

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра технологического и холодильного оборудования  
название кафедры

**Методические указания  
по самостоятельной работе**

<b>Дисциплина</b>	<u>Б1.В.08 Математическое моделирование динамических процессов</u> код и наименование дисциплины
<b>Направление подготовки/специальность</b>	<u>19.06.01 Промышленная экология и биотехнологии</u> код и наименование направления подготовки /специальности
<b>Направленность/специализация</b>	<u>профиль «Процессы и аппараты пищевых производств»</u> наименование направленности (профиля) /специализации образовательной программы
<b>Квалификация выпускника</b>	<u>Исследователь. Преподаватель-исследователь</u> указывается квалификация (степень) выпускника в соответствии с ФГОС ВО
<b>Кафедра-разработчик</b>	<u>Технологического и холодильного оборудования</u> наименование кафедры-разработчика рабочей программы

Мурманск  
2019

Составитель - Похольченко В.А., канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой технологического и холодильного оборудования,

МУ к СР рассмотрены и одобрены на заседании кафедры - разработчика технологического и холодильного оборудования, «25» июня 2019 г., протокол № 10

**ОГЛАВЛЕНИЕ**

1. ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.....	4
2. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН.....	5
3. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕ- СУРСОВ.....	8
4. СОДЕРЖАНИЕ «Математическое моделирование динамических процес- сов».....	10

## ОБЩИЕ ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Методические указания для самостоятельной работы составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Математическое моделирование динамических процессов», разработанной на основе ФГОС ВО для направления 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии», утвержденного приказом № 884 Министерства образования и науки РФ 3.07.2014 г.

Методические указания для самостоятельной работы предназначены для организации и контроля внеаудиторной самостоятельной работы аспирантов.

Процесс изучения дисциплины «Математическое моделирование динамических процессов» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО:

**Таблица 1 – Планируемые результаты обучения**

№ п/п	Код и содержание компетенции	Степень реализации компетенции	Этапы формирования компетенции
1	ПК-2 - владеть системой фундаментальных и прикладных знаний в области процессов и аппаратов пищевых производств	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> методологию научных исследований. <b>Уметь</b> применять и использовать накопленный человеческий опыт в научных исследованиях. <b>Владеть</b> навыками моделирования и расчета процессов и аппаратов пищевых производств
2	ПК-3 - способность адаптировать результаты современных исследований в области процессов и аппаратов пищевых производств и для решения актуальных проблем, возникающих в деятельности организаций и предприятий	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> математические модели для конкретных процессов и проводить расчеты в рамках построенных моделей <b>Уметь</b> использовать существующие и строить новые математические модели процессов пищевых производств <b>Владеть</b> математическими методами в технических приложениях.
3	ПК-4 - готовность осуществлять научно-исследовательскую, научно-производственную и экспертно-аналитическую деятельность в области промышленной теплоэнергетики	Компоненты компетенции соотносятся с содержанием дисциплины, и компетенция реализуется полностью	<b>Знать:</b> основные элементы теории проверки статистических гипотез. <b>Уметь</b> оценивать эффективность и результаты научной деятельности. <b>Владеть</b> приемами проведения научных исследований

**Целью дисциплины** «Математическое моделирование динамических процессов» является подготовка аспирантов по направлению 19.06.01 «Промышленная экология и биотехнологии», направленности «Процессы и аппараты пищевых производств» является подготовка обучающегося в соответствии с квалификационной характеристикой исследователя и преподавателя-исследователя и рабочим учебным планом.

**Задачи дисциплины** - дать необходимые теоретические и практические знания в области моделирования технологических процессов.

**По окончании обучения аспирант должен:**

**Знать:** методы математического моделирования при исследовании процессов и аппаратов; основные положения математического моделирования процессов и аппаратов; способы получения математических моделей процессов и аппаратов, проведения экспериментов, обработки результатов экспериментов и представления их в виде математических моделей.

