

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

(наименование дисциплины)

по направлению подготовки (специальности)

15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

направленность (профиль)/специализация

**ЦИФРОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО
МАШИНОСТРОЕНИЯ**

Форма обучения: очная

Год набора: 2022

Общая трудоемкость: 6 ЗЕТ

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	4	Итого
Форма контроля	экзамен	
Вид занятий		
Лекции	16	16
Лабораторные		
Практические	16	16
Руководство: курсовые работы (проекты) / РГР		
Промежуточная аттестация	0,35	0,35
Контактная работа	32,35	32,35
Самостоятельная работа	148	148
Контроль	35,65	35,65
Итого	216	216

Рабочую программу составил(и):

доцент кафедры ОиТМП, доцент, к.т.н., Гуляев В.А.

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Рецензент

(должность, ученое звание, степень, Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Срок действия рабочей программы дисциплины до « 30 » августа 2024 г.

УТВЕРЖДЕНО

На заседании кафедры

«Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(протокол заседания № 1 от «31» августа 2021 г.).

1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины – овладение теоретическими основами и практическими навыками моделирования; формирование личности, развитие интеллекта и способностей к логическому мышлению, развитие умения оперировать абстрактными объектами; усвоение математических методов, необходимых при моделировании процессов и явлений, поиске оптимальных решений, выборе рациональных способов и их реализации, выражении количественных и качественных соотношений между элементами технических объектов реального мира.

2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплины и практики, на освоении которых базируется данная дисциплина: «Высшая математика» дисциплины предшествующей ступени образования.

Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Расчет и конструирование оборудования с компьютерным управлением», подготовка и защита магистерской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
ПК-1. Способен самостоятельно проводить, а также руководить группой исполнителей при научно-исследовательских и опытно-конструкторских разработках	ПК-1.1. Формулирует цели и задачи проводимых исследований и разработок ПК-1.2. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований ПК-1.3. Оформляет результаты научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ	Знать: - научную картину мира и современные социологические парадигмы, современные теории общественного развития, методологические принципы социологического познания; - современные научные методы исследования; - принципы математического моделирования процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований.
		Уметь: - применять на практике современные теории общественного развития и методологические принципы социологического познания; - ориентироваться в постановке задач и определять пути поиска и средства их решения; - проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые

Формируемые и контролируемые компетенции (код и наименование)	Индикаторы достижения компетенций (код и наименование)	Планируемые результаты обучения
		<p>экспериментальные данные с данными принятых моделей для проверки их адекватности и при необходимости предлагать изменения для улучшения моделей, выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий</p> <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками применения на практике современных теорий общественного развития и методологических принципов социологического познания; - навыками поиска решений прикладных исследовательских задач; - навыками использования современных технологий проведения научных исследований.

4. Структура и содержание дисциплины

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
Раздел 1 Моделирование технических систем с использованием случайных процессов	Лек.	Моделирование систем массового обслуживания	4	4	-	2	Вопросы к экзамену
	Ср.	Моделирование систем массового обслуживания	4	12			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №1 Основы работы с программой MathCad	4	1	-	-	Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №1 Основы работы с программой MathCad	4	12			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №2 Разработка математических моделей случайных процессов	4	1			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №2 Разработка математических моделей случайных процессов	4	12	-	-	Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №3 Интерполяция и предсказание случайных процессов	4	2			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №3 Интерполяция и предсказание случайных процессов	4	12			Вопросы к экзамену
Раздел 2 Элементы математического моделирования	Лек.	Элементы математического моделирования в машиностроении	4	6	-	2	Вопросы к экзамену
	Ср.	Элементы математического моделирования в машиностроении	4	12			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №4 математическая обработка результатов экспериментальных данных	4	1	-	-	Отчет в электронном виде

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Ср.	Практическая работа №4 математическая обработка результатов экспериментальных данных	4	12			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №5 Использование численного интегрирования и дифференцирования в моделировании технических систем	4	1			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №5 Использование численного интегрирования и дифференцирования в моделировании технических систем	4	12			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №6 Описание моделей с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений	4	2			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №6 Описание моделей с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений	4	12	-	-	Вопросы к экзамену
Раздел 3 Статистические методы моделирования	Лек.	Обработка статистической информации.	4	6	-	-	Вопросы к экзамену
	Ср.	Обработка статистической информации.	4	13			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №7 Описание моделей с помощью дифференциальных уравнений в частных производных.	4	1	-	-	Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №7 Описание моделей с помощью дифференциальных уравнений в частных производных.	4	13			Вопросы к экзамену

Модуль (раздел)	Вид учебной работы	Наименование тем занятий (учебной работы)	Семестр	Объем, ч.	Баллы	Интерактив, ч.	Формы текущего контроля (наименование оценочного средства)
	Пр.	Практическая работа №8 Спектральный анализ и синтез статистической информации	4	1			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №8 Спектральный анализ и синтез статистической информации	4	13			Вопросы к экзамену
	Пр.	Практическая работа №8 Спектральный анализ и синтез статистической информации	4	6			Отчет в электронном виде
	Ср.	Практическая работа №8 Спектральный анализ и синтез статистической информации.	4	13	-	-	Вопросы к экзамену
	ПА		4	0,35			
	Контроль		4	35,65			
Итого:				216			

5. Образовательные технологии

Для проведения практико-ориентированных лекций используется сочетание традиционных методов обучения с интерактивными технологиями. Активизация деятельности студентов на лекции достигается во время проведения проблемных и дискуссионных лекций.

6. Методические указания по освоению дисциплины

Практические занятия проводятся в компьютерных аудиториях. Используются интерактивные технологии, информационные технологии и технологии развития критического мышления. В процессе практических занятий применяется проектор, материал занятий оформлен в виде презентаций, благодаря чему эффективно осуществляется процесс передачи и усвоения информации. На занятиях максимально активизируется самостоятельная работа студентов. Обучающимся необходимо выполнить индивидуальные задания, развивающие навыки будущей профессиональной деятельности. Предлагается найти решение задач с помощью информационных технологий. Задания, предусмотренные в курсе, выполняются на компьютерах при помощи математического пакета MathCad или других эконометрических пакетов. Студенты проверяют, анализируют, развивают, применяют полученную или найденную информацию, получая профессиональные умения и навыки. В качестве промежуточного контроля предусмотрены тесты по материалам текущего раздела или всего курса.

Для самостоятельной работы преподавателем организуется форум по дисциплине на образовательном портале. Самоконтроль проводится с помощью тестовых заданий на доступных интернет-ресурсах.

1. Горлач Б. А. Математическое моделирование [Электронный ресурс] : построение моделей и численная реализация : учеб. пособие / Б. А. Горлач, В. Г. Шахов. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 292 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2168-8. ЭБС "Лань".

2. Белов П. С. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие (конспект лекций) / П. С. Белов ; Егорьевский технол. ин-т (филиал) Московского гос. технол. ун-та «СТАНКИН». - Егорьевск : ЕТИ МГТУ «СТАНКИН», 2016. - 121 с. - ISBN 978-5-904330-02-6.

3. Голубева Н. В. Математическое моделирование систем и процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / Н. В. Голубева. - Изд. 2-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2016. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1424-6. ЭБС "Лань".

4. Буре В. М. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : [учебник] / В. М. Буре, Е. М. Парилина. - Санкт-Петербург : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1508-3.

5. Боровков А. А. Математическая статистика [Электронный ресурс] : учебник / А. А. Боровков. - Изд. 4-е, стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2010. - 704 с. - (Классическая учебная литература по математике). - ISBN 978-5-8114-1013-2.

6. Туганбаев А. А. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А. А. Туганбаев, В. Г. Крупин. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 224 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1079-8.

7. Системы автоматизированного проектирования технологических процессов [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-методическое пособие / Зотов, А.В., Козлов А.А. ТГУ, 2016. – 87 с. : ил. – Библиогр.: с. 79. – ISBN 978-5-8259-0991-2.

7. Оценочные средства

7.1. Паспорт оценочных средств

Семестр	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
4	ПК-1	Практические работы №№ 1-3 Вопросы к экзамену № 1-25
4	ПК-1	Практические работы №№ 4-6 Вопросы к экзамену № 26-50
4	ПК-1	Практические работы №№ 7-8 Вопросы к экзамену № 51-75

7.2. Типовые задания или иные материалы, необходимые для текущего контроля

7.2.1. Комплект практических работ (наименование оценочного средства)

Практическая работа №1

«Основы работы с программой «MathCAD»

1. Цель занятия: Формирование общего представления работы с программой «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Вычислить:

1) $\sqrt{100}$; 2) $|-10|$; 3) $10!$.

Это и все остальные задания снабдить комментариями, используя команды "Text" → Create Text Region" или "Text" → "Create Text Paragraph".

Задание 2.

1) Определить переменные:

$a := 3.4$; $b := 6.222$; $c \equiv 0.149$; (причем переменную c – глобально).

2) Вычислить значения выражения:

$$Z := \frac{2ab + \sqrt[3]{c}}{\sqrt{(a^2 + b^{a+c}) \cdot c}}; N := e^{\sin c} \cdot \cos \frac{a}{b}.$$

3) С помощью команды "Math" → "Numerical Format" → "Displayed Precision" изменить точность отображения результатов вычисления глобально.

