

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тольяттинский государственный университет»

Б1.В.ДВ.03.02
(индекс дисциплины)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МАШИНОСТРОЕНИИ

наименование дисциплины

по направлению подготовки

**15.04.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ**

(код и наименование направления подготовки, специальности в соответствии с ФГОС ВПО/ФГОС ВО)

ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

(направленность (профиль))

Форма обучения очная

Год набора 2019

Распределение часов дисциплины по семестрам и видам занятий (по учебному плану)

Количество ЗЕТ	8											
Часов по РУП	288											
Виды контроля в семестрах	Экзамены			Зачеты		Курсовые проекты		Курсовые работы		Контрольные работы (для заочной формы обучения)		
	4											
	№№ семестров											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Итого
ЗЕТ по семестрам				8								8
Лекции				12								12
Лабораторные												
Практические				48								48
Контактная работа				60								60
Сам. работа				192								192
Контроль				36								36
Итого				288								288

Тольятти, 2019

Рабочая программа составлена на основании ФГОС ВО и учебного плана направления подготовки магистра 15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств

Рецензирование рабочей программы дисциплины:



Отсутствует



Учебная (рабочая) программа одобрена на заседании кафедры «Оборудование и технологии машиностроительного производства» (протокол заседания № 1 от «31» августа 2018 г.)



Рецензент

(должность, ученое звание, степень)
«__» _____ 20__ г.

(подпись)

(И.О. Фамилия)

Срок действия рабочей программы дисциплины до «__» _____.

Срок действия утвержденной РПД: для ООП бакалавров – 4 года; для ООП магистров – 2 года; для ООП специалистов – 5 лет.

Информация об актуализации рабочей программы дисциплины:

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

Протокол заседания кафедры № ____ от «__» _____ 20__ г.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой «Оборудование и технологии машиностроительного производства»

(разработавшей РПД)

«__» _____ 20__ г.

(подпись)

Н.Ю. Логинов

(И.О. Фамилия)

АННОТАЦИЯ
дисциплины (учебного курса)
Б1.В.ДВ.03.02 Математическое моделирование в машиностроении
(индекс и наименование дисциплины (учебного курса))

1. Цель и задачи изучения дисциплины (учебного курса)

Цель – 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.

Задачи:

1. - сформировать основные понятия курса математики;
2. - сформировать умения решения основных и прикладных задач высшей математики;
3. - сформировать навыки логического и математического мышления;
4. - сформировать навыки применения математических объектов при решении прикладных задач;
5. - сформировать навыки самостоятельной познавательной деятельности;
6. - сформировать навыки математического моделирования;
7. - сформировать математическую культуру бакалавра.

2. Место дисциплины (учебного курса) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (учебный курс) относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)» (вариативная часть, дисциплины по выбору).

Дисциплины, учебные курсы, на освоении которых базируется данная дисциплина (учебный курс) – высшая математика.

Дисциплины, учебные курсы, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретаемые в результате изучения данной дисциплины (учебного курса) – расчет и конструирование оборудования с компьютерным управлением, подготовка и защита магистерской диссертации.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (учебному курсу), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Формируемые и контролируемые	Планируемые результаты обучения
------------------------------	---------------------------------

компетенции	
<p>- способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы (ОПК-2);</p>	<p>Знать: научную картину мира и современные социологические парадигмы, современные теории общественного развития, методологические принципы социологического познания</p>
	<p>Уметь: применять на практике современные теории общественного развития и методологические принципы социологического познания</p>
	<p>Владеть: навыками применения на практике современных теорий общественного развития и методологических принципов социологического познания</p>
<p>- способность осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования современных научных методов исследования, ориентироваться в постановке задач и определять пути поиска и средства их решения, применять знания о современных методах исследования, ставить и решать прикладные исследовательские задачи (ПК-15)</p>	<p>Знать: современные научные методы исследования</p>
	<p>Уметь: ориентироваться в постановке задач и определять пути поиска и средства их решения</p>
	<p>Владеть: навыками поиска решений прикладных исследовательских задач</p>
<p>– способность проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с данными принятых моделей для проверки их</p>	<p>Знать: принципы математического моделирования процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований</p>
	<p>Уметь: проводить научные эксперименты, оценивать результаты исследований, сравнивать новые экспериментальные данные с данными принятых моделей для проверки их адекватности и при необходимости предлагать изменения для улучшения моделей, выполнять математическое</p>

