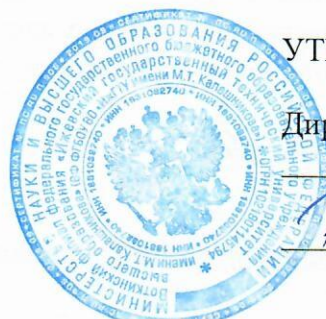


МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Воткинский филиал  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»



УТВЕРЖДАЮ

Директор

И.А. Давыдов

18 апреля 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Математическое моделирование в машиностроении

направление 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

профиль Технология машиностроения

уровень образования: бакалавриат

форма обучения: очно-заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: 4 зачетные единицы

Кафедра Технология машиностроения и приборостроения

Составитель Смирнов Виталий Алексеевич, к. т. н., доцент

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» (уровень бакалавриата) № 1044 от 17.08.2020 и рассмотрена на заседании кафедры

Протокол от 18 апреля 2022 г. № 4

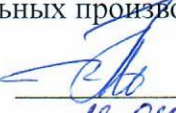
Заведующий кафедры «Технология машиностроения и приборостроения»

  
\_\_\_\_\_  
18.04 Р. М. Бакиров  
2022 г.

## СОГЛАСОВАНО

Количество часов рабочей программы и формируемые компетенции соответствуют учебному плану направления 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Председатель учебно-методической комиссии по направлению подготовки 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

  
\_\_\_\_\_  
18.04 А.Н. Шельпяков  
2022 г.

Ведущий специалист учебной части  
ВФ ФГБОУ ВО «ИжГТУ имени М.Т. Калашникова»

  
\_\_\_\_\_  
18.04 Л.Н. Соловьева  
2022 г.

## Аннотация к дисциплине

<i>Название дисциплины</i>	Математическое моделирование в машиностроении
<i>Направление подготовки (специальность)</i>	15.03.05 - Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств
<i>Профиль</i>	Технология машиностроения
<i>Место дисциплины</i>	Обязательная часть Блока 1. Дисциплины (модули)
<i>Трудоемкость (з.е. / часы)</i>	4 з.е. / 144 часов
<i>Цель изучения дисциплины</i>	Целью освоения дисциплины является ознакомление с основными методами математического моделирования технических систем в машиностроении.
<i>Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины</i>	ОПК-5. Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда; ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.
<i>Содержание дисциплины (основные разделы и темы)</i>	Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины и ошибки вычислений. Построение математической модели по экспериментальным данным. Случайные величины и их характеристики. Имитационное моделирование в машиностроении. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ. Размерный анализ методами имитационного моделирования. Решение задач теории поля. Математическое моделирование траектории движения инструмента на станке с ЧПУ.
<i>Форма промежуточной аттестации</i>	Зачет

## 1. Цели и задачи дисциплины:

**Целью** дисциплины является ознакомление с основными методами математического моделирования технических систем в машиностроении.

### Задачи дисциплины:

- приобретение знаний по основным методам построения математических моделей в машиностроении;
- приобретение умений построения математических моделей технологических процессов в машиностроении;
- приобретение навыков работы с программными средствами для математического и имитационного моделирования.

## 2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины у студента должны быть сформированы

### Знания, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Знания
1	основные положения теории моделирования технических систем
2	способы построения математических моделей технологических процессов в машиностроении

### Умения, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Умения
1	применять основные методы построения математических моделей технических систем
2	оценивать точность и достоверность результатов моделирования
3	обрабатывать экспериментальные данные и строить на их основе математические модели

### Навыки, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

№ п/п	Навыки
1	работа с программными средствами для математического и имитационного моделирования
2	реализация простых алгоритмов имитационного моделирования

### Компетенции, приобретаемые в ходе освоения дисциплины

Компетенции	Индикаторы	Знания	Умения	Навыки
ОПК-5. Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления машиностроительных изделий требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах	ОПК-5.1. Знать: законы естественных наук, основные закономерности, действующие в процессе конструирования и проектирования машиностроительных изделий, их влияние на качественные показатели и производственные затраты.	1,2	-	-
	ОПК-5.2. Уметь: применять естественнонаучные знания для	-	1,2,3	-

общественного труда.	конструирования и проектных расчетов изделий машиностроения, определения производственных затрат.			
	ОПК-5.3. Владеть: навыками конструирования и проектных расчетов изделий машиностроения, определения производственных затрат	-	-	1,2
ОПК-8. Способен участвовать в разработке обобщенных вариантов решения проблем, связанных с машиностроительными производствами, выборе оптимальных вариантов прогнозируемых последствий решения на основе их анализа.	ОПК-8.1. Знать: методы оптимизации объектов, процессов и систем инженерной деятельности	1,2	-	-
	ОПК-8.2. Уметь: проводить анализ технической задачи и выбирать адекватные методы решения.	-	1,2,3	-
	ОПК-8.3. Владеть: навыками использования выбранных методов	-	-	1,2

### 3. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина относится к обязательной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» ООП.

Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

Изучение дисциплины базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных при освоении дисциплин (модулей):

Математика, физика, информатика, методы компьютерного конструирования, введение в профессиональную деятельность, технология конструкционных материалов.

Перечень последующих дисциплин (модулей), для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной (модулем):

Оптимальное проектирование в машиностроении, технология машиностроения, программирование станков с числовым программным управлением, технологические процессы сборочного производства.

### 4. Структура и содержание дисциплины

#### 4.1 Структура дисциплины

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы					СРС	Содержание самостоятельной работы
				контактная				СРС		
				лек	пр	лаб	КЧА			
1	2	3	4	5	6	7	8	10	11	
1	Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины и ошибки вычислений.	26	5	3	-	4	-	19		Изучение материала. Просмотр видео. Подготовка к лабораторной работе.

2	Построение математической модели по экспериментальным данным.	32	5	4	4	-	-	24	Изучение материала. Просмотр видео.
3	Имитационное моделирование в машиностроении	36	5	4	-	4	-	28	Изучение материала. Просмотр видео. Подготовка к лабораторной работе.
4	Решение задач теории поля.	28	5	3	4	-	-	21	Изучение материала. Просмотр видео.
5	Математическое моделирование траектории движения инструмента.	20	5	2	-	-	-	18	Изучение материала. Подготовка к лабораторной работе.
	Зачет	2	6	-	-	-	0,3	1,7	Зачет выставляется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости
	Итого:	144		16	8	8	0,3	111,7	

#### 4.2 Содержание разделов курса и формируемых в них компетенций

№ п/п	Раздел дисциплины	Коды компетенции и индикаторов	Знания	Умения	Навыки	Форма контроля
1	Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины и ошибки вычислений.	ОПК-5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 8.2, 8.3	1,2	1,2	1	Ответы на вопросы на лекции. Тестирование. Защита лабораторной работы.
2	Построение математической модели по экспериментальным данным.	ОПК-5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 8.2, 8.3	2	2,3	1	Ответы на вопросы на лекции. Тестирование. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.
3	Имитационное моделирование в машиностроении	ОПК-5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 8.2, 8.3	1,2	1,2	1,2	Тестирование. Защита лабораторной работы.

4	Решение задач теории поля.	ОПК-5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 8.2, 8.3	2	1,2	1	Тестирование. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.
5	Математическое моделирование траектории движения инструмента.	ОПК-5.1, 5.2, 5.3, 8.1, 8.2, 8.3	2		1	Устный опрос.

#### 4.3 Наименование тем лекций, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лекций	Трудоемкость (час)
1.	1	Сущность математического моделирования. Ошибки вычислений. Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин.	3
2.	2	Однофакторная линейная и нелинейная регрессия. Многофакторная регрессия. Установление закона распределения случайной величины по выборке. Проверка статистических гипотез в машиностроении.	4
3.	3	Сущность имитационного моделирования. Размерный анализ методами имитационного моделирования. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ. Имитационное моделирование работы сложных систем.	4
4.	4	Теоретические сведения о задачах теории поля. Начальные и граничные условия. Метод конечных разностей. Метод конечных элементов.	3
5.	5	Методы моделирования траектории движения инструмента на станке с ЧПУ	2
	<b>Всего</b>		<b>16</b>

#### 4.4 Наименование тем практических занятий, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических работ	Трудоемкость (час)
1.	2	Построение математической модели по экспериментальным данным. <i>Многофакторная регрессионная модель по экспериментальным данным. Проверка адекватности модели. Установление закона распределения случайной величины по выборке.</i>	4
3.	4	Моделирование теплопередачи в ELCUT. <i>Использование прикладных программных продуктов для решения задач теплопроводности.</i>	4
	<b>Всего</b>		<b>8</b>

#### 4.5 Наименование тем лабораторных работ, их содержание и объем в часах

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость (час)
1.	1	Ошибки вычислений. <i>Составить математическую модель для расчета массы детали по ее чертежу. Рассчитать результирующую погрешность массы детали в зависимости от погрешностей ее размеров. Дать рекомендации по уменьшению результирующей погрешности.</i>	4
2.	3	Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ. <i>Составить имитационную модель для прогнозирования результирующей точности инструментального блока для станка с ЧПУ. Выполнить расчеты в соответствии с имитационной моделью с использованием персонального компьютера.</i>	4
	<b>Всего</b>		<b>8</b>

#### 5. Оценочные материалы для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине

Для контроля результатов освоения дисциплины проводятся:

– тестирование:

Тест №1. Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины и ошибки вычислений.