**Уметь:** применять и использовать накопленный человеческий опыт в научных исследованиях; использовать существующие и строить новые математические модели процессов пищевых производств; выбирать наиболее прогрессивные способы осуществления процесса; оценивать эффективность и результаты научной деятельности. **Обладать навыками:** математического моделирования процессов и аппаратов, экспериментального исследования процессов в пищевой промышленности; обработки результатов математической обработки экспериментальных исследований.

### ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

Содержание разделов (модулей), тем дисциплины	Количество часов, выделяемых на виды учебной подготовки по формам обучения	
	Очная	Заочная
<b><i>Модуль 1. Общие принципы анализа и расчета процессов и аппаратов пищевых производств</i></b>		
Классификация процессов и аппаратов пищевых производств	2	3
Общие принципы расчёта процессов и аппаратов	2	3
1.3 Анализ и установление общих закономерностей процесса	2	3
1.4 Свойства продуктов, как объектов обработки	2	3
<b><i>Модуль 2. Обработка результатов эксперимента</i></b>		
2.1 Источники погрешностей, возникающих при моделировании пищевых производств	2	3
2.2 Учет погрешностей в процессе математической обработки результатов эксперимента	2	3
2.3 Средние значения величин и их оценка	2	3
2.4 Интерполирование экспериментальных данных	3	3
2.5 Построение аналитических зависимостей методом наименьших квадратов	3	3

2.6 Построение аналитических зависимостей в форме функций нескольких переменных	3	4
2.7 Построение эмпирических формул	4	4
2.8 Сглаживание экспериментальных данных	3	3
<b>Модуль 3. Анализ результатов эксперимента</b>		
3.1 Приближенное дифференцирование	3	3
3.2 Приближенное интегрирование	3	3
3.3 Парная корреляция	3	4
3.4 Множественная корреляция	3	3
3.5 Обработка экспериментальных результатов методами теории подобия	3	3
<b>Модуль 4. Применение дифференциальных уравнений в моделировании процессов пищевых производств</b>		
4.1 Задачи, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям	3	3
4.2 Обратная задача для кинетического уравнения	2	3
4.3 Моделирование теплопроводности	1	2
4.4 Моделирование диффузии	1	2
<b>Итого:</b>	<b>52</b>	<b>64</b>

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

1. Драница Ю. П. Обработка экспериментальных данных : учеб. пособие для вузов. [В 2 ч.] Ч. 1 / Ю. П. Драница; Федер. агентство по рыболовству, ФГОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2011. - 115 с. : ил.
2. Проектирование, конструирование и расчет техники пищевых технологий / Под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова В.А. - СПб.: Лань 2013.— 730 с.: ил.
3. Болдин А. П. Основы научных исследований : учебник для вузов / А. П. Болдин, В. А. Максимов. - Москва : Академия, 2012. - 333, [1] с. : ил. - (Высшее профессиональное образование. Транспорт) (Учебник). - Библиогр.: с. 330.
4. Машины и аппараты пищевых производств : учебник для вузов ; в 3 кн.: Кн. 2. Т.1 / С.Т. Антипов [и др.]; под ред. акад. РАСХН В.А. Панфилова, проф. В.Я. Груданова. — Минск: БГАТУ, 2008. — 580 с. ISBN 978-985-6770-89-3 (Кн.2,т.1) ISBN 978-985-6770-49-7.
5. Мартынов Е. В. Математические методы моделирования параметров геологических

процессов и явлений : учеб. пособие для вузов / Е. В. Мартынов; Федер. агентство по рыбо- ловству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2011. - 136 с.

6. Бредихин С. А. Технологическое оборудование рыбоперерабатывающих производств : учеб. пособие [для бакалавров] / С. А. Бредихин, И. Н. Ким, Т. И. Ткаченко. - Москва : МОРКНИГА, 2013. - 736, [12] с. : ил.