Задание 3.

Вывести на экран значение *системной константы* π и установить максимальный формат её отображения *локально*.

Задание 4.

Выполнить следующие операции с комплексными числами:

$Z := -3 + 2i$; $|Z| =$; $Re(Z) =$; $Im(Z) =$; $arg(Z) =$; $\sqrt{Z} =$; $\sqrt{-5} =$; $2Z =$; $Z1 := 1 + 2i$; $Z2 := 3 + 4i$;
 $Z1 + Z2 =$; $Z1 - Z2 =$; $Z1 \cdot Z2 =$; $Z1/Z2 =$.

Задание 5.

Выполнить следующие операции:

$$i := 1 \dots 10; \sum_i i =; \prod_i (i+1) =; \int_0^{0,4} x^2 \cdot \lg(x+2) dx =; \int_{0,8}^{12} \frac{\operatorname{ctg} 2x}{(\sin 2x)^2} dx =; x := 2; \frac{d}{dx} x^5 =;$$

$$\frac{d}{dx} \sin(x) =.$$

Задание 6.

Определить векторы d , S и R через дискретный аргумент i . Отобразить графически, таблично заданные функции $R_i(d_i)$ и $S_i(d_i)$, используя команду Graphics \rightarrow Create X-Y \rightarrow Plot. Чтобы оформить график, необходимо выполнить следующие команды.

i	d_i	S_i	R_i
0	0,5	3,3	2
1	1	5,9	3,9
2	1,5	7	4,5
3	2	6,3	3,7
4	2,5	4,2	1,2

1) Щелкнуть мышью на графике, чтобы выделить его, при этом MathCAD заменит меню Graphics на меню X-Y Plot.

2) Выбрать X-Y Plot \rightarrow Format (появится диалоговое окно "Formatting Currently Selected X-Y Plot") и отформатировать график так, чтобы в каждой узловой точке графика функции $S_i(d_i)$ стоял знак вида \square (Traces \rightarrow Symbol \rightarrow box), а график функции $R_i(d_i)$ отобразить в виде гистограммы (Trace \rightarrow type \rightarrow bar).

3) Нанести линии сетки на график (X-Y Axes \rightarrow Grid Lines) и отобразить легенду (Traces \rightarrow Hide Legend).

Задание 7.

Построить декартовы (X-Y Plot) и полярные (Polar Plot) графики следующих функций:

$$X(\alpha) := \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha);$$

$$Y(\alpha) := 1.5 \cos(\alpha)^2 - 1;$$

$$P(\alpha) := \cos(\alpha).$$

Для этого необходимо определить α как дискретный аргумент на интервале от 0 до 2π с шагом $\pi/30$.

Определить по графику X-Y Plot координаты любой из точек пересечения графиков $Y(\alpha)$ и $P(\alpha)$, для этого необходимо:

1) Выделить график и выбрать X-Y Plot \rightarrow Zoom (появится диалоговое окно "X-Y Zoom") для увеличения части графика в области точки пересечения;

2) На чертеже выделить пунктирным прямоугольником окрестность точки пересечения графиков $Y(\alpha)$ и $P(\alpha)$, которую нужно увеличить.

3) Нажать кнопку Zoom, чтобы перерисовать график.

4) Чтобы сделать это изображение постоянным, выбрать Ассерт.

5) Выбрать X-Y Plot \rightarrow Trace (появится диалоговое окно "X-Y Trace").

6) Внутри чертежа нажать кнопку мыши и переместить указатель мыши на точку, чьи координаты нужно увидеть.

7) Выбрать Copy X (или Copy Y), на свободном поле документа набрать $X_{per} :=$ (или $Y_{per} :=$) и выбрать пункт меню Edit \rightarrow Paste.

8) Вычислить значения функций $X(\alpha)$ и $Y(\alpha)$ при $\alpha := \pi/2$.

Задание 8.

Используя команду Math \rightarrow Matrices создать матрицу Q размером 6×6 , заполнить её произвольно и отобразить графически с помощью команды Graphics \rightarrow Create Surface Plot.

Задание 9.

Построить график поверхности (Surface Plot) и карту линий уровня (Contour Plot) для функции двух переменных:

$$X(t, \alpha) := t \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha).$$

- 1) Определить функцию $X(t, \alpha)$.
- 2) Задать на осях переменных t и α по 41 точке ($i:=0..40, j:=0..40$): для переменной t_i со значениями, изменяющимися от -5 до 5 с шагом 0.25 ($t_i := -5 + 0.25i$), а для переменной α_j – от 0 до 2π с шагом $\pi/20$ ($\alpha_j := \pi/20 j$).
- 3) Определить матрицу $M_{i,j} := X(t_i, \alpha_j)$ и отобразить её графически.
- 4) С помощью команды Graphics \rightarrow 3D Plot Format вызвать диалоговое окно "3D Plot Format" и изменить:
 - характеристики просмотра (View \rightarrow Rotation \rightarrow Tilt),
 - цвета и линии поверхности (Color&Lines \rightarrow Shading),
 - параметры осей (Axes),
 - вид заголовка графика (Title).

Задание 10.

Используя переменную FRAME и команду Animation \rightarrow Create, создать анимационные клипы с помощью данных приведенных в таблице:

Варианты задания 10

№ варианта	Переменные	Функции	FRAME	Тип графика
1	$x := 0,0.1..30$	$f(x) := x + \text{FRAME}$	от 0 до 20	полярный (Polar Plot)
2	$i := 0..FRAME+1$	$g_i := 0,5 \cdot i \cdot \cos(i)$ $h_i := i \sin(i)$ $k_i := 2i$	от 0 до 50	трехмерный точечный график (3D Scatter Plot) границы на осях Min Max x -50 50 y -50 50 z 0 50
3	$i := 0..20$ $j := 0..20$	$f(x,y) := \sin(x^2 + y^2 + \text{FRAME})$ $x_i := -1,5 + 0,15i$ $y_j := -1,5 + 0,15j$	от 0 до 50	график поверхности (Surface Plot)
4	$r := \text{FRAME},$ $R := 6$ $m := 0..20$ $n := 0..20$	$x_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \cos(w_m)$ $y_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \sin(w_m)$ $z_{m,n} := r \sin(v_n)$	от 0 до 11	график параметрической поверхности (Surface Plot) (границы на всех осях установить от -11 до 11)
5	$r := \text{FRAME},$ $R := 6$ $m := 0..20$ $n := 0..20$	$x_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \cos(w_m)$ $y_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \sin(w_m)$ $z_{m,n} := r \sin(v_n)$	от 0 до 11	график параметрической поверхности (Surface Plot) (границы на всех осях установить от -11 до 11)

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №2

«Разработка математических моделей случайных процессов»

1. Цель занятия: Формирование умения решать обычные уравнения и системы уравнений в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

- 1) Построить график функции $f(x)$ и приблизительно определить один из корней уравнения.
- 2) Решить уравнение $f(x) = 0$ с точностью $\varepsilon = 10^{-4}$:
 - с помощью встроенной функции Mathcad *root*;
 - методом Ньютона (касательных), используя функцию *until*;
 - методом итераций, используя функцию *until*.
- 3) Определить число итераций в каждом методе, с помощью функции *last*.

Варианты задания 1

№ варианта	$f(x)$	№ варианта	$f(x)$
1	$3\sin \sqrt{x} + 0,35x - 3,8x;$ $x \in [2;3]$	9	$e^x - e^{-x} - 2;$ $x \in [0;1]$
2	$x - \frac{1}{3 + \sin 3,6x};$ $x \in [0;1]$	10	$\sqrt{1-x} - \operatorname{tg} x;$ $x \in [0;1]$
3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0,3x^3};$ $x \in [0;1]$	11	$\sqrt{2x^2 + 1,2 - \cos x} - 1;$ $x \in [0;1]$
4	$\sqrt{1 - 0,4x^2} - \arcsin x;$ $x \in [0;1]$	12	$\cos\left(\frac{2}{x}\right) - 2\sin\left(\frac{1}{x}\right) + \frac{1}{x};$ $x \in [1;2]$
5	$3x - 14 + e^x - e^{-x};$ $x \in [1;3]$	13	$0,1x^2 - x \cdot \ln x;$ $x \in [1;2]$
6	$0,25x^3 + x - 2;$ $x \in [0;2]$	14	$1 - x + \sin x - \ln(1+x);$ $x \in [0;2]$
7	$\arccos \frac{1-x^2}{1+x^2-x};$ $x \in [2;3]$	15	$e^{x-1} - x^3 - x;$ $x \in [0;1]$
8	$3x - 4\ln x - 5; \quad x \in [2;4]$		

Задание 2.

Для полинома $g(x)$ выполнить следующие действия:

- 1) С помощью команды Symbolic \rightarrow Polynomial Coefficients создать вектор V , содержащий коэффициенты полинома.
- 2) Решить уравнение $g(x) = 0$ с помощью функции *polyroots*.
- 3) Решить уравнение символично, используя команду Symbolic \rightarrow Solve for Variable.
- 4) разложить на множители, используя Symbolic \rightarrow Factor Expression.