Тест №2. Построение математической модели по экспериментальным данным.

Тест №3. Имитационное моделирование в машиностроении

Тест №4. Решение задач теории поля.

– защиты лабораторных работ:

ЛР №1. Ошибки вычислений.

ЛР №2. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ.

– зачет.

Примечание: оценочные материалы приведены в приложении к рабочей программе дисциплины.

Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины – зачет.

#### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:

##### а) основная литература:

1. Статистические методы решения технологических задач: учебное пособие / О. В. Александрова, Т. А. Мацевич, Л. В. Кирьянова, В. Г. Соловьев. — Москва: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 152 с. — ISBN 978-5-7264-1076-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/57057.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Аверченков, В. И. Основы математического моделирования технических систем: учебное пособие / В. И. Аверченков, В. П. Федоров, М. Л. Хейфец. — Брянск: Брянский государственный технический университет, 2012. — 271 с. — ISBN 5-89838-126-0. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR



- BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/7003.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
3. Севостьянов, А. В. Расчёт распределения температуры с использованием конечно-разностных методов: методические указания к расчётной работе по дисциплине «Численные методы решения задач теплоэнергетики» / А. В. Севостьянов. — Липецк: Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 41 с. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/55148.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
  4. Смирнов В.А. Оптимальное проектирование в машиностроении в примерах и задачах [Текст]: учебное пособие / В.А. Смирнов. – Старый Оскол : ТНТ, 2021. – 312 с. : ил. ISBN 978-5-94178-697-8.
  5. Смирнов В.А. Математическое моделирование в машиностроении в примерах и задачах: учебное пособие / В.А. Смирнов. – Старый Оскол: ТНТ, 2018. – 364 с.

#### **б) дополнительная литература:**

6. Ашихмин, В. Н. Введение в математическое моделирование: учебное пособие / В. Н. Ашихмин, М. Б. Гитман, И. Э. Келлер. — Москва: Логос, 2004. — 439 с. — ISBN 5-94010-272-7. — Текст: электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/9063.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
7. Соломенцев Ю.М. и др. Моделирование точности при автоматизированном проектировании металлорежущего оборудования: Обзорная информация / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, М.Г. Косов. – М.: ВНИИТЭМР, 1985. – 58 с.
8. Черный А.А. Математическое моделирование: Учеб. пособие – Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2011. – 256 с. [Электронный ресурс]. — URL: <http://window.edu.ru/resource/912/72912/files/stup573.pdf>. — Режим доступа: свободный.
9. Щитов И.Н. Введение в методы оптимизации: Учеб. пособие для вузов / И.Н. Щитов. – М.: Высш. шк., 2008. – 206 с.: ил.

#### **в) методические указания:**

10. Ошибки вычислений: учеб.-метод. пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 12 с.
11. Построение математической модели по экспериментальным данным. Многофакторная регрессия: учеб.-метод. пособие для выполнения практической работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 12 с.
12. Установление закона распределения размера детали: учеб.-метод. пособие для выполнения практической работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 8 с.
13. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ: учеб.-метод. пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 20 с.
14. Имитационное моделирование в размерном анализе конструкций: учеб.-метод. пособие для выполнения практической работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 11 с.

15. Моделирование теплопередачи в ELCUT: учеб.-метод. пособие для выполнения практической работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ имени М.Т.Калашникова, 2021. – 14 с.
16. Математическое моделирование траектории движения инструмента на токарном станке с ЧПУ: учеб.-метод. пособие для выполнения лабораторной работы по дисциплине «Математическое моделирование в машиностроении» / сост.: В.А. Смирнов. – Воткинск: Изд. ВФ ИжГТУ им. М.Т. Калашникова, 2021. – 12 с.
17. Методические указания «Оформление контрольных работ, рефератов, курсовых работ и проектов, отчетов по практике, выпускных квалификационных работ». Составители: А.Ю. Уразбахтина, Р.М. Бакиров, В.А. Смирнов [Электронный ресурс]. — URL: [http://vfistu.ru/images/files/docs/metodichka\\_po\\_oformleniu\\_v3.pdf](http://vfistu.ru/images/files/docs/metodichka_po_oformleniu_v3.pdf). — Режим доступа: свободный.
18. Учебно-методическое пособие по организации самостоятельной работы обучающихся. Составители: Е.В. Чумакова, Р.М. Бакиров [Электронный ресурс]. — URL: [http://www.vfistu.ru/images/files/docs/metorg\\_po\\_sam\\_rabote.pdf](http://www.vfistu.ru/images/files/docs/metorg_po_sam_rabote.pdf). — Режим доступа: свободный.

