	<b>уметь</b> применять математические методы для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств с применением стандартных программных средств; оценивать точность и достоверность результатов моделирования	Решение стандартных практических задач	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>владеть</b> 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	Решение прикладных задач в конкретной предметной области, выполнение плана лабораторных работ	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-8	<b>знать</b> 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 и курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	<b>уметь</b> 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
	<b>владеть</b> навыками обработки экспериментальных данных	Решение прикладных задач в конкретной	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

		предметной области, выполнение плана лабораторных работ, защита курсового проекта	ренный в рабочих программах	ренный 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 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

	<p><b>владеть</b> 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><b>знать</b> 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><b>уметь</b> 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>	Тест	Выполнение теста на 90-100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	<p><b>владеть</b> навыками обработки экспериментальных данных</p>	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. 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  $\beta$ .

Известно, что на ход операции оказывают влияние два фактора  $X_1$  – температура ( $С^0$ );  $X_2$  - 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, $G = 0.5$	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 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

К промежуточной аттестации допускаются студенты, защитившие на положительную оценку практические и лабораторные работы, сдавшие текущую аттестацию, и защитившие курсовой проект.

«Отлично» на экзамене ставится 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» ставится 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» ставится 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» ставится 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; требования к курсовому проекту, защита
2	Решение многокритериальных задач оптимизации процессов в машиностроении.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; требования к курсовому проекту, защита
3	Математическая статистика в моделировании технических систем.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; требования к курсовому проекту, защита
4	Математическое моделирование упругих деформаций в технологической системе.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; требования к курсовому проекту, защита

5	Математическое моделирование управления производительностью, себестоимостью и точностью обработки деталей на металлорежущих станках.	ОПК-6, ОПК-8	Тест, экзамен, устный опрос; требования к курсовому проекту, защита
---	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------	---------------------------------------------------------------------

### **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 "Математическое 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 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.

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

9. 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](#).

10. 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>.

**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; 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 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: - 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 внесе- ния измене- ний	Подпись заведую- щего кафедрой, от- ветственной за реа- лизацию ОПОП
1			
2			