<p>адекватности и при необходимости предлагать изменения для улучшения моделей, выполнять математическое моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий проведения научных исследований, разрабатывать теоретические модели, позволяющие исследовать качество выпускаемых изделий, технологических процессов, средств и систем машиностроительных производств (ПК-16)</p>	<p>моделирование процессов, средств и систем машиностроительных производств с использованием современных технологий</p> <p>Владеть: навыками использования современных технологий проведения научных исследований</p>
---	---

Тематическое содержание дисциплины (учебного курса)

Раздел, модуль	Подраздел, тема
<p>Раздел 1. Моделирование технических систем с использованием случайных процессов</p>	<p>Моделирование систем массового обслуживания</p>
<p>Раздел 2 Элементы математического моделирования</p>	<p>Элементы математического моделирования в машиностроении</p>

Общая трудоемкость дисциплины (учебного курса) – 8 ЗЕТ.

4. Структура и содержание дисциплины (учебного курса) Математическое моделирование в машиностроении

Семестр изучения 4

Раздел, модуль	Подраздел, тема	Виды учебной работы						Необходимые материально- технические ресурсы	Формы текущего контроля	Рекомендуема я литература (№)	
		Аудиторные занятия (в часах)					Самостоятельная работа				
		всего			в т.ч. в интерактивной форме	Формы проведения лекций, лабораторных, практических занятий, методы обучения, реализующие применяемую образовательную технологию	в часах				формы организации самостоятельной работы
лекций	лабораторных	практических									
Раздел 1 Моделиров ание технически х систем с использова нием случайных процессов	Моделиров ание систем массового обслужива ния	4		16		Для проведения лекционных занятий сочетание традиционных методов обучения с интерактивными технологиями. На практических занятиях использование интерактивных технологий, информационных технологий и технологий развития критического мышления. Выполнение практических заданий на компьютерах	64	-самостоятельное изучение разделов дисциплины; -подготовка к практическим работам; -выполнение контрольных работ; -подготовка рефератов	Программные продукты: Microsoft Word, Microsoft Excel, MS Power Point.	контроль ная работа	1, 2
Раздел 2 Элементы математиче ского моделирова ния	Элементы математиче ского моделиров ания в машиностр оении	4		16		Для проведения лекционных занятий сочетание традиционных методов обучения с интерактивными технологиями. На практических занятиях использование	64	-самостоятельное изучение разделов дисциплины; -подготовка к практическим работам; -подготовка	Программные продукты: Microsoft Word, Microsoft Excel, MS Power Point.	доклад	1, 2

						интерактивных технологий, информационных технологий и технологий развития критического мышления. Выполнение практических заданий на компьютерах		рефератов.			
	Обработка статистической информации	4		16		Для проведения лекционных занятий сочетание традиционных методов обучения с интерактивными технологиями. На практических занятиях использование интерактивных технологий, информационных технологий и технологий развития критического мышления. Выполнение практических заданий на компьютерах	64	-самостоятельное изучение разделов дисциплины; -подготовка к практическим работам; -выполнение контрольных работ; -подготовка рефератов.	Программные продукты: Microsoft Word, Microsoft Excel, MS Power Point.	контроль ная работа	1, 2
Экзамен		36									
Итого:		12		48			192				
		288									

5. Критерии и нормы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Аттестация в середине семестра	Для получения аттестации необходимо выполнение практических работ	«хорошо»	Выполнены и защищены отчеты по всем практическим работам
		«удовлетворительно»	Выполнены и защищены отчеты по одной практической работе
		«неудовлетворительно»	Не выполнено ни одной практической работы

Форма проведения промежуточной аттестации	Условия допуска	Критерии и нормы оценки	
Экзамен по дисциплине	Для допуска к экзамену необходимо выполнение практических работ, а также выполнение и защита курсовой работы	«отлично»	исчерпывающие ответы на вопросы экзаменационного билета
		«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

6. Критерии и нормы оценки курсовых работ (проектов)

Данный раздел не предусмотрен

7. Примерная тематика письменных работ (курсовых, рефератов, контрольных, расчетно-графических и др.)

7.1 Контрольные работы

№ п/п	Темы
1	Этапы построения многофакторной корреляционно-регрессионной модели
2	Характеристика методов и моделей прогнозирования в машиностроении

7.2 Тематика докладов

№ п/п	Темы
1	Законы распределения, наиболее распространённые в технике
2	Планирование эксперимента в машиностроении

8. Вопросы к экзамену

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

Критерии оценки:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если в реферате затронуты актуальные и перспективные вопросы по рассматриваемой теме, реферат четко структурирован, снабжен необходимым иллюстративным материалом, рассматриваемые вопросы раскрыты в полной мере, реферат содержит достаточное количество источников литературы, в том числе и зарубежной. Реферат оформлен в соответствии с требованиями
- оценка «хорошо» выставляется студенту, если в реферате затронуты актуальные и перспективные вопросы по рассматриваемой теме, реферат оформлен с незначительными отклонениями от требований, иллюстративный материал снабжен необходимым иллюстративным материалом, рассматриваемые вопросы раскрыты в полной мере, реферат содержит достаточное количество источников литературы;
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если реферат выполнен небрежно, рассматриваемые вопросы не актуальны, работа не структурирована и не соответствует требованиям;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если реферат не подготовлен

9. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

9.1. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	Этапы построения многофакторной корреляционно-регрессионной модели	ОПК - 2	Отчет по выполнению практического задания 1 «Основы работы с программой «MathCAD». Отчет по выполнению практического задания 2 «Решение уравнений». Отчет по выполнению практического задания 3 «Интерполяция и предсказание»
2	Характеристика методов и моделей прогнозирования в машиностроении	ПК – 15	Отчет по выполнению практического задания 4 «Математическая обработка результатов экспериментальных данных». Отчет по выполнению

			<p>практического задания 5 «Численное интегрирование и дифференцирование».</p> <p>Отчет по выполнению практического задания 6 «Решение обыкновенных дифференциальных уравнений».</p>
3	Законы распределения, наиболее распространённые в технике	ПК -16	<p>Отчет по выполнению практического задания 7 «Решение дифференциальных уравнений в частных производных».</p> <p>Отчет по выполнению практического задания 8 «Спектральный анализ и синтез».</p>

9.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Комплект практических заданий

Практическое занятие №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:

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

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:

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

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 → Create X-Y → 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 → 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 → Symbol → box), а график функции $R_i(d_i)$ отобразить в виде гистограммы (Trace → type → bar).
- 3) Нанести линии сетки на график (X-Y Axes → Grid Lines) и отобразить легенду (Traces → 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 → 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 Акцепт.
- 5) Выбрать X-Y Plot → 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 → Paste.
- 8) Вычислить значения функций $X(\alpha)$ и $Y(\alpha)$ при $\alpha := \pi/2$.

Задание 8.

Используя команду Math → Matrices создать матрицу Q размером 6×6 , заполнить её произвольно и отобразить графически с помощью команды Graphics → 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 → 3D Plot Format вызвать диалоговое окно "3D Plot Format" и изменить:
 - характеристики просмотра (View → Rotation → Tilt),
 - цвета и линии поверхности (Color&Lines → Shading),

- параметры осей (Axes),
- вид заголовка графика (Title).

Задание 10.

Используя переменную FRAME и команду Animation → 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	$i := 0..\text{FRAME}+1$	$g_i := 0,5 \cdot i \cdot \cos(i)$ $h_i := i \sin(i)$ $k_i := 2i$	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	$r := \text{FRAME},$ $R := 6$ $m := 0..20$ $n := 0..20$	$x_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \cdot \cos(w_m)$ $y_{m,n} := (R + r \cos(v_n)) \sin(w_m)$ $z_{m,n} := r \sin(v_n)$	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»

Практическое занятие №2 «Решение уравнений»

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	$3 \sin \sqrt{x} + 0,35 x - 3,8 x;$ $x \in [2;3]$	9	$e^x - e^{-x} - 2;$ $x \in [0;1]$
2	$x - \frac{1}{3 + \sin 3,6 x};$ $x \in [0;1]$	10	$\sqrt{1-x} - \operatorname{tg} x;$ $x \in [0;1]$
3	$\arccos x - \sqrt{1 - 0,3 x^3};$ $x \in [0;1]$	11	$\sqrt{2 x^2 + 1,2 - \cos x} - 1;$ $x \in [0;1]$
4	$\sqrt{1 - 0,4 x^2} - \arcsin x;$ $x \in [0;1]$	12	$\cos \left(\frac{2}{x} \right) - 2 \sin \left(\frac{1}{x} \right) + \frac{1}{x};$ $x \in [1;2]$
5	$3 x - 14 + e^x - e^{-x};$ $x \in [1;3]$	13	$0,1 x^2 - x \cdot \ln x;$ $x \in [1;2]$
6	$0,25 x^3 + x - 2;$ $x \in [0;2]$	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	$3 x - 4 \ln x - 5; \quad x \in [2;4]$		

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 → Solve for Variable.

4) разложить на множители, используя Symbolic → 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	$\begin{cases} x_1 - 8x_2 - 3x_3 - 2x_4 = -18; \\ -2x_2 + 3x_3 - 2x_4 = 28; \\ x_3 + x_4 = 10; \\ x_2 + x_3 + 2x_4 = 21. \end{cases}$
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	$\begin{cases} sin(x + 1) + y = 0,8; \\ i(y - 1) + x = 1,3; \end{cases}$	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»

Практическое занятие №3

«Интерполяция и предсказание»

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»

Практическое занятие №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	$\operatorname{arctg} x$	$\ln \ln x$	$\sin x$
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	$\frac{1}{1 + e^x}$	$\operatorname{arctg} \sqrt{x}$	$\sin 3x$
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»

Практическое занятие №5

«Численное интегрирование и дифференцирование»

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 $x_i = a + h_i$; $i = 0, 1, \dots, 8$;

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

Варианты задания 1

№ варианта	$f(x)$	$[a; b]$	$[c; d]$
1	$\frac{1}{\lg 2x + 1}$	[0,4; 0,8]	[2, 2;1]
2	$\frac{\cos 3x}{(1 - \cos 3x) \cdot 2}$	[0,8; 1,6]	[-1; -0,9]
3	$\frac{1}{x\sqrt{x^3 + 4}}$	[0,18; 0,98]	[0,5; 0,6]
4	$\frac{\sin x}{1 + \sin x}$	[0,8; 1,6]	[2; 2,1]
5	$x^{2 \lg(x+2)}$	[0; 0,4]	[1,5; 1,6]

6	$x^{2 \cdot \arctg(x/3)}$	[0,8; 1,6]	[1; 1,1]
7	$e^{2x} \cdot \sin 3x$	[0,4; 1,2]	[2; 2,1]
8	$\frac{\operatorname{ctg} 2x}{(\sin 2x)^2}$	[0,8; 1,2]	[1; 1,1]
9	$(x+1) \cdot \sin x$	[1; 5]	[1; 1,1]
10	$5x + x \cdot \lg x$	[0,2; 1]	[1,3; 1,4]
11	$(2x+3) \cdot \sin x$	[0,4; 1,2]	[0,5; 0,6]
12	$\frac{\cos x}{2x+5}$	[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»

Практическое занятие №6

«Решение 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	$\begin{cases} v' = 2v - u; \\ u' = 4v + u. \end{cases}$	1,5	1,5	1	1
4	$\begin{cases} v' = 5v; \\ u' = v + 2u + t. \end{cases}$	1	1,5	0	2
5	$\begin{cases} v' = v + u + t; \\ u' = v + 2u - t. \end{cases}$	0,5	1,5	-1	2
6	$\begin{cases} v' = 2v + u + t; \\ u' = 4v. \end{cases}$	0,5	2	1	2
7	$\begin{cases} v' = -v + t; \\ u' = 5v - 7u. \end{cases}$	5	5	-1	1
8	$\begin{cases} v' = v - 5u; \\ u' = 2v + u + t. \end{cases}$	1,5	1	3	1
9	$\begin{cases} v' = 0,5 + v; \\ u' = 4 - u + t. \end{cases}$	2	0	-1	1
10	$\begin{cases} v' = -v + t; \\ u' = v + 3u. \end{cases}$	-1	2	-1,5	0
11	$\begin{cases} v' = v - u - t; \\ u' = 2v + u. \end{cases}$	1,5	1,5	-1	-1
12	$\begin{cases} v' = 5v + t; \\ u' = 3v + u. \end{cases}$	-1	1,5	0	-2
13	$\begin{cases} v' = v + u; \\ u' = v + u - t. \end{cases}$	-0,5	1	-1	2
14	$\begin{cases} v' = 2v - u; \\ u' = 4v + t. \end{cases}$	0	-2	0	2
15	$\begin{cases} v' = v - 2t; \\ u' = v + 3u. \end{cases}$	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»

Практическое занятие №7

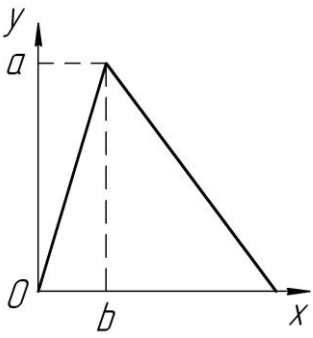
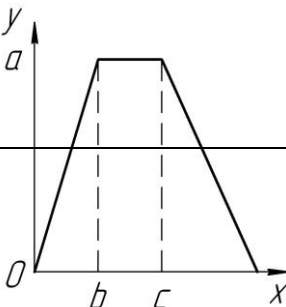
«Решение дифференциальных уравнений в частных производных»

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:

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

с начальными условиями:

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

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

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:

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

с начальными условиями:

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

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 → 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»

Практическое занятие №8

«Спектральный анализ и синтез»

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»

Критерии оценки:

- оценка «зачтено» выставляется студенту, если он правильно выполнил работу и оформил полный отчет;

- оценка «не зачтено» если он неправильно выполнил работу и оформил полный отчет, выполнил работу, но не оформил отчет или не выполнил работу.

Тестовые задания

Задание №1		
Статистические модели отличаются от других математических моделей в зависимости		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от характера применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата
2)		от способа или формы их представления
3)		от степени отражения соответствующих свойств объектов
4)		от степени отражения определенной полноты объектов
5)		от предметной области и задач моделирования

Задание №2		
Теоретико-множественные модели отличаются от других математических моделей в зависимости		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от характера применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата
2)		от способа или формы их представления
3)		от степени отражения соответствующих свойств объектов
4)		от степени отражения определенной полноты объектов
5)		от предметной области и задач моделирования

Задание №3		
Абстрактно-алгебраические модели отличаются от других математических моделей в зависимости		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от характера применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата
2)		от способа или формы их представления
3)		от степени отражения соответствующих свойств объектов
4)		от степени отражения определенной полноты объектов
5)		от предметной области и задач моделирования

Задание №4		
Нечеткие модели отличаются от других математических моделей в		

зависимости		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от характера применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата
2)		от способа или формы их представления
3)		от степени отражения соответствующих свойств объектов
4)		от степени отражения определенной полноты объектов
5)		от предметной области и задач моделирования

Задание №5		
Автоматные модели отличаются от других математических моделей в зависимости		
Выберите один из 5 вариантов ответа:		
1)		от характера применяемого метода моделирования или используемого математического аппарата
2)		от способа или формы их представления
3)		от степени отражения соответствующих свойств объектов
4)		от степени отражения определенной полноты объектов
5)		от предметной области и задач моделирования

...

Задание №196		
Укажите функцию плотности вероятности для гамма-распределения.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$dbeta(x, s1, s2)$
2)		$dcauchy(x, l, s)$
3)		$dgamma(x, s)$
4)		$dF(x, d1, d2)$

Задание №197		
Укажите функцию плотности вероятности для логнормального распределения.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$dbeta(x, s1, s2)$
2)		$dlnorm(x, \mu, \sigma)$
3)		$dgamma(x, s)$
4)		$dF(x, d1, d2)$

Задание №198		
Укажите функцию плотности вероятности для нормального распределения.		

Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$dlogis(x, l, s)$
2)		$dlnorm(x, \mu, \sigma)$
3)		$dgamma(x, s)$
4)		$dnorm(x, \mu, \sigma)$

Задание №199		
Укажите функцию плотности вероятности для распределения Стьюдента.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$dlogis(x, l, s)$
2)		$dlnorm(x, \mu, \sigma)$
3)		$dt(x, d)$
4)		$dnorm(x, \mu, \sigma)$

Задание №200		
Укажите функцию плотности вероятности для равномерного распределения.		
Выберите один из 4 вариантов ответа:		
1)		$dlogis(x, l, s)$
2)		$dunif(x, a, b)$
3)		$dt(x, d)$
4)		$dnorm(x, \mu, \sigma)$

10. Образовательные технологии и методические указания по освоению дисциплины (учебного курса)

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.

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 "Анализ данных" MS Excel 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.

11. Учебно-методическое обеспечение дисциплины (учебного курса)

11.1. Обязательная литература

№ п\п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
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"	учеб. пособие	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.	учеб. пособие	ЭБС "IPRbooks"
	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"	учебное пособие	ЭБС "Лань"

11.2. Дополнительная литература и учебные материалы (аудио-, видеопособия и др.)

- фонд научной библиотеки ТГУ:

№ п\п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно-методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
1	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.	учебник	ЭБС «Лань»

№ п\п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, др.)	Количество в библиотеке
2	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.	учебник	ЭБС «Лань»
3	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.	учебное пособие	ЭБС «Лань»

- другие фонды:

№ п/п	Библиографическое описание	Тип (учебник, учебное пособие, учебно- методическое пособие, практикум, аудио-, видеопособия и др.)	Место хранения (методический кабинет кафедры, городские библиотеки и др.)
4	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	Учебно-методическое пособие	Репозиторий ТГУ

СОГЛАСОВАНО

Директор научной библиотеки

«__»____20__г.
МП

(подпись) А.М. Асаева
(И.О. Фамилия)

11.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"

1. Российская государственная библиотека (РГБ), г. Москва – <http://www.rsl.ru>.
2. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2006 гг. На данный период в ЭБ уже собрано более 11 тыс. учебных материалов различных вузов России. В ЭК – более 30 тыс. описаний, а так же есть "Глоссарий" и раздел "Система новостей" по названной тематике. Это уникальный образовательный проект в русскоязычном Интернете. Полный доступ ко всем ресурсам, включая полнотекстовые материалы библиотеки, предоставляется всем пользователям в свободном режиме – <http://window.edu.ru>.
3. Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания – <http://www.edulib.ru>

11.4. Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование ПО	Количество лицензий	Реквизиты договора (дата, номер, срок действия)
1	Windows	1398	Договор № 690 от 19.05.2015г., срок действия - бессрочно
2	Office Standart	1398	Договор № 727 от 20.07.2016г., срок действия - бессрочно
3	MathCAD	15	Акт п/п от 21.07.09 (Гос. Контракт 487 от 28.05.09) Бессрочная

11.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
1	Лаборатория "Методы исследования физических свойств перспективных материалов" (Е-205)	Стол ученический двухместный (моноблок., доска аудиторная (меловая), стол преподавательский., стул преподавательский., кафедра	445020, Самарская обл., г. Тольятти, ул. Белорусская, 16 В позиция по ТП №26, 2 этаж, (Е-205)	35,9	30
2	Компьютерный класс. Помещение для	Стол ученический, стул, ПК с выходом в	445020 Самарская область, г.	84,8	16

№ п/п	Наименование оборудованных учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др. объектов для проведения практических и лабораторных занятий	Перечень основного оборудования	Фактический адрес учебных кабинетов, лабораторий, мастерских и др.	Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	самостоятельной работы. Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа. Учебная аудитория для курсового проектирования (выполнения курсовых работ). Учебная аудитория для проведения групповых и индивидуальных консультаций. Учебная аудитория для проведения занятий текущего контроля и промежуточной аттестации. (Г-401)	сеть интернет	Тольятти, ул.Белорусская,14, позиция по ТП № 48 , 4 этаж, (Г-401)		