**г) перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети Интернет:**

1. Электронно-библиотечная система IPRBooks <http://istu.ru/material/elektronno-bibliotechnaya-sistema-iprbooks>.
2. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф>.
3. Мировая цифровая библиотека – <http://www.wdl.org/ru/>.
4. Международный индекс научного цитирования Web of Science – <http://webofscience.com>.
5. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU – <https://elibrary.ru/defaultx.asp>.

**д) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

1. Microsoft Excel 2016.
2. КОМПАС-3D v18.1.
3. WinNC.
4. ELCUT Студенческий.

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

1. Лекционные занятия.

Учебные аудитории для лекционных занятий укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Практические занятия.

Учебные аудитории для практических занятий укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

3. Лабораторные работы.

Для лабораторных занятий используется аудитория №205, оснащенная следующим оборудованием: интерактивная доска, компьютер - 25 шт., интерактивный учебный класс EMCO на 7 учебных мест, 3D-принтер ANYCUBIC S - 2 шт.

#### 4. Самостоятельная работа.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде ИжГТУ имени М.Т. Калашникова:

- библиотека ВФ ИжГТУ имени М.Т. Калашникова (адрес: 427430, г. Воткинск, ул. Шувалова, д. 1);

При необходимости рабочая программа дисциплины (модуля) может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для обучения с применением дистанционных образовательных технологий. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

**Лист согласования рабочей программы дисциплины (модуля) на  
учебный год**

Рабочая программа дисциплины «Математическое моделирование в машиностроении» по направлению подготовки  
15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

по профилю  
Технология машиностроения

согласована на ведение учебного процесса в учебном году:

<b>Учебный год</b>	<b>«Согласовано»: заведующий кафедрой, ответственной за РПД (подпись и дата)</b>
2021 – 2022	
2022 – 2023	
2023 – 2024	
2024 – 2025	

**Приложение к рабочей программе  
дисциплины (модуля)**

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Воткинский филиал  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»

**Оценочные средства  
по дисциплине**

Математическое моделирование в машиностроении  
наименование – полностью

направление 15.03.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств

профиль Технология машиностроения

уровень образования: бакалавриат

форма обучения: очно-заочная

общая трудоемкость дисциплины составляет: \_\_\_\_\_4\_\_\_\_\_ зачетных  
единиц(ы)

## 1. Оценочные средства

Оценивание формирования компетенций производится на основе результатов обучения, приведенных в п. 2 рабочей программы и ФОС. Связь разделов компетенций, индикаторов и форм контроля (текущего и промежуточного) указаны в таблице 4.2 рабочей программы дисциплины.

Оценочные средства соотнесены с результатами обучения по дисциплине и индикаторами достижения компетенций, представлены ниже.

№ п/п	Коды компетенции и индикаторов	Результат обучения (знания, умения и навыки)	Формы текущего и промежуточного контроля
1	ОПК-5.1. Знать: законы естественных наук, основные закономерности, действующие в процессе конструирования и проектирования машиностроительных изделий, их влияние на качественные показатели и производственные затраты.	Знания: - основные положения теории моделирования технических систем - способы построения математических моделей технологических процессов в машиностроении	Тестирование. Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий. Зачет.
2	ОПК-5.2. Уметь: применять естественнонаучные знания для конструирования и проектных расчетов изделий машиностроения, определения производственных затрат.	Умения: - применять основные методы построения математических моделей технических систем - оценивать точность и достоверность результатов моделирования - обрабатывать экспериментальные данные и строить на их основе математические модели	Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.
3	ОПК-5.3. Владеть: навыками конструирования и проектных расчетов изделий машиностроения, определения производственных затрат	Навыки: работа с программными средствами для математического и имитационного моделирования реализация простых алгоритмов имитационного моделирования	Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.
4	ОПК-8.1. Знать: методы оптимизации объектов, процессов и систем инженерной деятельности	Знания: - основные положения теории моделирования технических систем - способы построения математических моделей технологических процессов в машиностроении	Тестирование. Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий. Зачет.
5	ОПК-8.2. Уметь: проводить анализ технической задачи и выбирать адекватные методы решения.	Умения: - применять основные методы построения математических моделей технических систем - оценивать точность и достоверность результатов моделирования - обрабатывать экспериментальные данные и строить на их основе математические модели	Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.