Варианты задания 2

№ варианта	$g(x)$	№ варианта	$g(x)$
1	$x^4 - 2x^3 + x^2 - 12x + 20$	9	$x^4 + x^3 - 17x^2 - 45x - 100$
2	$x^4 + 6x^3 + x^2 - 4x - 60$	10	$x^4 - 5x^3 + x^2 - 15x + 50$
3	$x^4 - 14x^2 - 40x - 75$	11	$x^4 - 4x^3 - 2x^2 - 20x + 25$
4	$x^4 - x^3 + x^2 - 11x + 10$	12	$x^4 + 5x^3 + 7x^2 + 7x - 20$
5	$x^4 - x^3 - 29x^2 - 71x$	13	$x^4 - 7x^3 + 7x^2 - 5x + 100$
6	$x^4 + 7x^3 + 9x^2 + 13x - 30$	14	$x^4 + 10x^3 + 36x^2 + 70x + 75$
7	$x^4 + 3x^3 - 23x^2 - 55x - 150$	15	$x^4 + 9x^3 + 31x^2 + 59x + 60$
8	$x^4 - 6x^3 + 4x^2 + 10x + 75$		

Задание 3.

Решить систему линейных уравнений:

- 1) используя функции *Find*;
- 2) матричным способом, используя функцию *lsolve*.

Варианты задания 3

вариант	Система линейных уравнений	вариант	Система линейных уравнений
1	$\begin{cases} x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 8; \\ x_1 + 3x_3 = 6; \\ x_1 - x_2 + 3x_4 = 4; \\ x_1 + 2x_2 - x_3 + 2x_4 = 4. \end{cases}$	9	$\begin{cases} x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -4; \\ -3x_2 - 6x_4 = -7; \\ x_2 - x_3 + 2x_4 = 2; \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -2. \end{cases}$
2	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 22; \\ x_1 + 3x_2 + x_3 + 2x_4 = 17; \\ x_1 + x_2 + x_3 - x_4 = 8; \\ -2x_3 - 3x_4 = -7. \end{cases}$	10	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 3x_3 + 4x_4 = 26; \\ x_1 + 3x_2 + 4x_3 + x_4 = 34; \\ x_1 + 4x_2 + x_3 + 2x_4 = 26; \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26. \end{cases}$
3	$\begin{cases} x_1 + 10x_2 - 7x_3 - x_4 = 23; \\ x_1 - x_3 - 5x_4 = 37; \\ x_1 - 2x_3 + x_4 = 22; \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + 3x_4 = 26. \end{cases}$	11	$\begin{cases} x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18; \\ -2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28; \\ x_1 + x_3 + x_4 = 10; \\ x_2 + x_3 + 2x_4 = 21. \end{cases}$
4	$\begin{cases} x_1 - x_2 + 10x_3 - x_4 = 158; \\ x_1 + x_2 + 10x_3 + 7x_4 = 128; \\ x_1 - 2x_2 - 2x_3 - x_4 = 7; \\ -12x_2 + 2x_3 - x_4 = 17. \end{cases}$	12	$\begin{cases} x_1 - x_2 + 4x_3 + x_4 = 66; \\ x_2 - 6x_3 + x_4 = -63; \\ x_1 - 3x_2 + 6x_3 - 5x_4 = 146; \\ x_1 - 7x_2 + 6x_3 - x_4 = 80. \end{cases}$
5	$\begin{cases} -2x_2 + 6x_3 + x_4 = 88; \\ x_1 + 2x_3 - 3x_4 = 88; \\ x_1 - 3x_2 + 7x_3 + 2x_4 = 181; \\ 3x_1 - 7x_2 + 5x_3 + 2x_4 = 99. \end{cases}$	13	$\begin{cases} x_1 - 3x_3 - 2x_4 = -16; \\ x_1 - x_2 + 13x_3 + 4x_4 = 213; \\ x_1 + x_2 + 2x_3 + x_4 = 72; \\ -12x_3 - 5x_4 = 159. \end{cases}$
6	$\begin{cases} -2x_2 - 8x_4 = -7; \\ x_1 + 4x_2 - 7x_3 + 6x_4 = -8; \\ x_1 + x_2 - 5x_3 + x_4 = -10; \\ x_1 - x_2 + 2x_4 = 7. \end{cases}$	14	$\begin{cases} x_1 + 7x_2 - 7x_3 - 2x_4 = 5; \\ x_1 + 4x_2 + 5x_3 + 8x_4 = 60; \\ x_1 + 2x_2 + 2x_3 + x_4 = 27; \\ x_1 - 2x_3 - x_4 = -1. \end{cases}$
7	$\begin{cases} x_1 + 2x_2 + 6x_3 + x_4 = 15; \\ x_2 + 2x_3 + x_4 = 18; \\ x_1 - 3x_2 + x_3 - 5x_4 = 37; \\ x_1 - 5x_2 + x_3 - x_4 = 30. \end{cases}$	15	$\begin{cases} x_1 - 9x_2 + 5x_3 + x_4 = 124; \\ x_2 - 5x_3 - x_4 = -54; \\ x_1 - 5x_2 + 2x_3 + 4x_4 = 83; \\ x_1 - 9x_2 + x_3 + 6x_4 = 45. \end{cases}$

8	$\begin{cases} 1 - 5x_2 + 7x_3 + 5x_4 = 165; \\ 1 + x_2 - 3x_3 - x_4 = -15; \\ 1 + 4x_3 - x_4 = 194; \\ -x_2 - 2x_3 - 3x_4 = -19. \end{cases}$		
---	--	--	--

Задание 4.

- 1) Преобразовать нелинейные уравнения системы к виду $f_1(x) = y$ и $f_2(y) = x$.
- 2) Построить их графики и определить начальное приближение решения.
- 3) Решить систему нелинейных уравнений, используя функцию *Minerr*.

Варианты задания 4

вариант	Система нелинейных уравнений	вариант	Система нелинейных уравнений
1	$\begin{cases} ix + 2y = 2, \\ is(y - 1) + x = 0,7; \end{cases}$	9	$\begin{cases} iy + x = -0,4, \\ -Cos(x + 1) = 0; \end{cases}$
2	$\begin{cases} i(x + 0,5) - y = 1, \\ is(y - 2) + x = 0; \end{cases}$	10	$\begin{cases} i(x + 2) - y = 1,5; \\ is(y - 2) + x = 0,5; \end{cases}$
3	$\begin{cases} isx + y = 1,5; \\ -Sin(y - 0,5) = 1; \end{cases}$	11	$\begin{cases} is(x + 0,5) - y = 2; \\ iy - 2x = 1; \end{cases}$
4	$\begin{cases} is(x + 0,5) + y = 0,8; \\ iy - 2x = 1,6; \end{cases}$	12	$\begin{cases} is(x - 2) + y = 0; \\ i(y + 0,5) - x = 1; \end{cases}$
5	$\begin{cases} i(x - 1) = 1,3 - y; \\ -Sin(y + 1) = 0,8; \end{cases}$	13	$\begin{cases} is(x + 0,5) + y = 1; \\ i(y + 0,5) - x = 1; \end{cases}$
6	$\begin{cases} is(x + 0,5) + y = 1; \\ iy - 2x = 2; \end{cases}$	14	$\begin{cases} ix - 2y = 1; \\ is(y + 0,5) - x = 2; \end{cases}$
7	$\begin{cases} in(x + 1) + y = 0,8; \\ i(y - 1) + x = 1,3; \end{cases}$	15	$\begin{cases} -Sin(x - 0,5) = 1; \\ isy + x = 1,5; \end{cases}$
8	$\begin{cases} ix - 2y = 1; \\ i(y - 1) + x = 1,3; \end{cases}$		

Задание 5.

Символьно решить системы уравнений:

$$\begin{cases} + 4\pi y = a; \\ + y = b. \end{cases}$$

$$\begin{cases} - \pi z = a; \\ - z = b; \\ + x = c. \end{cases}$$

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №3

«Интерполяция и предсказание случайных процессов»

1. Цель занятия: Формирование умения проводить интерполяцию и предсказание результатов экспериментов в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Вычислить значения заданной функции $y_i = f(x_i)$ в узлах интерполяции $x_i = a + h_i$, где $h = \frac{(b-a)}{10}$, $i = 0, 1, \dots, 10$, на отрезке $[a, b]$.

Варианты заданий 1...7

№ варианта	$f(x)$	$[a; b]$	№ варианта	$f(x)$	$[a; b]$
1	$\sin x^2$	[0; 2]	9	$x \cdot \cos(x + \ln(1+x))$	[1; 5]
2	$\cos x^2$	[0; 2]	10	$10 \cdot \ln \frac{2x}{1+x}$	[1; 5]
3	$e^{\sin x}$	[0; 5]	11	$\sin x^2 \cdot e^{-(x/2)}$	[0; 3]
4	$\frac{1}{0,5 + x^2}$	[0; 2]	12	$\cos(x + \cos^3 x)$	[0; 2]
5	$e^{(x+\sin x)}$	[2; 5]	13	$\cos(x + e^{\cos x})$	[3; 6]
6	$\frac{1}{(1 + e^{-x})}$	[0; 4]	14	$\cos(2x + x^2)$	[0; 1]
7	$\sin(x + e^{\sin x})$	[0; 3]	15	$e^{\cos x} \cdot \cos x^2$	[0; 2]
8	$e^{-(x+1/x)}$	[1; 3]			

Задание 2.

По вычисленной таблице (x_i, y_i) провести параболическую интерполяцию.

- 1) Для нахождения коэффициентов искомого полинома (3.1) необходимо составить систему линейных алгебраических уравнений (3.3).
- 2) Систему уравнений решить матрично с использованием функции *lsolve*.
- 3) Построить график интерполяционного многочлена и отметить на нем узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 3.

- 1) Для вычисленной табличной функции составить формулу интерполяционного многочлена Лагранжа, используя операторы суммирования и перемножения по дискретному аргументу, а также функцию *if*.
- 2) Построить график интерполяционного многочлена и отметить на нем узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 4.

- 1) Провести интерполирование заданной функции с помощью первой и второй интерполяционных формул Ньютона.
- 2) Построить графики интерполяционных многочленов и отметить на нем узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 5.

- 1) Провести линейную интерполяцию заданной функции с помощью встроенной интерполяционной функции *linterp*.
- 2) Построить график функции *linterp* и отметить на нем узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 6.

- 1) Провести сплайн-интерполяцию с помощью функций *lspline*, *pspline*, *cspline* и *interp*.
- 2) Построить график функции *interp* и отметить на нем узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 7.

- 1) Вычислить значения заданной функции $y_i = f(x_i)$ в точках $x_i = a + i/10$, где $i = 0, 1, \dots, 10(b - a)$, на отрезке $[a, b]$.
- 2) С использованием функции *predict* выполнить предсказание (экстраполяцию) полученного вектора данных y_i в последующих 10 точках по последним 7 значениям функции.
- 3) Отобразить графически имеющиеся данные, предсказанные данные и истинный вид функции $f(x)$.

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №4

«Математическая обработка результатов экспериментальных данных»

1. Цель занятия: Формирование умения проводить математическую обработку экспериментальных данных в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Создайте таблицу экспериментальных данных:

$$x_i = a + h_i, i = 0, 1, \dots, 10, h = \frac{b - a}{10}, \text{ на отрезке } [a, b].$$

Варианты задания 1

№ варианта	y_i	$[a; b]$
1	2,86; 2,21; 2,96; 3,27; 3,58; 3,76; 3,93; 3,67; 3,90; 3,64; 4,09	[0; 1]
2	1,14; 1,02; 1,64; 1,64; 1,96; 2,17; 2,64; 3,25; 3,47; 3,89; 3,36;	[-1; 1]
3	4,70; 4,64; 4,57; 4,45; 4,40; 4,34; 4,27; 4,37; 4,42; 4,50; 4,62	[2; 4]
4	0,43; 0,99; 2,07; 2,54; 1,67; 1,29; 1,24; 0,66; 0,43; 0,35; 0,70	[2; 4]
5	1,55; 1,97; 1,29; 0,94; 0,88; 0,09; 0,02; 0,84; 0,81; 0,09; 0,15	[1; 4]
6	3,24; 1,72; 1,95; 2,77; 2,47; 0,97; 1,75; 1,55; 0,12; 0,70; 1,19	[0; 4]
7	2,56; 1,92; 2,85; 2,94; 2,39; 2,16; 2,51; 2,10; 1,77; 2,28; 1,70	[-1; 2]
8	1,77; 0,92; 2,21; 1,50; 3,21; 3,46; 3,70; 4,02; 4,36; 4,82; 4,03	[-1; 3]
9	1,53; 0,45; 1,68; 0,12; 0,68; 2,36; 2,58; 2,53; 3,45; 2,70; 2,82	[4; 8]
10	2,50; 3,90; 3,54; 4,63; 3,87; 5,25; 4,83; 3,24; 3,08; 3,00; 4,70	[0; 5]
11	2,95; 3,38; 2,71; 2,37; 2,29; 2,75; 2,76; 2,74; 2,57; 2,40; 2,99	[1; 5]
12	-0,23; -0,03; -0,98; -0,97; -0,43; -0,91; -0,27; -0,19; 0,88; 1,06; 0,72	[2; 4]
13	2,36; 0,03; -0,38; -1,33; 0,25; -1,36; 0,95; 3,16; 4,03; 4,92; 4,20	[0; 2]
14	3,82; 4,07; 3,53; 4,83; 5,53; 5,04; 5,09; 5,87; 5,53; 4,72; 4,73	[3; 4]
15	2,35; 2,16; 2,39; 2,39; 2,18; 2,09; 2,44; 2,56; 3,35; 3,22; 2,65	[-3; 4]

Задание 2.

- 1) Аппроксимировать многочленами 2-ой и 6-ой степени по методу наименьших квадратов функцию, заданную таблицей значений x_i и y_i и сравнить качество приближений.
- 2) Построить графики многочленов и отметить узловые точки (x_i, y_i) .

Задание 3.

- 1) Для приведенных в таблице экспериментальных данных (x_i, y_i) определить параметры линейной регрессии с использованием встроенных функций Mathcad *slope* и *intercept*.
- 2) Отобразить графически совокупность точек векторов x_i и y_i и результаты проведенной линейной регрессии.

Задание 4.

- 1) Аппроксимировать данные из векторов x_i и y_i :
 - полиномом 4-ой степени при помощи функций *regress* и *interp*;
 - наборами полиномов второго порядка с помощью функций *loess* и *interp* (при *span* равном 0,5 и 2,5).
- 2) Отобразите графически результаты аппроксимации.

Задание 5.

1) Аппроксимировать экспериментальные данные из таблиц значений x_i и y_i линейной комбинацией функций:

$$f(x) = a_1 f_1(x) + a_2 f_2(x) + a_3 f_3(x).$$

2) Коэффициенты вектора a найти с помощью функции *linfit*.

3) Отобразить графически совокупность точек векторов x_i и y_i и результаты проведенной линейной регрессии общего вида.

Варианты задания 5

№ варианта	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_3(x)$
1	e^x	$\frac{1}{\sqrt{1+2\cos^2 x}}$	$\sin x$
2	$\frac{1}{1+x^2}$	e^x	$\sin(3x)$
3	$\frac{1}{1+x^2}$	$e^{\sin x}$	x
4	$\frac{\arctg x}{e^{-x^2/2}}$	$\ln \ln x$	$\sin x$
5	$e^{-x^2/2}$	$\frac{1}{x}$	e^{-x}
6	$\frac{1+x}{2+x}$	$\cos \frac{x}{10}$	$\cos x$
7	$\frac{1}{1+e^{x^2}}$	$\sqrt{1+x^2}$	$\cos x$
8	$\cos \frac{x}{2}$	$2 - \cos x$	$\sin \frac{x}{2}$
9	$\frac{1}{1+e^x}$	$\arctg \sqrt{x}$	$\sin 3x$
10	$\ln(x+5)$	$\sqrt{1+x}$	$\sin x$
11	$\frac{1}{x}$	$\sqrt{1+x}$	$\frac{1}{x^2}$
12	$\cos x$	$\frac{1}{1+x+x^2}$	$\frac{1}{1+x}$
13	e^x	$\cos 4x$	$-e^{x/2}$
14	$\sqrt{1+e^{-x}}$	$e^{x/3}$	$\sin^2(3x)$
15	$\frac{1}{1+x+x^2}$	$\cos \frac{x}{10}$	$\cos \frac{x}{10}$

Задание 6.

1) Аппроксимировать экспериментальные данные из таблиц значений x_i и y_i функцией вида:

$$f(x) = e^{U_0 + U_1 \cdot x + U_2 \cdot x^2}.$$

2) Параметры вектора u найти с помощью функции *genfit*.

3) Отобразить графически совокупность точек векторов x_i и y_i и результаты проведенной нелинейной регрессии общего вида.

Задание 7.

- 1) Выполнить сглаживание экспериментальной функции, заданной таблицей значений x_i и y_i , с помощью встроенных функций Mathcad: *medsmooth*, *ksmooth* и *supsmooth*.
- 2) Результаты сглаживания отобразить графически.

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №5

«Использование численного интегрирования и дифференцирования в моделировании технических систем»

1. Цель занятия: Формирование умения численного интегрирования и дифференцирования в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Определить функцию $f(x)$ таблично, вычислив значения $y_i = f(x_i)$ в точках $x_i = a + h_i$;
 $i = 0, 1, \dots, 8$;

$h = \frac{b-a}{8}$ на отрезке $[a, b]$.

Варианты задания 1

№ варианта	$f(x)$	$[a; b]$	$[c; d]$
1	$\frac{1}{\operatorname{tg} 2x + 1}$	[0,4; 0,8]	[2; 2,1]
2	$\frac{\operatorname{Cos} 3x}{(1 - \operatorname{Cos} 3x) \cdot 2}$	[0,8; 1,6]	[-1; -0,9]
3	$\frac{1}{x\sqrt{x^3 + 4}}$	[0,18; 0,98]	[0,5; 0,6]
4	$\frac{\operatorname{Sin} x}{1 + \operatorname{Sin} x}$	[0,8; 1,6]	[2; 2,1]
5	$x^{2\lg(x+2)}$	[0; 0,4]	[1,5; 1,6]
6	$x^{2 \cdot \operatorname{arctg}(x/3)}$	[0,8; 1,6]	[1; 1,1]
7	$e^{2x} \cdot \operatorname{Sin} 3x$	[0,4; 1,2]	[2; 2,1]
8	$\frac{\operatorname{ctg} 2x}{(\operatorname{Sin} 2x)^2}$	[0,8; 1,2]	[1; 1,1]
9	$(x + 1) \cdot \operatorname{Sin} x$	[1; 5]	[1; 1,1]
10	$5x + x \cdot \lg x$	[0,2; 1]	[1,3; 1,4]
11	$(2x + 3) \cdot \operatorname{Sin} x$	[0,4; 1,2]	[0,5; 0,6]
12	$\frac{\operatorname{Cos} x}{2x + 5}$	[0,4; 1,2]	[1; 1,1]
13	$\frac{1}{1 + x + x^2}$	[0; 4]	[2; 2,1]
14	$\frac{1 + x}{2 + x}$	[0,4; 0,8]	[1,5; 1,6]
15	$\sqrt{1 + e^{-x}}$	[0,4; 1,2]	[0,5; 0,6]

Задание 2.

Вычислить интеграл: $\int_a^b f(x)dx$:

- 1) с помощью встроенного оператора интегрирования;
- 2) по формуле прямоугольников;
- 3) по формуле Симпсона;
- 4) с помощью встроенного оператора интегрирования и интерполяцией табличной функции кубическим сплайном (функции *cspline* и *interp*);
- 5) методом неопределенных коэффициентов для численного интегрирования.

Задание 3.

Вычислить интеграл $\int_a^b f(x)dx$ методом Монте-Карло. Для этого необходимо:

- 1) определить диапазон случайных чисел, например $j = 0 \dots 1000$;
- 2) определить с помощью функции *rnd* равномерно распределенную случайную величину η_j на отрезке интегрирования $[a, b]$;
- 3) создать вектор $F_j = f(\eta_j)$;
- 4) с помощью функции *mean* вычислить интеграл.

Задание 4.

Найти первообразную аналитически заданной функции $f(x)$, используя команду *Symbolic* → *Integrate on Variable*.

Задание 5.

Вычислить значения первой и второй производных функции $f(x)$ в точке $X = c$:

- 1) с помощью операторов дифференцирования *Mathcad*;
- 2) методом неопределенных коэффициентов для численного дифференцирования.
- 3) Определить функцию $f(x)$ таблично, вычислив значения $y_i = f(x_i)$ в точках $x_i = c + h \cdot i$, $i = 0, 1, \dots, 10$, $h = 0,01$ на отрезке $[c, d]$.

Задание 6.

Определить символьное значение первой и второй производных $f(x)$, используя команду *Symbolic* → *Differentiate on Variable*.

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №6

«Описание моделей с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений»

1. Цель занятия: Формирование умения решать обыкновенные дифференциальные уравнения в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Решить задачу Коши: $\frac{\partial y}{\partial x} = f(x, y)$, $y(0) = 1$, с шагом $h = 0,1$ на отрезке $[0; 1]$:

- методом Эйлера;
- методом Рунге-Кутты (коэффициенты k_i задать как функции от x и y);
- методом Адамса;
- используя функцию *rkfixed*.

Варианты задания 1

№ варианта	$f(x, y)$	№ варианта	$f(x, y)$	№ варианта	$f(x, y)$
1	$x + y$	6	$2y - \cos 2x$	11	$2y + 3e^{-x}$
2	$2x^2 + 2y$	7	$y - e^{x^2} + 2$	12	$\frac{y}{2} - e^{-x}$

3	$e^x - 3y$	8	$3y - 2 \cdot \sin x$	13	$y + \frac{\cos x}{3}$
4	$y - \sin x$	9	$e^{2x} - y$	14	$y - 4x + 5$
5	$\frac{y}{3} - x^2$	10	$2 \cdot \sin x + y$	15	$2x - \frac{y}{3} - e^x$

Задание 2.

Построить графики решений, полученных методами Эйлера, Рунге-Кутты, Адамса и с помощью функции *rkfixed*. Вычислить в точке $x = 1$ относительную погрешность для каждого метода.

Задание 3.

Найти аналитическое (точное) решение ОДУ из задания 1 с помощью преобразований Лапласа (команды Symbolic \rightarrow Transforms \rightarrow Laplace Transform и Inverse Laplace Transform).

Задание 4.

Решить задачу Коши для системы ОДУ при заданных начальных условиях на отрезке $[0; 2]$ с шагом $h = 0,2$. Решать с помощью функции *rkfixed*. Построить графики функций $u(t)$ и $v(t)$.

Варианты задания 4

№ варианта	Система обыкновенных дифференциальных уравнений	Начальные условия			
		$u(0)$	$u'(0)$	$v(0)$	$v'(0)$
1	$\begin{cases} u' = 2v + u; \\ v' = 4v - 2u. \end{cases}$	1,5	1,5	1	1
2	$\begin{cases} u' = -v + 3u; \\ v' = v - 2u. \end{cases}$	-1	1	-1,5	3
3	$\begin{cases} u' = 2v - u; \\ v' = 4v + u. \end{cases}$	1,5	1,5	1	1
4	$\begin{cases} u' = 5v; \\ v' = v + 2u + t. \end{cases}$	1	1,5	0	2
5	$\begin{cases} u' = v + u + t; \\ v' = v + 2u - t. \end{cases}$	0,5	1,5	-1	2
6	$\begin{cases} u' = 2v + u + t; \\ v' = 4v. \end{cases}$	0,5	2	1	2
7	$\begin{cases} u' = -v + t; \\ v' = 5v - 7u. \end{cases}$	5	5	-1	1
8	$\begin{cases} u' = v - 5u; \\ v' = 2v + u + t. \end{cases}$	1,5	1	3	1
9	$\begin{cases} u' = 0,5 + v; \\ v' = 4 - u + t. \end{cases}$	2	0	-1	1
10	$\begin{cases} u' = -v + t; \\ v' = v + 3u. \end{cases}$	-1	2	-1,5	0
11	$\begin{cases} u' = v - u - t; \\ v' = 2v + u. \end{cases}$	1,5	1,5	-1	-1
12	$\begin{cases} u' = 5v + t; \\ v' = 3v + u. \end{cases}$	-1	1,5	0	-2
13	$\begin{cases} u' = v + u; \\ v' = v + u - t. \end{cases}$	-0,5	1	-1	2
14	$\begin{cases} u' = 2v - u; \\ v' = 4v + t. \end{cases}$	0	-2	0	2
15	$\begin{cases} u' = v - 2t; \\ v' = v + 3u. \end{cases}$	3	3	-1	1

Задание 5.

На отрезке $[a; b]$ с использованием функций *load*, *score* и *sbval* преобразовать краевую задачу:

$$\frac{d^2 y}{dx^2} = f(x, y, y'), \text{ при граничных условиях } y(a) = A, y(b) = B \text{ к задаче Коши и найти решение}$$

заданного ОДУ в 10 промежуточных точках с помощью функции *rkfixed*.

Варианты задания 5

№ варианта	$f(x, y, y')$	Граничные условия			
		a	b	$y(a)$	$y(b)$
1	$e^x y + \cos x$	1	2	0	0
2	$y \sin x + e^{-x}$	2	3	1	0
3	$y \cos x + \operatorname{tg} x$	0	1	0	0,45
4	$x^3 y + \cos x$	0	1	1	0
5	$\frac{x + e^x y}{1 - x}$	2	4	1	0,14
6	$\frac{x^2 y + 1}{1 + x}$	1	3	0	0,17
7	$y \cos x + \cos^2 x$	1	2	0	0
8	$(2 + x) y + \operatorname{arctg} x$	0	3	0	0,22
9	$(5 - x) y + x$	2	4	0	-1,2
10	$e^{-x} y + 2 e^{-x}$	0	1,5	2,4	0
11	$\frac{e^{-x} y}{x} + x$	-3	-2	3	0
12	$(x^2 + \frac{1}{x}) \cdot y + \frac{1}{x^2}$	2	3	0	0
13	$(10 - x) y + x$	-1	0	2	0
14	$\frac{y}{x^2} + x$	1	3	1,5	0
15	$y \ln x + 1 + x$	7	8	0	0

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №7

«Описание моделей с помощью дифференциальных уравнений в частных производных»

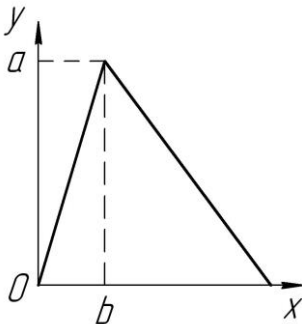
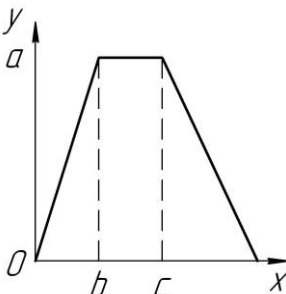
1. Цель занятия: Формирование умения решать дифференциальные уравнения в частных производных в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Задание 1.

Варианты задания 1

№ варианта	$f(x)$	a	b	c
1		1	0,1	
2		2	0,1	
3		4	0,2	
4		6	0,3	

5		8	0,4	
6	$x(x^2 - 1)$			
7	$\sin(\pi x^2)$			
8	$\sin(\pi x) \cdot \cos x$			
9	$x \cdot \sin 2(x - 1)$			
10	$4x^3 \cdot (x - 1)$			
11		1	0,1	0,2
12		3	0,2	0,4
13		5	0,4	0,6
14		7	0,6	0,8
15		9	0,8	0,9

Решить задачу о колебании струны единичной длины с закрепленными концами:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \cdot \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad a = 1;$$

с начальными условиями:

$$u(x, 0) = f(x),$$

$$\frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = 0, \quad 0 \leq x \leq 1;$$

и нулевыми граничными условиями: $u(0, t) = u(1, t) = 0$.

Для решения задачи построить сетку из 11 узлов по x ($i = 0, 1, \dots, 10$) и провести вычисления для 16 слоёв по t ($j = 0, 1, \dots, 16$). Вычисления выполнить с шагом h по x , равным 0,1 и шагом τ по t , равным 0,05. Отобразить графически решение задачи на 0-м, 5-м, 10-м и 16-м временных слоях.

Задание 2.

Найти решение $u(x, t)$ для уравнения теплопроводности с постоянными коэффициентами:

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}, \quad a = 1;$$

с начальными условиями:

$$u(x, 0) = f(x), \quad 0 \leq x \leq 1;$$

и граничными условиями:

$$u(0, t) = a,$$

$$u(1, t) = b.$$

Для решения задачи построить сетку из 11 узлов по x ($i = 0, 1, \dots, 10$) и провести вычисления для 12 слоёв по t ($j = 0, 1, \dots, 12$). Вычисления выполнить с шагом h по x , равным 0,1 и шагом τ по t , равным 0,005. Отобразить графически решение задачи на 0-ом, 4-ом, 8-ом и 12-ом слоях и построить интегральную поверхность распределения температуры в стержне с помощью команды Graphics \rightarrow Create Surface Plot.

Варианты задания 2

№ варианта	$f(x)$	a	b	№ варианта	$f(x)$	a	b
1	$x(x-1)$	0	0	9	$(x^2+0,5)\cdot\cos(2\pi x)$	0,5	1,5
2	x^3+x^2-x	0	1	10	$\sin(\pi x)\cdot\cos x$	0	0
3	$x^2(1-x)$	0	0	11	$x\cdot\sin(2(x-1))$	0	0
4	$x^2(1-x)$	1	0	12	$\ln(0,5+x)\cdot(x-1)$	0,7	0
5	$x\cdot\sin(2\pi x)$	0	-0,3	13	$x\cdot\sin(4(x-1))-x$	0	-1
6	$(x-1)\cdot\sin^2 x$	0	0	14	$x\cdot\cos(2\pi x)$	0	1
7	$4x^2(x-1)$	0	0,5	15	$x\cdot e^{-x}(x^4-2)$	0	-0,4
8	$10x^3(x-1)$	0	0,5				

Задание 3.

Найти стационарное распределение температуры в квадратной пластине со стороной 1, описываемое уравнением Лапласа:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0;$$

с краевыми условиями вида:

$$u(0, y) = f_1(y), (0 \leq y \leq 1);$$

$$u(1, y) = f_2(y), (0 \leq y \leq 1);$$

$$u(x, 0) = f_3(x), (0 \leq x \leq 1);$$

$$u(x, 1) = f_4(x), (0 \leq x \leq 1).$$

Решать задачу с помощью функции *relax*. Для решения задачи построить сетку из 11 узлов по x ($i = 0, 1, \dots, 10$) и из 11 узлов по y ($j = 0, 1, \dots, 10$). Отобразить графически с помощью команды Graphics → Create Contour Plot стационарное распределение температуры в пластине.

Варианты задания 3

№ варианта	$f_1(y)$	$f_2(y)$	$f_3(x)$	$f_4(x)$
1	y^2	$\cos y + (2 - \cos 1)y$	x^3	$1 + x$
2	$e^y - ey^2$	y	$1 - x^3$	x^2
3	$1 - y^2$	y	$\sin x + 1 - x^3(1 + \sin 1)$	x
4	0	y	$\sin x - x^3 \cdot \sin 1$	x
5	$e^y + y^2(1 - e) - 1$	y	0	x
6	y^2	$\cos y + (3 - \cos 1)y$	x^3	$1 + 2x$
7	0	y	$\sin x - x^3 \cdot \sin 1$	x^2
8	$2ey - (1 + 2e)y^2 - 1$	$-y$	$1 - x^3$	$x - 2$
9	$-10y^2 - 8y + 6$	$-10y^2 - 30y + 22$	$9x^2 + 7x + 6$	$9x^2 - 15x - 12$
10	$-7y^2 - 5y + 3$	$-7y^2 - 21y + 13$	$6x^2 + 4x + 3$	$6x^2 - 12x - 9$
11	1	$y + 1$	1	$1 + x$
12	1	e^y	1	e^x
13	$-y^2 - 5y$	$4 + 5y - y^2$	$x^2 + 3x$	$x^2 + 3x + 4$
14	$3 - 7y$	$7 - 6y$	$4x + 3$	$5x - 4$
15	0	$\sin y$	0	$\sin x$

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Практическая работа №8

«Спектральный анализ и синтез статистической информации»

1. Цель занятия: Формирование умения проводить спектральный анализ и синтез в программе «MathCAD».

2. Алгоритм выполнения практического задания

Порядок выполнения практической работы №8

Задание 1.

- 1) Вычислить первые шесть пар коэффициентов разложения в ряд Фурье функции $f(t)$ на отрезке $[0, 2\pi]$.
- 2) Построить графики 1, 2 и 3 гармоник.
- 3) Выполнить гармонический синтез функции $f(t)$ по 1, 2 и 3 гармоникам. Результаты синтеза отобразить графически.

Варианты задания 1

№ варианта	$f(t)$	№ варианта	$f(t)$	№ варианта	$f(t)$
1	$\frac{\cos t}{1 + \cos^2 2t}$	6	$\cos t \cdot \cos \sin t $	11	$\sin(\sqrt{1+t^2})$
2	$\frac{\sin t}{1 + \cos^2 2t}$	7	$\arctg(\cos 0,5t)$	12	$\cos(\sqrt{1+t^2})$
3	$\frac{\sin 2t + \sin^2 3t}{3 + \sin t + \cos 2t}$	8	$e^{\sin \frac{t}{3}}$	13	$e^{-10(t-\pi)^2}$
4	$\frac{\sin 3t}{ \sin t + \cos t }$	9	$\sin t + \sin 2t $	14	$e^{\cos \frac{t}{3}}$
5	$\cos e^{ \sin 3t }$	10	$\sin\left(\frac{t}{2}\right)^2$	15	$e^{-\cos \frac{t}{2}} \cos(\sin t)$

Задание 2.

- 1) Выполнить классический спектральный анализ и синтез функции $f(t)$.
- 2) Отобразить графически спектры амплитуд и фаз, результат спектрального синтеза функции $f(t)$.

Задание 3.

- 1) Выполнить численный спектральный анализ и синтез функции $f(t)$. Для этого необходимо задать исходную функцию $f(t)$ дискретно в 32 отсчётах.
- 2) Отобразить графически спектры амплитуд и фаз, результат спектрального синтеза функции $f(t)$.

Задание 4.

Выполнить спектральный анализ и синтез функции $f(t)$ с помощью БПФ. Для этого необходимо:

- 1) задать исходную функцию $f(t)$ дискретно в 128 отсчётах;
- 2) выполнить прямое БПФ с помощью функции fft и отобразить графически найденные спектры амплитуд и фаз первых шести гармоник;
- 3) выполнить обратное БПФ с помощью функции $ifft$ и отобразить графически результат спектрального синтеза функции $f(t)$.

Задание 5.

Выполнить фильтрацию функции $f(t)$ с помощью БПФ:

- 1) синтезировать функцию $f(t)$ в виде полезного сигнала, представленного 128 отсчетами вектора v ;

2) к полезному сигналу v присоединить шум с помощью функции rnd ($rnd(2)-1$) и сформировать вектор из 128 отсчётов зашумленного сигнала s ;

3) преобразовать сигнал с шумом s из временной области в частотную, используя прямое БПФ (функция fft). В результате получится сигнал f из 64 частотных составляющих;

4) выполнить фильтрующее преобразование с помощью функции Хевисайда (параметр фильтрации $\alpha = 2$);

5) с помощью функции $ifft$ выполнить обратное БПФ и получить вектор выходного сигнала h ;

6) построить графики полезного сигнала v и сигнала, полученного фильтрацией зашумленного сигнала s .

3. Ожидаемый (е) результат (ы): оформление отчета в виде файла формата «MathCAD»

Типовой пример задания

Практическая работа № 1.

Задание:

1. Изучить теоретический материал.

2. Оформить отчет в виде файла формата «MathCAD» (расширение файла *.mcd).

Цель задания: формирование общего представления работы с программой «MathCAD».

Алгоритм выполнения проверяемого задания

1.1. Задание выполняется для всех вариантов. Вычислить:

$$\sqrt{100}; |-10|; 10!.$$

Решение:

$$\sqrt{100} = 10 \quad |-10| = 10 \quad 10! = 3628800$$

1.2. Задание выполняется для всех вариантов. Определить переменные:

$$a := 3.4; b := 6.222; c \equiv 0.149.$$

Решение:

$$a := 3.4 \quad b := 6.222 \quad c := 0.149$$

1.3. Задание выполняется для всех вариантов. Вычислить:

$$Z := \frac{2ab + \sqrt[3]{c}}{\sqrt{(a^2 + b^{a+c}) \cdot c}}; \quad N := e^{\sin c} \cdot \cos \frac{a}{b}.$$

Решение:

$$Z := \frac{2 \cdot a \cdot b + \sqrt[3]{c}}{\sqrt{(a^2 + b^{a+c}) \cdot c}} = 4.292$$

$$N := e^{\sin(c)} \cdot \cos\left(\frac{a}{b}\right) = 0.991$$

1.4. Задание выполняется для всех вариантов. Выполнить следующие операции с комплексными числами:

$$Z := -3 + 2i; |Z| = ; Re(Z) = ; Im(Z) = ; arg(Z) = ; \sqrt{Z} = ;$$

$$2Z = ; Z1 := 1 + 2i; Z2 := 3 + 4i; Z1 + Z2 = ; Z1 - Z2 = ; Z1 \cdot Z2 = ; Z1/Z2 = .$$

Решение:

$$\underline{Z} := -3 + 2i$$

$$|Z| = 3.606$$

$$\operatorname{Re}(Z) = -3$$

$$\operatorname{Im}(Z) = 2$$

$$\arg(Z) = 2.554$$

$$\sqrt{Z} = 0.55 + 1.817i$$

$$2 \cdot Z = -6 + 4i$$

$$Z1 := 1 + 2i$$

$$Z2 := 3 + 4i$$

$$Z1 + Z2 = 4 + 6i$$

$$Z1 - Z2 = -2 - 2i$$

$$Z1 \cdot Z2 = -5 + 10i$$

$$\frac{Z1}{Z2} = 0.44 + 0.08i$$

1.5.Задание выполняется для всех вариантов. Выполнить следующие операции:

$$i := 1 \dots 10; \sum_i i = ; \prod_i (i + 1) = ; \int_0^{0.4} x^2 \cdot \lg(x + 2) dx = ; \int_{0.8}^{12} \frac{\operatorname{ctg} 2x}{(\sin 2x)^2} dx = ;$$

$$x := 2; \frac{d}{dx} x^5 = ; \frac{d}{dx} \sin(x) = .$$

Решение:

$$i := 1 \dots 10$$

$$\sum_i i = 55$$

$$\prod_i (i + 1) = 39916800$$

$$\int_0^{0.4} x^2 \cdot \log(x + 2) dx = 7.711 \times 10^{-3}$$

$$\int_{0.8}^{12} \frac{\cot(2 \cdot x)}{\sin(2 \cdot x)^2} dx = \blacksquare$$

- несобственный интеграл, расходится

This calculation does not converge to a solution.

$$x := 2$$

$$\frac{d}{dx} x^5 = 80$$

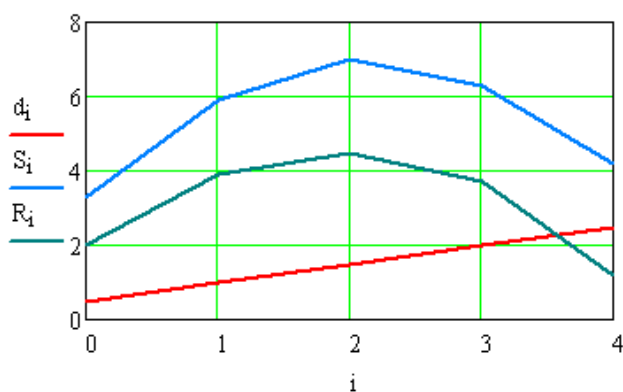
$$\frac{d}{dx} \sin(x) = -0.416$$

1.6. Задание выполняется для всех вариантов. Определить векторы d , S и R и отобразить их графически.

i	d_i	S_i	R_i
0	0,5	3,3	2
1	1	5,9	3,9
2	1,5	7	4,5
3	2	6,3	3,7
4	2,5	4,2	1,2

Решение:

$$i := 0..5 \quad d := \begin{pmatrix} 0.5 \\ 1 \\ 1.5 \\ 2 \\ 2.5 \end{pmatrix} \quad S := \begin{pmatrix} 3.3 \\ 5.9 \\ 7 \\ 6.3 \\ 4.2 \end{pmatrix} \quad R := \begin{pmatrix} 2 \\ 3.9 \\ 4.5 \\ 3.7 \\ 1.2 \end{pmatrix}$$



1.7. Задание выполняется для всех вариантов. Построить графики следующих функций:

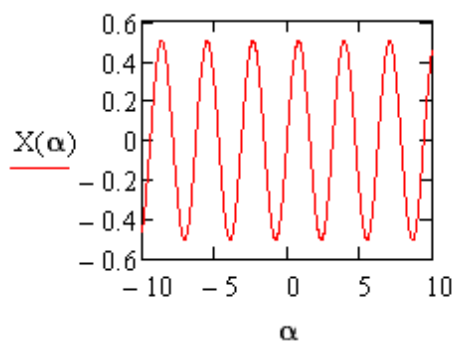
$$X(\alpha) := \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha);$$

$$Y(\alpha) := 1.5 \cos(\alpha)^2 - 1;$$

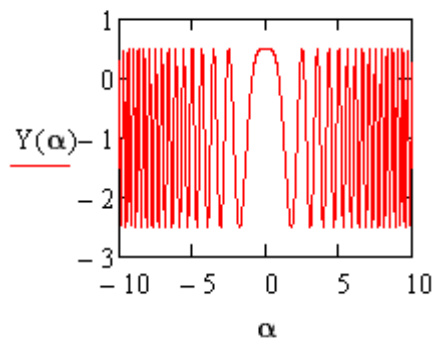
$$P(\alpha) := \cos(\alpha).$$

Решение:

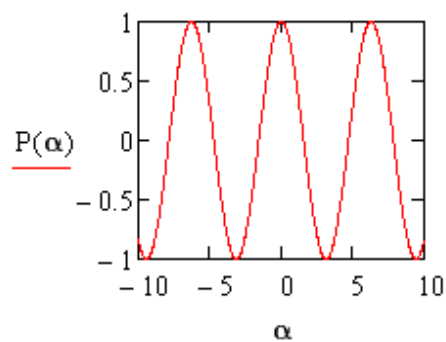
$$X(\alpha) := \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha)$$



$$Y(\alpha) := 1.5 \cdot \cos(\alpha^2) - 1$$



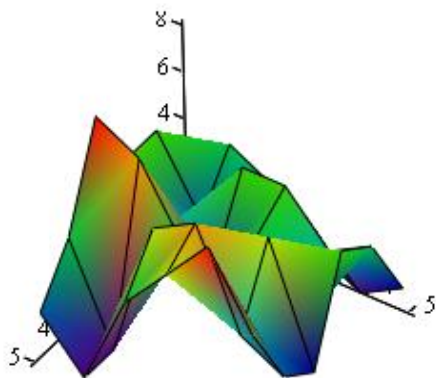
$$P(\alpha) := \cos(\alpha)$$



1.8. Задание выполняется для всех вариантов. Создать матрицу Q размером 6×6 , заполнить ее произвольно и отобразить графически.

Решение:

$$Q := \begin{pmatrix} 2 & 4 & 3 & 1 & 0 & 1 \\ 5 & 2 & 5 & 5 & 3 & 4 \\ 5 & 3 & 2 & 4 & 1 & 5 \\ 8 & 7 & 4 & 2 & 6 & 1 \\ 4 & 0 & 6 & 7 & 3 & 2 \\ 2 & 0 & 4 & 6 & 8 & 5 \end{pmatrix}$$



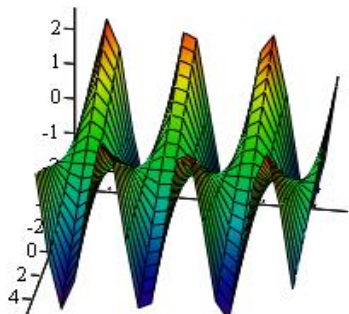
Q

1.9. Задание выполняется для всех вариантов. Построить график поверхности и карту линий уровня для функции двух переменных:

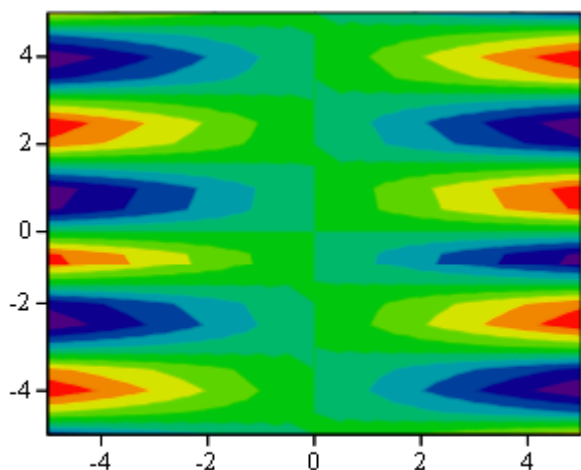
$$X(t, \alpha) := t \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha).$$

Решение:

$$X(t, \alpha) := t \cdot \cos(\alpha) \cdot \sin(\alpha)$$



X



X

Результаты расчета по практической работе ««Моделирование поведения реального объекта в критической ситуации на основе его цифровой копии»» курса «Цифровые технологии производственных процессов» являются исходными данными для практической работы №5 Использование численного интегрирования и дифференцирования в моделировании технических систем и №6 Описание моделей с помощью обыкновенных дифференциальных уравнений.

7.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.3.1. Вопросы к промежуточной аттестации

Семестр 4

№ п/п	Вопросы к экзамену
1	Основы вероятностных методов анализа и моделирования систем.
2	Элементы теории вероятностей, используемые в математической статистике.

№ п/п	Вопросы к экзамену
3	Элементарные понятия о случайных событиях, величинах и функциях.
4	Числовые характеристики случайных величин.
5	Случайные величины и их законы распределения, нормальный закон распределения.
6	Статистическая оценка методов распределения случайных величин.
7	Математическая статистика. Основные понятия и определения.
8	Основные законы распределения случайных величин.
9	Обработка статистической информации.
10	Выбор теоретического закона распределения случайных величин.
11	Законы распределения, наиболее распространённые в технике.
12	Исходные предпосылки регрессионного анализа и свойства оценок.
13	Статистический анализ информации; проверка статистических гипотез.
14	Этапы построения многофакторной корреляционно-регрессионной модели.
15	Регрессивный и корреляционный анализ результатов испытаний.
16	Планирование эксперимента.
17	Характеристика методов и моделей прогнозирования.
18	Прогнозирование на основе рядов с использованием пакета прикладных программ.
19	Моделирование систем с использованием марковских процессов.
20	Марковские цепи.
21	Моделирование систем массового обслуживания.
22	Компоненты и классификация моделей массового обслуживания.
23	Определение характеристик систем массового обслуживания.
24	Моделирование потоков отказов элементов сложных технических систем.
25	Общие вопросы математического моделирования
26	Имитационные модели
27	Интерполяция по общей формуле Лагранжа
28	Интерполяция табличных данных по формулам Лагранжа
29	Процесс построения математической модели
30	Полиномиальная аппроксимация
31	Чебышевская аппроксимация
32	Суть компьютерного моделирования
33	Экспоненциальная регрессия
34	Полиномиальная регрессия
35	Различные методы решения нелинейных уравнений
36	Линейная регрессия общего вида
37	Нелинейная регрессия общего вида
38	Вычислительные эксперименты с математическими моделями, имитирующими поведение реальных объектов, процессов или систем
39	Линейное сглаживание по пяти точкам
40	Нелинейное сглаживание по семи точкам
41	Случайные величины и события, методы их генерации и область их применения
42	Проблемы получения на ЭВМ случайных числовых последовательностей с заданными вероятностными характеристиками
43	Преобразование Лапласа
44	Вычисление характеристик системы по ее операторной характеристике
45	Алгоритмы и методы генерации равномерно распределенных случайных чисел
46	Моделирование логических функций
47	Затухающие и нарастающие колебания
48	Метод и алгоритм решения систем линейных уравнений методом Гаусса
49	Колебания и резонанс в механической системе

№ п/п	Вопросы к экзамену
50	Классический спектральный анализ и синтез
51	Суть компьютерного моделирования
52	Моделирование технологических процессов
53	Математическое обеспечение при автоматизации
54	Моделирование систем автоматического управления технологическими процессами
55	Общие вопросы математического моделирования
56	Имитационные модели
57	Интерполяция по общей формуле Лагранжа
58	Интерполяция табличных данных по формулам Лагранжа
59	Процесс построения математической модели
60	Полиномиальная аппроксимация
61	Чебышевская аппроксимация
62	Суть компьютерного моделирования
63	Экспоненциальная регрессия
64	Полиномиальная регрессия
65	Различные методы решения нелинейных уравнений
66	Линейная регрессия общего вида
67	Нелинейная регрессия общего вида
68	Вычислительные эксперименты с математическими моделями, имитирующими поведение реальных объектов, процессов или систем
69	Линейное сглаживание по пяти точкам
70	Нелинейное сглаживание по семи точкам
71	Случайные величины и события, методы их генерации и область их применения
72	Проблемы получения на ЭВМ случайных числовых последовательностей с заданными вероятностными характеристиками
73	Преобразование Лапласа
74	Вычисление характеристик системы по ее операторной характеристике
75	Статистический анализ информации; проверка статистических гипотез.

7.3.2. Критерии и нормы оценки

Семестр	Форма проведения промежуточной аттестации	Критерии и нормы оценки	
4	Экзамен (устно)	«отлично»	исчерпывающие ответы на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы
		«хорошо»	правильные ответы на вопросы билета с незначительными недочетами
		«удовлетворительно»	правильные ответы на вопросы билета с существенными недочетами
		«неудовлетворительно»	неправильные ответы на вопросы экзаменационного билета

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Обязательная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Горлач Б. А.	Математическое моделирование: построение моделей и численная реализация	Учебное пособие	2016	ЭБС "Лань"
2	Белов П. С.	Математическое моделирование технологических процессов	Учебное пособие	2016	ЭБС "IPRbooks"
3	Голубева Н. В.	Математическое моделирование систем и процессов	Учебное пособие	2016	ЭБС "Лань"

8.2. Дополнительная литература

№ п/п	Авторы, составители	Заглавие (заголовок)	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Год издания	Количество в научной библиотеке / Наименование ЭБС
1	Буре В. М.	Теория вероятностей и математическая статистика	Учебник	2013	ЭБС "Лань"
2	Боровков А. А.	Математическая статистика	Учебное пособие	2010	ЭБС "Лань"
3	Туганбаев А. А.	Теория вероятностей и математическая статистика	Учебное пособие	2011	ЭБС "Лань"
4.	Д.А. Расторгуев, Н.Ю. Логинов	Оптимизация технологических процессов и операций: /– Тольятти: ТГУ,. 92 с.	Практикум	2020	Методкабинет кафедры

8.3. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

- Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва – Режим доступа: <http://www.pnb.rsl.ru>;
- Российская государственная библиотека. г. Москва. Диссертации – Режим доступа: <http://www.diss.rsl.ru>;
- Российская национальная библиотека (РНБ), г. Санкт-Петербург – Режим доступа: <http://www.nlr.ru>;
- Открытая русская электронная библиотека РГБ (OREL) – Режим доступа: <http://www.orel.rsl.ru>;
- Сайт Всероссийского научно-исследовательского конъюнктурного института - старейшего в России научного учреждения, имеющего прямое отношение к маркетингу – Режим доступа: www.vniki.ru.
- Elibrary [Электронный ресурс] : научная электронная библиотека. – Москва : НЭБ, 2000. – Режим доступа: <http://www.elibrary.ru> .
- Scopus [Электронный ресурс] библиографическая и реферативная база данных и инструмент для отслеживания цитируемости статей, опубликованных в научных изданиях. - Режим доступа: <http://www.scopus.com>;
- Web of Science [Электронный ресурс] [поисковая интернет-платформа](#), объединяющая реферативные базы данных публикаций в [научных журналах](#) и [патентов](#), в том числе базы, учитывающие взаимное цитирование публикаций. Web of Science охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам и искусству. - Режим доступа: <http://www.webofknowledge.com>.

8.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows: WinPro 10 RUS Upgrd OLP NL Acdmc	договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно; контракт № 1653 от 14.12.2018, срок действия – бессрочно
2	Office Standard: Office Stdandard 2013 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition Office Stdandard 2016 Russian OLP NL AcademicEdition	контракт № 690 от 19.05.2015, срок действия – бессрочно договор № 757 от 04.07.2018, срок действия – бессрочно контракт № 727 от 20.07.2016, срок действия – бессрочно
3	КОМПАС-3D v 18 (Проектирование и конструирование в машиностроении)	контракт № 1198 от 18.11.2019, срок действия – бессрочно

8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий, помещений для самостоятельной работы обучающихся (номер аудитории)	Перечень основного оборудования
1	<p>Учебная аудитория для проведения лабораторных работ.</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа.</p> <p>Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ).</p> <p>Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций.</p> <p>Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Е-205)</p>	<p>Столы ученические двухместные (моноблоки) , доска аудиторная (меловая), стол преподавательский , стул преподавательский кафедра, шкафы для инструмента, дипломные планшеты, столы и оборудование, тумбы с оборудованием, приборы для измерения углов, режущие инструменты, сверла, резцы, протяжки, фрезы, инструментальные центры, червячная фреза, оптическая делительная головка</p>
2	<p>Помещение для самостоятельной работы студентов (Г-401)</p>	<p>Столы, стулья, компьютеры</p>
3	<p>Помещение для самостоятельной работы обучающихся (С-508)</p>	<p>Доска аудиторная (меловая), столы ученические, стол преподавательский, стулья, стенды, шкафы.</p>