7. Громов П. Б. Процессы и аппараты химической технологии [Электронный ресурс] : крат. курс : учеб. пособие для вузов / П. Б. Громов; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т" [и др.]. - Электрон. текстовые дан. (1 файл : 2.8 Мб). - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. - Доступ из локальной сети Мурман. гос. техн. ун-та.

8. Процессы сушки, копчения и вяления рыбы : учеб. пособие для студентов образоват. орг. высш. образования, обучающихся по направлению подгот. 15.03.02 (151000) "Техноло- гические машины и оборудование" уровня бакалавриата / Ю. Т. Глазунов [и др.]. - Москва : Моркнига, 2015. - 261 с.

9. Шамрина О. П. Художественное конструирование машин и аппаратов пищевых производств : учеб. пособие / О. П. Шамрина; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т". - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2015. - 124 с. Бредихин С. А., Ким И. Н., Ткаченко Т. И. Технологическое оборудование рыбо- перерабаты- вающих производств: Учебное пособие/ С. А. Бредихин, И. Н. Ким, Т. И. Ткаченко. – М.: МОРГКНИГА, 2013. – 749 с.

10. Громов П. Б. Процессы и аппараты химической технологии : краткий курс : учебное пособие для вузов / П. Б. Громов; Федер. агентство по рыболовству, ФГБОУ ВПО "Мурман. гос. техн. ун-т" [и др.]. - Мурманск : Изд-во МГТУ, 2012. - 204 с. : ил.

11. Инженерная 3D-компьютерная графика : учеб. пособие для бакалавров / А. Л. Хейфец [и др.]; под ред. А. Л. Хейфеца ; М-во образования и науки Рос. Федера- ции, Юж.-Урал. гос. ун-т. - 2-е изд., перераб. и доп. - Москва : Юрайт, 2015. - 464 с. : ил.

#### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. Электронно-библиотечная система «IPRbooks». Лицензионный договор № 4979/19 от 01.04.2019 г. на оказание услуг по предоставлению доступа. Исполнитель ООО Компания

«Ай Пи Ар Медиа». Срок действия документа: с 20.04.2019 г. по 20.04.2020 г. <http://www.iprbookshop.ru>

2. ЭБС «Консультант студента». Договор № 19/37 от 11.03.2019 г. на оказание услуг по предоставлению доступа к базе данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» Исполнитель ООО «Политехресурс». Срок действия документа: с 21.04.2019 г. по 20.04.2020 г. : <http://www.studentlibrary.ru>

#### **Перечень программного обеспечения, профессиональных баз данных и информаци- онных справочных систем, реквизиты подтверждающего документа**

##### **Программное обеспечение**

1. Операционная система Microsoft Windows Vista Business Russian Academic OPEN, лицензия № 44335756 от 29.07.2008 (договор №32/379 от 14.07.08г.)

2. Офисный пакет Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN, лицензия № 45676388 от 08.07.2009 (договор 32/224 от 14.0.2009г.)

3. Офисный пакет Microsoft Office 2010 Russian Academic OPEN, лицензия №

47233444 от 30.07.2010 (договор 32/285 от 27 июля 2010г.)

4. Система оптического распознавания текста ABBYY FineReader Corporate 9.0 (сетевая версия), 2009 год (договор ЛЦ-080000510 от 28 апреля 2009г.)

5. Антивирусная программа (договор №7689 от 23.07.2018 на программу Антивирус Dr.Web Desktop Security Suite)

#### **Профессиональные базы данных**

БД «EBSCO». Сублицензионный договор № 45.49/19.85 от 09.01.2019 г. на оказание услуг по предоставлению доступа и использованию Баз данных и входящих в его состав электронных изданий компании EBSCO. Исполнитель ООО «Центр Научной Информации НЭИКОН».

Срок действия документа: с 01.01.2019 г. по 31.12.2019 г. <https://www.ebsco.com>

#### **Информационные справочные системы**

1. «SLOVARI.RU. ПОИСК ПО СЛОВАРЯМ» <https://www.slovari.ru>

2. «СЛОВАРИ И ЭНЦИКЛОПЕДИИ НА АКАДЕМИКЕ» <https://dic.academic.ru>

### **СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ИЗУЧЕНИЮ ТЕМ ДИСЦИПЛИНЫ «Математическое моделирование динамических процессов»**

Самостоятельная работа аспирантов предполагает работу с литературой, нормативной и технической документацией.

При изучении тем, заданных на самостоятельное изучение, аспирант пишет конспект, отмечая труднодоступные моменты, и отвечает на вопросы для самостоятельной проверки.

#### **Тема 1.1. Классификация процессов и аппаратов пищевых производств**

**Содержание темы:** процесс, аппарат, машина классификация процессов и аппаратов, механические процессы, тепловые процессы, биотехнологические процессы, химические процессы, непрерывные и периодические процессы.

#### **Рекомендации по изучению темы**

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- основное отличие аппаратов от машин;
- классификация процессов и аппаратов;
- правила выбора непрерывного и периодического процессов.

**Рекомендуемая литература:** [2, 3, 7, 8].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется процессом?
2. Какое устройство называется аппаратом?
3. Какое устройство называется машиной?
4. На каких законах базируются механические процессы?
5. На каких законах базируются тепловые процессы?
6. В каких случаях отдают предпочтение непрерывному, а в каких - периодическому процессу производства?

#### **Тема 1.2. Общие принципы расчёта процессов и аппаратов**

**Содержание темы:** методика составления балансового уравнения, баланс импульса (количества движения), последовательность расчета процессов и аппаратов

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- методика составления балансового уравнения;
- последовательность расчета процессов и аппаратов.

**Рекомендуемая литература:** [2, 3, 6, 8].

Вопросы для самопроверки

1. Какие обозначения используются в балансовом уравнении?
2. Для каких процессов составляется баланс импульса?
3. Напишите формулу балансового уравнения.
4. Назовите особенности составления энергетического баланса.
5. Какие цели преследуют инженерные поверочные расчеты и расчеты, связанные с конструированием новых процессов и аппаратов?
6. Назовите последовательность расчета процессов и аппаратов.

**Тема 1.3.** Анализ и установление общих закономерностей процесса

**Содержание темы:** общие представления о моделировании, понятие модели, применение моделей аналогии, изоморфизм, гомоморфизм, отображения имитацией, физические и абстрактные модели, математические модели, этапы моделирования, анализ математической модели, алгоритм решения задачи, способы анализа и закономерностей процессов.

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- применение моделей в научных исследованиях;
- тождественность и подобие систем;
- этапы моделирования;
- анализ модели;
- способы анализа и закономерностей процессов.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение изоморфизму.
2. Приведите примеры гомоморфизма.
3. Опишите схему процесса моделирования.
4. Опишите схему вычислительного эксперимента.
5. Какова главная задача закономерностей процессов?
6. Недостатки способа анализа закономерностей процесса на основе эмпирических данных.
7. Проблемы и перспективы анализа, основанного на фундаментальных физических законах.
8. Сущность метода обобщенных переменных.

**Тема 1.4.** Свойства продуктов, как объектов обработки

**Содержание темы:** дисперсная система; коллоидная система; свободная и связанная вода; коагуляция; истинные растворы; эмульсии; золи; капиллярно-пористая

структура; теплоемкость продукта; удельная теплоемкость продукта; коэффициент температуропроводности; термовлагопроводность; пористость; механические свойства; гидромеханические свойства; лабильность пищевых материалов.

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- формы и энергия связи влаги с твёрдой основой скелета капиллярно-пористого тела;
- расчет удельной теплоемкости продуктов;
- формула для расчета теплопроводности;
- коэффициент температуропроводности;
- коэффициент пористости;
- напряжение, относительная деформация;
- кинематический коэффициент вязкости.

**Рекомендуемая литература:** [6, 8].

Вопросы для самопроверки

1. Какую среду называют дисперсной системой?
2. Охарактеризуйте капиллярно-пористую структуру пищевых продуктов.
3. Какую среду называют коллоидным раствором?
4. Как называется явление поглощения составных частей системы поверхностным слоем другого вещества?
5. Что называются полной пористостью твердого скелета?
6. Дайте определение относительной деформации?
7. Что характеризует динамический коэффициент вязкости?

**Тема 2.1.** Источники погрешностей, возникающих при моделировании пищевых производств

**Содержание темы:** причины появления погрешности, погрешность математической модели,

ошибка измерения, погрешность исходных данных, погрешность округлений.

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- причины появления погрешности;
- начальная погрешность;
- погрешность метода.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое неустранимая погрешность?
2. Что называется погрешностью модели?
3. Что включает в себя погрешность метода?
4. Каково влияние погрешности округления на вычислительные методы?

**Тема 2.2.** Учет погрешностей в процессе математической обработки результатов эксперимента

**Содержание темы:** погрешность, абсолютная погрешность, предельная абсолютная погрешность, относительная погрешность, предельная относительная погрешность

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- предельная абсолютная погрешность;
- предельная относительная погрешность;
- правила арифметических действий с приближенными числами.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение абсолютной погрешности?
2. Что называется относительной погрешностью?
3. Что называется значащей цифрой приближенного числа?
4. Назовите правило сложения и вычитания приближенных чисел.
5. Назовите правило умножения и деления приближенных чисел.

### **Тема 2.3. Средние значения величин и их оценка**

**Содержание темы:** оценка истинного значения измеренной величины, доверительный интервал, доверительная вероятность, среднее арифметическое значение, доверительные границы, доверительная вероятность, закон распределения случайной величины Стьюдента

При изучении данной темы особое внимание обратить:

- веса измерений и взвешенное среднее арифметическое значение;
- доверительные границы;
- закон распределения случайной величины Стьюдента

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Что такое доверительный интервал?
2. Что называют доверительной вероятностью?
3. Как найти истинное значение измеренной величины, если последовательные измерения проводились различными инструментами и при различных внешних обстоятельствах?
4. Как изменяются границы доверительного интервала с повышением требований к надёжности оценки?

### **Тема 2.4. Интерполирование экспериментальных данных**

**Содержание темы:** интерполируемая и интерполирующая функции, способы нахождения интерполяционного многочлена, интерполяционная формула Лагранжа, задача интерполирования функции, заданной таблично, первый и второй интерполяционные полиномы Ньютона.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- интерполяция функции, заданной таблично;
- первый интерполяционный полином Ньютона;
- второй интерполяционный полином Ньютона

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. В чем состоит сущность метода интерполяции?

2. В каких случаях необходимо пользоваться методом интерполяции?
3. Что называют узлами интерполяции и интерполяционным многочленом?
4. В чем состоит достоинство интерполяционного многочлена Лагранжа?
5. Что называется конечными разностями интерполяционных формул?
6. Какие интерполяционные формулы необходимо выбирать, если значения функции измерены с низкой точностью?
7. В каких случаях можно использовать первую интерполяционную формулу?
8. В каких случаях нужно использовать вторую интерполяционную формулу?

**Тема 2.5.** Построение аналитических зависимостей методом наименьших квадратов

**Содержание темы:** аппроксимация, аппроксимирующая функция, принцип наименьших квадратов, точечное квадратичное аппроксимирование функции.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- принцип наименьших квадратов;
- квадратичное отклонение;
- аппроксимирующий многочлен.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. В чем сущность аппроксимации?
2. В каких случаях целесообразно использовать аппроксимацию?
3. Что утверждает принцип наименьших квадратов?
4. Что называется точечным квадратичным аппроксимированием?
5. В каких случаях целесообразно использовать линейную аппроксимирующую функцию?
6. В каких случаях целесообразно использовать параболическую аппроксимирующую функцию?
7. Каким образом можно оценить эффективность аппроксимации?

**Тема 2.6.** Построение аналитических зависимостей в форме функций нескольких переменных

**Содержание темы:** линейные математические модели, вектор результатов наблюдений за исследуемой функцией, матрица результатов наблюдений за независимыми переменными, вектор коэффициентов исследуемой функции, вектор невязок модели

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- принцип построения линейной аналитической зависимости;
- вектор результатов наблюдений за исследуемой функцией;
- матрица результатов наблюдения за изменением переменных.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Можно ли метод наименьших квадратов использовать для построения аналитических зависимостей в форме функций нескольких переменных?

2. Как записывается матрица результатов наблюдений за независимыми переменными?
3. Как находятся значения вектора коэффициентов модели?

### **Тема 2.7.** Построение эмпирических формул

**Содержание темы:** методика построения эмпирических формул. Метод выбранных точек.

Вид эмпирической формулы и способ вычисления ее аргументов

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- метод эмпирических формул;
- метод построения линейной функции;
- метод выбранных точек;
- логарифмические и полулогарифмические шкалы;
- условия наличия эмпирических зависимостей.

**Рекомендуемая литература:** [1,4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Что называют методом выбранных точек?
2. Для преобразования каких функций применяют двойные логарифмические и полулогарифмические шкалы?
3. В каких случаях используют метод построения линейной функции?
4. В чем сущность приема выбора конкретной эмпирической формулы?

### **Тема 2.8.** Сглаживание экспериментальных данных

**Содержание темы:** регулярная и случайная составляющие измеряемой величины, сглаживание, формулы сглаживания для таблиц с постоянным шагом,

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- формулы для сглаживания по трём точкам;
- формулы для сглаживания по пяти точкам;
- правила применения формул сглаживания

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5]

Вопросы для самопроверки

1. Дайте определение регулярной и случайной составляющим измеряемой величины.
2. На чем основывается методика сглаживания эмпирических данных?
3. Какой метод применяют при получении формул сглаживания?
4. Назовите особенности сглаживания значений функции, лежащих вблизи концов таблицы.
5. Как можно судить о выполнении достаточной гладкости.

### **Тема 3.1.** Приближенное дифференцирование

**Содержание темы:** численное дифференцирование, формулы численного дифференцирования, производные первого, второго порядка

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- формулы численного дифференцирования для таблиц с постоянным шагом;

- формулы для вычисления производных первого порядка;
- формулы для вычисления производных второго порядка.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Что позволяет вычислять численное дифференцирование для функций, заданных таблично?
2. Как с ростом порядка производной изменяется точность результатов при численном дифференцировании?
3. Для чего используется многочлен Лагранжа при численном дифференцировании?
4. Для решения каких технологических задач применяются методы численного дифференцирования?

### **Тема 3.2. Приближенное интегрирование**

**Содержание темы:** квадратурные формулы (формула трапеций, формула парабол)

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- формула трапеций;
- формула парабол (формула Симпсона).

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях возникает необходимость применения приближенного интегрирования?
2. На чем основан вывод формулы трапеций?
3. Каковы особенности вывода формулы Симпсона?
4. Какая квадратурная формула (формула трапеций или формула парабол) дает более точные результаты?

### **Тема 3.3. Парная корреляция**

**Содержание темы:** корреляционные зависимости, корреляционный анализ, функция регрессии, линейная корреляция, коэффициент корреляции, коэффициенты регрессии, корреляционные таблицы.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- коэффициент корреляции;
- коэффициенты регрессии;
- корреляционные таблицы.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях используют методы корреляционного анализа?
2. Что называется функцией регрессии?
3. Какая корреляционная зависимость называется линейной корреляцией?
4. Какое максимальное значение по абсолютной величине может принимать коэффициент корреляции?
5. В каких случаях пользуются корреляционными таблицами?

**Тема 3.4.** Множественная корреляция

**Содержание темы:** множественная корреляция, плоскость регрессии переменной, коэффициенты множественной регрессии, частные коэффициенты корреляции, коэффициенты множественной корреляции.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- порядок определения коэффициентов множественной корреляции;
- частные коэффициенты корреляции;
- коэффициенты множественной корреляции.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. В каких случаях используются множественная корреляция?
2. Что называют плоскостью регрессии переменной?
3. В каких случаях используются частные коэффициенты корреляции?
4. Что оценивает частный коэффициент корреляции?
5. Какой ситуации соответствует единичное значение коэффициента множественной корреляции?

**Тема 3.5.** Обработка экспериментальных результатов методами теории подобия

**Содержание темы:** критерии подобия, определяющий размер, критерий Фурье, Био, Рейнольдса, Нуссельта, Прандтля

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- основы теории подобия;
- критерии подобия;
- понятие об обобщённых координатах.

**Рекомендуемая литература:** [3, 6, 8].

Вопросы для самопроверки

1. Перечислите основные положения теории подобия?
2. Что такое определяющий размер?
3. Что такое критерии-комплексы, а что - критерии симплексы?
4. Дайте определение критериев Фурье, Био, Рейнольдса, Нуссельта?

**Тема 4.1.** Задачи, приводящие к обыкновенным дифференциальным уравнениям

**Содержание темы:** обыкновенное дифференциальное уравнение, дифференциальное уравнение с частными производными, порядок дифференциального уравнения, линейное и нелинейное дифференциальное уравнение, условия однозначности, частное решение

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- условия однозначности;
- этапы исследования явлений и процессов с помощью математических моделей в форме дифференциальных уравнений.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Что называется решением дифференциального уравнения?
2. Что относят к условиям однозначности?
3. Что такое частное решение дифференциального уравнения?
4. Назовите алгоритм исследования явлений и процессов с помощью дифференциальных уравнений.
5. Приведите примеры технологических задач, которые могут быть решены с помощью дифференциальных уравнений.

#### **Тема 4.2.** Обратная задача для кинетического уравнения

**Содержание темы:** кинетическое уравнение, обратная задача математического моделирования, метод логарифмирования, интегральный метод, метод полупроцесса, метод обобщенных кривых.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- метод логарифмирования;
- интегральный метод;
- метод полупроцесса;
- метод обобщенных кривых.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Какая математическая модель называется кинетическим уравнением?
2. Что относят к условиям однозначности?
3. Какая задача называется обратной задачей математического моделирования?
4. Назовите особенности метода логарифмирования.
5. Назовите особенности интегрального метода.
6. В каких случаях метод полупроцесса дает наилучшие результаты?
7. Приведите примеры применения метода обобщенных кривых.

#### **Тема 4.3.** Моделирование теплопроводности

**Содержание темы:** стационарное и нестационарное температурное поле, плотность теплового потока, градиент температуры, построение уравнения теплопроводности, объёмная плотность тепловыделения, начальное условие, граничное условие первого, второго, третьего рода

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- закон сохранения энергии;
- уравнение сохранения энергии;
- уравнение теплопроводности, представленное в общем виде;

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Напишите одномерное дифференциальное уравнение теплопроводности в частных производных.
2. Что такое начальное условие?
3. Сформулируйте определение для граничных условий первого рода.
4. Особенности граничных условий второго рода.

5. Каким уравнением задается граничное условие третьего рода.

**Тема 4.4.** Моделирование диффузии.

**Содержание темы:** диффузия, первый закон Фика, уравнение диффузии, второй закон Фика, коэффициент диффузии.

При изучении данной темы особое внимание следует обратить:

- первый закон Фика;
- закон сохранения вещества;
- уравнение диффузии вещества;
- второй закон Фика.

**Рекомендуемая литература:** [1, 4, 5].

Вопросы для самопроверки

1. Какой процесс называется диффузией?
2. Сформулируйте первый закон Фика.
3. Сформулируйте закон сохранения вещества.
4. От каких параметров может зависеть коэффициент диффузии?
5. От чего зависит интенсивность процессов диффузии?
6. Как влияет температура на процесс диффузионного переноса вещества?