6	ОПК-8.3. Владеть: навыками использования выбранных методов	Навыки: работа с программными средствами для математического и имитационного моделирования реализация простых алгоритмов имитационного моделирования	Защита лабораторной работы. Работа на практических занятиях: текущий контроль выполнения заданий.
---	--	--	--

### Типовые задания для оценивания формирования компетенций

**Наименование:** зачет

**Представление в ФОС:**

**Перечень вопросов для проведения зачета:**

Раздел	Вопросы для проведения зачета
1	1. Ошибки вычислений. 2. Случайные величины и их характеристики. 3. Законы распределения случайных величин.
2	4. Однофакторная линейная и нелинейная регрессия. 5. Многофакторная регрессия. 6. Установление закона распределения случайной величины по выборке. 7. Проверка статистических гипотез в машиностроении.
3	8. Сущность имитационного моделирования. 9. Размерный анализ методами имитационного моделирования. 10. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ. 11. Имитационное моделирование работы сложных систем.
4	12. Теоретические сведения о задачах теории поля. 13. Начальные и граничные условия. 14. Метод конечных разностей. 15. Метод конечных элементов.
5	16. Методы моделирования траектории движения инструмента на станке с ЧПУ

**Критерии оценки:**

Приведены в разделе 2

**Наименование:** тест

**Представление в ФОС:** набор тестов по разделам дисциплины

**Варианты тестов:**

**Тест по разделу «Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины».**

**1. В чем преимущества математического моделирования процесса по сравнению с его экспериментальным исследованием?**

- Математическое моделирование дает более точный результат, чем эксперимент
- Математическое моделирование как правило дешевле, чем эксперимент
- Математическое моделирование можно осуществить даже там, где невозможен эксперимент
- Математическое моделирование позволяет получить общий результат, то есть результат для любых исходных данных

**2. Каковы источники неустранимой погрешности при математическом моделировании?**

- Неточность задания исходных данных
- Погрешности округления величин при вычислениях
- Неучтенные факторы в математической модели
- Ошибки, допущенные при решении математической модели

3. Рассчитайте погрешность суммы двух чисел  $(10 \pm 1\%) + (20 \pm 1\%)$

- $30 \pm 2\%$
- $30 \pm 1\%$
- $30 \pm 1,5\%$
- $30 \pm 0,5\%$

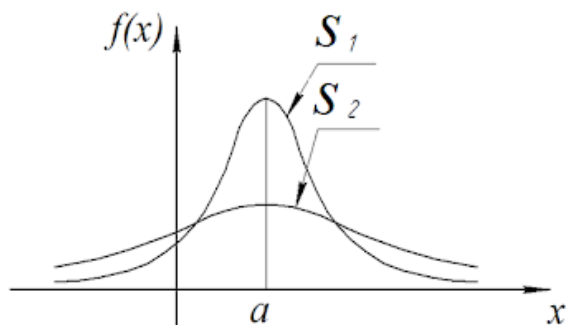
4. Рассчитайте погрешность произведения двух чисел  $(10 \pm 0,1 \text{ мм}) * (200 \pm 2 \text{ Н})$

- $2000 \pm 40 \text{ Н*мм}$
- $2000 \pm 2,1 \text{ Н*мм}$
- $2000 \pm 20 \text{ Н*мм}$
- $2000 \pm 4,2 \text{ Н*мм}$

5. Случайная величина имеет равномерное распределение в интервале  $[1; 9]$ . Какова вероятность попадания этой величины в интервал  $[0; 3]$ ?

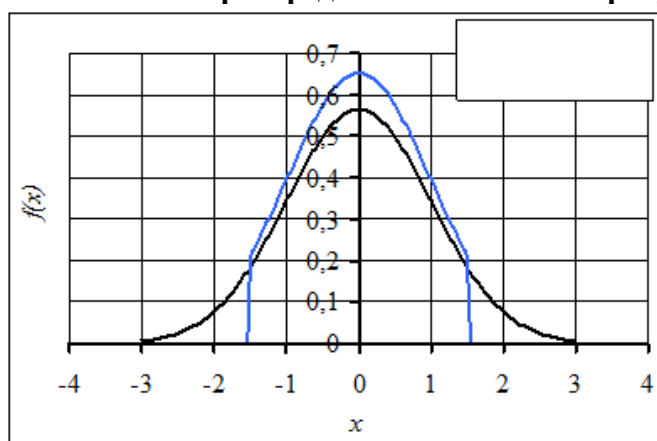
- $3/8$
- $1/4$
- $1/3$
- $3/10$

6. Сравните величины среднеквадратических отклонений  $S$  двух случайных величин, распределения которых показаны на рисунке



- $S_1 = S_2$
- $S_1 > S_2$
- $S_1 < S_2$

7. Какой закон распределения показан на рисунке линией синего цвета?



- Нормальный закон распределения
- Логарифмически нормальный закон распределения
- Экспоненциальный закон распределения
- Усеченный нормальный закон распределения

8. Какая из перечисленных характеристик показывает вариацию случайной величины?

- Медиана



- Среднее арифметическое
- Стандартное отклонение
- Коэффициент асимметрии

**9. Какова вероятность попадания случайной величины, имеющей нормальное распределение с параметрами  $\mu=2$ ,  $\sigma=0,2$ , в интервал  $[1,6; 2,4]$ .**

- 0,95
- 0,68
- 0,99
- 0,84

**10. Какие задачи решаются при установлении закона распределения случайной величины?**

- Визуальная оценка характера распределения случайной величины
- Определение характеристик случайной величины
- Установление взаимосвязи случайной величины с другой случайной величиной
- Прогнозирование вероятности попадания случайной величины в тот или иной интервал

**Тест по разделу «Построение математической модели по экспериментальным данным».**

**1. В чем заключается задача интерполяции функций?**

- Даны координаты экспериментально полученных точек. Необходимо составить функцию, которая проходила бы через все точки.
- Даны координаты экспериментально полученных точек. Необходимо составить функцию, которая проходила бы наиболее близко к исходным точкам.
- Даны координаты экспериментально полученных точек. Необходимо составить функцию, которая проходила бы через первую и последнюю точки.
- Даны координаты экспериментально полученных точек. Необходимо составить функцию, которая проходила бы через максимально возможное количество точек.

**2. Даны 3 точки с координатами (1; 2), (3; 5), (4; 6). Используя кусочно-линейную интерполяцию, найти значение  $y$  в точке  $x=1,5$ .**

- $y=2,75$
- $y=3$
- $y=3,25$
- $y=1,75$

**3. В каком случае следует использовать среднеквадратичное приближение при построении математической модели по экспериментальным данным?**

- если исходные данные имеют погрешности
- при большом количестве исходных данных
- если исходные данные не имеют погрешности
- при небольшом количестве исходных данных

**4. По какому критерию можно проверить адекватность математической модели, построенной по экспериментальным данным (адекватность уравнения регрессии)?**

- $Z$ -критерий нормального распределения
- $t$ -критерий Стьюдента
- $F$ -критерий Фишера
- $\chi^2$ -критерий Пирсона

**5. Какая величина характеризует качество математической модели, построенной по экспериментальным данным (качества уравнения регрессии)?**

- парный линейный коэффициент корреляции  $r$
- коэффициент детерминации  $R^2$
- доверительная вероятность  $\gamma$

- $t$ -критерий Стьюдента
- 6. В каком интервале может находиться коэффициент детерминации?**
- $[0; 1]$
  - $[-1; 1]$
  - $[0, \infty]$
  - $[-\infty; \infty]$
- 7. Что показывает коэффициент  $a_1$  в линейной модели  $y=a_0+a_1x$ ?**
- на сколько единиц увеличится  $y$  при увеличении  $x$  на одну единицу
  - тангенс угла наклона аппроксимирующей прямой
  - координату пересечения прямой с осью  $y$
  - на сколько процентов увеличится  $y$  при увеличении  $x$  на 1%
- 8. Что показывает коэффициент  $a_0$  в линейной модели  $y=a_0+a_1x$ ?**
- на сколько единиц увеличится  $y$  при увеличении  $x$  на одну единицу
  - тангенс угла наклона прямой
  - координату пересечения прямой с осью  $y$
  - на сколько процентов увеличится  $y$  при увеличении  $x$  на 1%
- 9. Исходя из какого условия определяются коэффициенты  $a_0$  и  $a_1$  в линейной модели  $y=a_0+a_1x$ ?**
- сумма квадратов отклонений линейной модели от экспериментальных точек минимальна
  - сумма отклонений линейной модели от экспериментальных точек минимальна
  - сумма отклонений линейной модели от экспериментальных точек равна нулю
  - сумма модулей отклонений линейной модели от экспериментальных точек минимальна
- 10. К какому виду интерполяции относится сплайн-интерполяция?**
- локальная
  - глобальная
  - среднеквадратичная
  - кусочно-постоянная
- 11. По какой формуле вычисляется коэффициент детерминации  $R^2$ ? ( $D_y$  – дисперсия  $y$ ,  $D_{yx}$  – дисперсия  $y$ , рассчитанная по уравнению регрессии;  $D_{y-yx}$  – дисперсия остатков)**
- $R^2 = \frac{D_y}{D_{yx}}$
  - $R^2 = \frac{D_{y-yx} + D_{yx}}{D_y}$
  - $R^2 = \frac{D_{y-yx}}{D_{yx}}$
  - $R^2 = \frac{D_{yx}}{D_y}$
- 12. Что показывает коэффициент детерминации  $R^2$ ?**
- долю дисперсии результативного признака, которую можно объяснить изменением факторных признаков
  - силу и направление корреляционной связи между факторной и результативной переменными
  - на сколько увеличивается результативный признак при увеличении факторного признака на одну единицу
  - долю дисперсии результативного признака, которая объясняется влиянием случайных факторов, не включенных в математическую модель
- 13. Какие факторные переменные не следует включать в регрессионную модель?**

- факторная переменная с дисперсией меньшей, чем дисперсия результативной переменной
- факторная переменная, имеющая сильную корреляционную связь с другой факторной переменной
- факторная переменная, имеющая близкий к нулю коэффициент корреляции с результативной переменной
- факторная переменная, имеющая близкий к единице коэффициент корреляции с результативной переменной

#### **14. Парный линейный коэффициент корреляции между переменными равен -1.**

**Что это означает?**

- между переменными существует сильная обратная корреляционная связь
- между переменными нет корреляционной связи
- между переменными существует обратная функциональная связь
- между переменными существует сильная прямая корреляционная связь

#### **Критерии оценки:**

Приведены в разделе 2

**Наименование:** защита лабораторных работ

**Представление в ФОС:** задания и/или вопросы к защите лабораторных работ

#### **Варианты заданий:**

ЛР №1. «Ошибки вычислений»:

- Что такое неустранимая погрешность? Каковы ее источники?
- Что такое погрешность численного метода?
- Что такое абсолютная погрешность? Какую единицу измерения она имеет?
- Что такое относительная погрешность? Какую единицу измерения она имеет?
- Как оценить погрешность суммы двух величин?
- Как оценить погрешность разности двух величин?
- Как оценить погрешность произведения двух величин?
- Как оценить погрешность частного двух величин?
- Как оценить погрешность числа при возведении его в степень?

ЛР №2. «Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ»:

- Чем характеризуется точность инструментального блока и для чего ее рассчитывать?
- Что такое имитационное моделирование?
- Какова последовательность имитационного моделирования точности инструментального блока для станка с ЧПУ?
- Какие Вы знаете типы звеньев размерной цепи, влияющих на точность инструментального блока?
- Как при расчете биения рабочей части режущего инструмента учитывается влияние перекосов осей при сборке конических соединений?
- Что такое передаточное отношение звена размерной цепи?
- Что такое вылет инструмента? Как влияет вылет инструмента на отклонение его оси?
- Как необходимо поступить, если погрешность инструментального блока больше предельно допустимой? Дайте рекомендации.
- Что такое доверительный интервал? Доверительная вероятность? Как они взаимосвязаны?

### **Критерии оценки:**

Приведены в разделе 2

**Наименование:** практические работы

**Представление в ФОС:** набор вариантов заданий

**Варианты заданий:**

Практическая работа №1. «Построение математической модели по экспериментальным данным».

- Что такое регрессия? Для чего она применяется?
- Какие задачи решает регрессионный анализ?
- Приведите примеры уравнений однофакторной регрессии.
- Поясните суть метода наименьших квадратов.
- Что такое остаток?
- Что показывает коэффициент  $a_1$  в линейном уравнении регрессии  $y = a_0 + a_1x$ ?
- Приведите нелинейное уравнение регрессии  $y(x) = a \cdot x^b \cdot e^{cx}$  к линейному виду с помощью логарифмирования.
- Как выбрать вид уравнения однофакторной регрессии?
- Что показывает парный линейный коэффициент корреляции? Приведите примеры.
- Коэффициент корреляции между двумя случайными величинами составляет  $-0,8$ . Что это означает?
- Что такое дисперсия случайной величины?
- Как проверяется адекватность линейного уравнения регрессии?
- В каком случае уравнение регрессии не будет считаться адекватным исходным данным?
- Что такое коэффициент детерминации? Как он рассчитывается? Какие значения может принимать?
- Что такое доверительная вероятность?
- В чем отличие многофакторной регрессии от однофакторной?
- Приведите примеры многофакторных уравнений регрессии.
- Как оценивается адекватность многофакторной регрессии?
- Как свести уравнение степенной регрессии  $y(x_1, x_2) = a \cdot x_1^b \cdot x_2^c$  к уравнению линейной регрессии?

Практическая работа №2. Размерный анализ методами имитационного моделирования.

- Что такое размерный анализ и какова его цель?
- Что такое имитационное моделирование?
- Какова последовательность имитационного моделирования точности?
- Какие Вы знаете типы звеньев размерной цепи?
- Что такое передаточное отношение звена размерной цепи?
- Как необходимо поступить, если погрешность больше предельно допустимой? Дайте рекомендации.
- Что такое доверительный интервал? Доверительная вероятность? Как они взаимосвязаны?

Практическая работа №3. Моделирование теплопередачи в ELCUT.

- Что такое начальные и граничные условия при моделировании теплопередачи?
- Какие численные методы используют для решения задач теплопроводности?
- Каким образом моделируется нагрев поверхности тепловым потоком?
- Каким образом моделируется охлаждение поверхности жидкостью?
- Каким образом моделируется соприкосновение двух деталей?
- Какова последовательность решения задачи теплопроводности методом конечных

элементов?

- Какие теплофизические свойства материалов используются в расчетах теплопередачи?
- На что влияет размер конечного элемента при выполнении теплофизических расчетов?

### **Критерии оценки:**

Приведены в разделе 2

## **2. Критерии и шкалы оценивания**

Для контрольных мероприятий (текущего контроля) устанавливается минимальное и максимальное количество баллов в соответствии с таблицей. Контрольное мероприятие считается пройденным успешно при условии набора количества баллов не ниже минимального.

Результат обучения по дисциплине считается достигнутым при успешном прохождении обучающимся всех контрольных мероприятий, относящихся к данному результату обучения.

<b>Разделы дисциплины</b>	<b>Форма контроля</b>	<b>Количество баллов</b>	
		<b>min</b>	<b>max</b>
1	Тест по разделу «Введение. Сущность математического моделирования. Случайные величины».	0	5
1	Защита лабораторной работы №1 «Ошибки вычислений»	0	5
2	Тест по разделу «Построение математической модели по экспериментальным данным».	0	5
2	Защита практической работы №1. Построение математической модели по экспериментальным данным.	0	5
3	Тест по разделу «Имитационное моделирование в машиностроении»	0	5
3	Защита лабораторной работы №2. Имитационное моделирование точности инструментального блока для станка с ЧПУ.	0	5
4	Тест по разделу «Решение задач теории поля».	0	5
4	Защита практической работы №3. Моделирование теплопередачи в ELCUT.	0	5
		0	40

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе текущего контроля успеваемости используются следующие критерии. Минимальное количество баллов выставляется обучающемуся при выполнении всех показателей, допускаются несущественные неточности в изложении и оформлении материала.

<b>Наименование, обозначение</b>	<b>Показатели выставления минимального количества баллов</b>
Практическая работа	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьёзные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к

<b>Наименование, обозначение</b>	<b>Показатели выставления минимального количества баллов</b>
	выполнению конкретных заданий. На защите практической работы даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов
Лабораторная работа	Лабораторная работа выполнена в полном объеме; Представлен отчет, содержащий необходимые расчеты, выводы, оформленный в соответствии с установленными требованиями; Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом при защите лабораторной работы, даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов
Тест	Правильно решено не менее 50% тестовых заданий
Устный опрос	Даны правильные ответы не менее чем на 50% заданных вопросов. Продемонстрированы знания основного учебно-программного материала

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

Итоговая оценка по дисциплине может быть выставлена на основе результатов текущего контроля с использованием следующей шкалы:

<b>Оценка</b>	<b>Набрано баллов</b>
«зачтено»	25...40
«не зачтено»	0...24

Если сумма набранных баллов менее 25 – обучающийся не допускается до промежуточной аттестации.

Билет к зачету включает 2 теоретических вопроса.

Промежуточная аттестация проводится в форме устного опроса.

Время на подготовку: 20 минут.

При оценивании результатов обучения по дисциплине в ходе промежуточной аттестации используются следующие критерии и шкала оценки:

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки</b>
«зачтено»	Обучающийся демонстрирует знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы, умеет применять его при выполнении конкретных заданий, предусмотренных программой дисциплины
«не зачтено»	Обучающийся демонстрирует значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение