Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Моделирование процессов и объектов в производственных системах

22.03.02 «Металлургия»
(направленность (профиль): «Металлургия»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Заочная форма

Срок обучения: 4 года 6 месяцев

Год начала подготовки 202

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 03-06-2026 12:22:48 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:
– изучение основных понятий и принципов математического и физического моделирования;
– формирование навыков построения математических моделей производственных систем.

Задачами учебной дисциплины являются:
– изучение методов математического моделирования;
– получение знаний и навыков необходимых для применения методов математического моделирования;
– получение знаний и навыков необходимых для подготовки, проведения и обработки результатов экспериментов;
– получение знаний и навыков необходимых для решения технологических задач.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам обязательной части **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 22.03.02 «Металлургия».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:
– Информационные технологии;
– Введение в профессиональную деятельность.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:
– Технология прокатного производства.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – Общепрофессиональные компетенции

| Наименование категории (группы) ОПК | Код и наименование ОПК | Код и наименование индикатора достижения ОПК | Планируемые результаты обучения |
|---|---|---|---|
| Применение фундаментальных знаний | ОПК-1: Способен решать задачи профессиональной деятельности, применяя методы | ОПК-1.1 Применяет методы моделирования, математического анализа при | – знать: существующие математических методы моделирования |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | моделирования, математического анализа, естественнонаучные и общеинженерные знания | решении прикладных общеинженерных задач | общеинженерных задач.<br>– уметь: выбирать соответствующие методы математического моделирования объектов, процессов и явлений. |
| Научные исследования | ОПК-5: Способен решать научно-исследовательские задачи при осуществлении профессиональной деятельности с применением современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств | ОПК-5.2 Понимает основы современных информационных технологий и прикладных аппаратно-программных средств | – знать: существующие прикладные программные средства.<br>– уметь: использовать информационные технологии и прикладные программные средства. |
| Информационно-коммуникационные технологии профессиональной деятельности | ОПК-8: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности | ОПК-8.2 Использует современные информационные технологии для решения технических задач | – знать: основы технологических процессов производства продукции соответствующей отрасли.<br>– уметь: использовать информационные технологии для решения задач профессиональной деятельности. |

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (лабораторные работы, коллоквиумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся.

Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## Объем учебной дисциплины

| Сессия / курс | | ***ИТОГО*** | ***2 сессия / 4 курс*** | ***3 сессия / 4 курс*** |
|---|---|---|---|---|
| Форма промежуточной аттестации | | | | *зачет* |
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***144*** | *36* | *108* |
| | *зачетных единиц* | ***4*** | *1* | *3* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***4*** | *2* | *2* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Лабораторные работы, *академ. час.* | | ***4*** | *0* | *4* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Курсовая работа / проект, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | | ***0*** | *0* | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | | ***132*** | *34* | *98* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | | ***4*** | *0* | *4* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* | *0* |

## Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Моделирование технологических процессов и объектов (Основные понятия и определения. Виды моделирования. Структурный подход для построения математических моделей);

Раздел 2 Математическое и физическое моделирование технологических процессов (Основные этапы метода математического моделирования. Прямые и обратные задачи математического моделирования. Универсальность математических моделей. Принцип аналогий. Планирование эксперимента. Основные этапы метода физического моделирования);

Раздел 3 Классификация моделей. Обработка экспериментальных данных (Классификация математических моделей. Требования к свойствам математических моделей. Способы обработки экспериментальных данных).

## 5 Перечень тем лекций

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лекций** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Раздел 1. | Моделирование технологических процессов и объектов. Основные понятия и определения. Виды моделирования | 2 | |
| Раздел 2;<br>Раздел 3. | Математическое и физическое моделирование технологических процессов. Классификация моделей. Обработка экспериментальных данных. | 2 | |
| **Итого:** | | **4** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы практических занятий (семинаров)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лабораторных работ** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Способ проведения кривых с применением интерполяции по методу Лагранжа | 2 | |
| Раздел 2. | Определение коэффициента корреляции опытных данных | 1 | |
| Раздел 3. | Определение коэффициента корреляции опытных данных | 1 | |
| **Итого:** | | **4** | **0** |

## 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы курсовых работ (проектов)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |

| | | |
|---|---|---|
| **Итого:** | **0** | **0** |

## 9 Виды самостоятельной работы

| № раздела / темы дисциплины | Виды самостоятельной работы | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | 1. Контрольная работа;<br>2. Подготовка к лабораторной работе;<br>3. Прохождение тестирования. | 44 | |
| Раздел 2. | 1. Контрольная работа;<br>2. Подготовка к лабораторной работе;<br>3. Прохождение тестирования. | 44 | |
| Раздел 3. | 1. Контрольная работа;<br>2. Подготовка к лабораторной работе;<br>3. Прохождение тестирования. | 44 | |
| *Контроль* | *Подготовка к зачёту* | 4 | |
| **Итого:** | | **136** | **0** |

## 10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Контролируемые компетенции | Оценочные средства |
|---|---|---|
| Раздел 1. | ОПК-1;<br>ОПК-5;<br>ОПК-8 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Наблюдение за работой на лабораторной работе;<br>4. Тестовые задания |
| Раздел 2. | ОПК-1;<br>ОПК-5;<br>ОПК-8 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Наблюдение за работой на лабораторной работе;<br>4. Тестовые задания |
| Раздел 3. | ОПК-1;<br>ОПК-5;<br>ОПК-8 | 1. Вопросы для собеседования при защите отчета о лабораторной работе;<br>2. Контрольная работа;<br>3. Наблюдение за работой на лабораторной работе;<br>4. Тестовые задания |

| | | |
|---|---|---|
| Зачет. | ОПК-1;<br>ОПК-5;<br>ОПК-8 | 1. Вопросы к зачету |

## 11 Входной контроль

**11.1 Цель входного контроля** − определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

### 11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – тестирование.

Длительность тестирования – 20 минут. Тестирование проводится в течение первых двух недель изучения учебной дисциплины в СУО СибГИУ.

### Шкала оценивания результатов тестирования

За каждый правильный ответ выставляется 1 балл. Максимальное количество – 10 баллов.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 10 | не менее 9 | отлично |
| 8 | не менее 7 | хорошо |
| 6 | не менее 5 | удовлетворительно |
| 4 | - | неудовлетворительно |

Основываясь на результатах тестирования, формируется индивидуальная траектория обучающегося (группы обучающихся), исходя из следующих соображений:

- 9 – 10 баллов – обучающийся готов к изучению учебной дисциплины без дополнительного повторения изученного ранее материала;
- 7 – 8 баллов – обучающийся в целом готов к изучению учебной дисциплины, требуется повторение отдельных вопросов(тем) изученного ранее материала, необходимого для успешного освоения учебной дисциплины;
- менее 5 баллов – обучающийся имеет слабую подготовку к изучению учебной дисциплины, необходимы корректирующие занятия и консультации.

**Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.**

## 12 Текущий контроль

**12.1 Текущий контроль знаний** используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО Сибгиу.

Формы проведения текущего контроля – вопросы для собеседования при защите отчета о практической работе; наблюдение за работой на практическом занятии, тестирование.

### 12.2 Описание оценочных средств

### Шкалы оценивания (методики оценки)

#### 12.2.1 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Подготовку к практическим работам обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы.

**Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:**

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями. | 2,5 |

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники. | 1,25 |
| Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

### 12.2.2 Рекомендации по оцениванию в процессе собеседования при защите отчета о практической работе

Подготовку к защите отчета о практической работе обучающиеся осуществляют в рамках самостоятельной работы. Вопросы для подготовки к защите отчета о практической работе представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

**Критерии оценки устных ответов на вопросы при защите отчета о практической работе:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Критерии оценки устных ответов обучающихся на вопросы при защите отчета о практической работе

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Излагает материал последовательно и правильно; полно и аргументировано отвечает по содержанию задания. | 2,5 |
| Обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно | 1,25 |

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| составленные. | |
| Рационально использует время, отведенное на ответ; устный ответ не затянут во времени. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня умений и знаний обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО СибГИУ в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется не менее 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл; в заданиях на соответствие за каждый правильный ответ – 0,5 баллов.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 25 | не менее 21 | отлично |
| 20 | не менее 16 | хорошо |
| 15 | не менее 12 | удовлетворительно |
| 11 | – | неудовлетворительно |

### 12.2.4 Рекомендации по оцениванию контрольной работы

Контрольная работа – это самостоятельная форма учебной деятельности обучающегося, которая осуществляется без

непосредственного руководства и контроля со стороны педагогического работника, но по его поручению.

**Критерии оценки:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный ответ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– использование при ответе требований нормативных документов, учебной литературы (обязательное условие);

– использование графических элементов с целью выделения особо значимой информации: таблиц, схем, рисунков и т.п.

Критерии оценки контрольной работы

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 25 | не менее 21 | отлично |
| 20 | не менее 16 | хорошо |
| 15 | не менее 12 | удовлетворительно |
| 11 | – | неудовлетворительно |

## 13 Промежуточная аттестация

### 13.1 Оценочные средства для промежуточной аттестации

обучающихся по учебной дисциплине предназначен для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяет определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: зачет.

Промежуточная аттестациия включает: вопросы к зачету.

### 13.2 Оценивание обучающегося на зачете

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| зачтено | Оценка «зачтено» выставляется обучающемуся, если он твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения, а также имеет достаточно полное представление о значимости знаний по учебной дисциплине. |
| не зачтено | Оценка «не зачтено» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «не зачтено» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине. |

Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.

## 14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 Цымбал, В. П. Математическое моделирование сложных систем в металлургии : учебник для вузов / В. П. Цымбал. – Кемерово ; Москва : Кузбассвузиздат-АСТШ, Российские университеты, 2006. – 431 с. - ISBN 5202009259;

2 Заварухин, С. Г. Математическое моделирование химико-технологических процессов и аппаратов : учебное пособие / С. Г. Заварухин. – Москва : НГТУ, 2017. – 86 с. – ISBN 978-5-7782-3284-6. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778232846.html (дата обращения: 09.02.2026);

3 Иванов, В. В. Математическое моделирование : учебное пособие : [16+] / В. В. Иванов, О. В. Кузьмина ; Поволжский государственный технологический университет. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Йошкар-Ола : Поволжский государственный технологический университет, 2022. – 116 с. : схем., табл., ил. – Режим доступа: по подписке. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=696353 (дата обращения: 09.02.2026).

**б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке.

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

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## 15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (лабораторных работ);
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 22.03.02 «Металлургия».

Составитель(и):

профессор Арышенский Евгений Владимирович (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК);

преподаватель Чинов Вячеслав Юрьевич (кафедра обработки металлов давлением и материаловедения ЕВРАЗ ЗСМК).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Гл. калибровщик
рельсобалочного цеха
ПАО “ЕВРАЗ филиал ЗМК”
В.В. Дорофеев

## Приложение

## Тестовые задания для входного контроля знаний обучающихся

**Выберите один правильный ответ.**

1) В чем заключается смысл понятия «технологический процесс»?
а) упорядоченная последовательность взаимосвязанных действий, выполняющихся с момента возникновения исходных данных до получения требуемого результата;
б) разработка и создание (организация), максимально эффективное использование (управление) и контроль социально-экономических систем;
в) это организационная функция и совокупность процессов создания, продвижения и предоставления продукта или услуги покупателям и управление взаимоотношениями с ними с выгодой для организации;
г) это процесс создания некоторых благ, предполагающий использование экономических ресурсов.
2) Моделирование — это:
а) процесс замены реального объекта (процесса, явления) моделью, отражающей его существенные признаки с точки зрения достижения конкретной цели;
б) процесс демонстрации моделей одежды в салоне мод;
в) процесс неформальной постановки конкретной задачи;
г) процесс замены реального объекта (процесса, явления) другим материальным или идеальным объектом;
д) процесс выявления существенных признаков рассматриваемого объекта.
3) Модель — это:
а) фантастический образ реальной действительности;
б) материальный или абстрактный заменитель объекта, отражающий его пространственно-временные характеристики;
в) материальный или абстрактный заменитель объекта, отражающий его существенные характеристики;
г) описание изучаемого объекта средствами изобразительного искусства;
д) информация о несущественных свойствах объекта.
4) К какой отрасли промышленности относится процесс обработки металлов давлением?
а) металлургическая промышленность;
б) нефтегазовая промышленность;
в) горнодобывающая отрасль;
г) строительное производство.

5) Назовите одного из представителей процессов обработки металлов давлением:
а) литейное производство;
б) сварочное производство;
в) прокатное производство;
г) сталеплавильное производство.
6) Первая промышленная революция началась:
а) с изобретения первого орудия труда;
б) с использования энергии воды и ветра для привода машин;
в) с изобретения паровой машины;
г) с изобретения автомобиля.
7) Вторая научно-техническая революция началась:
а) с применения атомной энергии;
б) с изобретением полупроводниковых приборов;
в) с изобретения ЭВМ;
г) с появлением лазеров.
8) Как называется изделие, выполненное из однородного материала без применения сборочных операций?
а) сборочная единица;
б) деталь;
в) комплекс;
г) комплект.
9) Как называется совокупность всех действий людей иорудий труда, направленных на превращение сырья, материалов иполуфабрикатов в изделие?
а) механический процесс;
б) технологический процесс;
в) производственный процесс;
г) рабочий процесс.
10) Как называется часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте над изготовляемым изделием?
а) работа;
б) операция;
в) установка;
г) приём.
11) Что такое модель в контексте производственных систем?
а) Упрощенное представление реальной системы;
б) Точная копия реальной системы;
в) Фотография производственного процесса;
г) Видеозапись работы оборудования.
12) Основная цель моделирования производственных систем?
а) Создание виртуальной копии производства;
б) Анализ и оптимизация системы без вмешательства в реальный процесс;
в) Обучение персонала;

г) Разработка новых продуктов.
13) Какой тип модели НЕ является типом модели производственной системы?
а) Имитационная модель;
б) Статическая модель;
в) Модель черного ящика;
г) Динамическая модель.
14) Моделирование НЕ используется для?
а) Прогнозирования спроса;
б) Увеличения времени производственного цикла;
в) Оптимизации расписания производства;
г) Оценки эффективности инвестиций.
15) Интерпретация результатов имитационного моделирования должна учитывать?
а) Допущения и ограничения модели;
б) Статистическую значимость результатов;
в) Цели моделирования;
г) Всех вышеперечисленных.
16) Для анализа результатов моделирования часто используется?
а) Регрессионный анализ;
b) Дисперсионный анализ;
c) Метод Монте-Карло;
d) Все вышеперечисленные.
17) Анализ чувствительности модели позволяет определить?
а) Влияние изменения входных параметров на выходные результаты;
б) Точность модели;
в) Сложность модели;
г) Стоимость моделирования.
18) Ограничение использования результатов моделирования?
а) Модель – это упрощение реальности;
б) Результаты моделирования зависят от качества входных данных;
в) Интерпретация результатов требует экспертных знаний;
г) Всех вышеперечисленных.
19) Результаты моделирования могут быть использованы для?
а) Принятия обоснованных управленческих решений;
b) Оптимизации производственных процессов;
c) Снижения рисков;
d) Всех вышеперечисленных.
20) Верификация модели – это?
а) Проверка соответствия модели реальной системе;
б) Проверка правильности работы модели согласно её логике;
в) Оценка точности результатов моделирования;
г) Анализ чувствительности модели.
21) Анализ рисков в производственных системах с помощью моделирования включает?

а) Идентификацию потенциальных проблем;
б) Оценку вероятности возникновения проблем;
в) Оценку последствий возникновения проблем;
г) Всех вышеперечисленных.
22) Выбор метода моделирования зависит от?
а) Цели моделирования;
б) Доступных ресурсов;
в) Сложности системы;
г) Всех вышеперечисленных.
23) Диаграмма потока процессов используется для?
а) Визуализации движения материалов и информации;
b) Математического описания системы;
c) Программирования имитационной модели;
d) Анализа статистических данных.
24) Язык моделирования – это?
а) Формальный язык для описания структуры и поведения модели;
б) Естественный язык, используемый для общения в команде разработчиков;
в) Язык программирования, используемый для создания модели;
г) Математический язык для решения уравнений.
25) Дискретно-событийное моделирование фокусируется на?
а) Непрерывных изменениях в системе;
б) Моментах изменения состояния системы;
в) Анализе физических свойств системы;
г) Статистических данных о системе.

**Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины**

**Раздел 1 Моделирование технологических процессов и объектов. Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы**

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.
Перечень вопросов для тестирования:
1) Пластическая деформация – это
а) сложный физико-химический процесс, в результате которого изменяется не только форма исходной заготовки, но ее механические и физические свойства и строение;
б) деформация металла под воздействием температуры;
в) процесс придания металлу необходимой формы без воздействия внешних сил.
2) Могут ли разные объекты быть описаны одной моделью:
а) да;

б) нет;
в) зависит от моделей;
3) Система состоит из:
а) объектов, которые называются свойствами системы;
б) набора отдельных элементов;
в) объектов, которые называются элементами системы;
4) Может ли один объект иметь множество моделей:
а) да;
б) нет;
в) да, если речь идёт о создании материальной модели объекта.
5) Описание глобальной компьютерной сети Интернет в виде системы взаимосвязанных следует рассматривать как:
а) математическую модель;
б) сетевую модель;
в) графическую модель.
6) Последовательность этапов моделирования:
а) цель, объект, модель, метод, алгоритм, программа, эксперимент, анализ, уточнение;
б) объект, цель, модель, эксперимент, программа, анализ, тестирование;
в) цель, модель, объект, алгоритм, программа, эксперимент, уточнение выбора объекта.
7) На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится:
а) предметная модель;
б) описательная информационная модель;
в) формализованная модель.
8) Модель отражает:
а) некоторые существенные признаки объекта;
б) существенные признаки в соответствии с целью моделирования;
в) все существующие признаки объекта.
9) Признание признака объекта существенным при построении его информационной модели зависит от:
а) цели моделирования;
б) стоимости объекта;
в) размера объекта.
10) В качестве примера модели поведения можно назвать:
а) правила техники безопасности в компьютерном классе;
б) чертежи школьного здания;
в) план классных комнат.
11) Дайте развёрнутый ответ.
Опишите основные этапы построения математической модели технологического процесса?
12) Дайте развёрнутый ответ.

Какие преимущества дает использование цифровых двойников в промышленности?

13) Прочитайте текст и установите соответствие

Для эффективного моделирования технологического процесса необходимо учитывать различные факторы. Сопоставьте фактор с его описанием:

| Фактор | Описание |
|---|---|
| А Температура | 1 Влияет на скорость химических реакций и физические свойства материалов. |
| Б Давление | 2 Влияет на равновесие химических реакций и фазовые переходы. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б |
|---|---|
| | |

14) Прочитайте текст и установите последовательность

В процессе разработки модели технологического процесса важно соблюдать определенную последовательность действий. Установите правильную последовательность этапов верификации и валидации модели:

1) Сравнение результатов моделирования с экспериментальными данными.

2) Проверка корректности реализации модели.

3) Анализ результатов сравнения.

Запишите соответствующую последовательность

| | | |
|---|---|---|
| | | |

15) Дайте развёрнутый ответ.

В чем разница между аналитической и имитационной моделью?

16) Дайте развёрнутый ответ.

Опишите, как моделирование может быть использовано для повышения эффективности технологического процесса.

17) Прочитайте текст и установите соответствие

Различные методы моделирования применяются для решения специфических задач. Сопоставьте метод моделирования с его применением:

| Метод | Применение |
|---|---|
| А Метод конечных элементов | 1 Моделирование систем со случайными факторами. |
| Б Метод Монте-Карло | 2 Решение задач механики сплошных сред. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б |
|---|---|
| | |

18) Прочитайте текст и установите последовательность
Имитационный эксперимент включает несколько ключевых этапов. Установите правильную последовательность этапов проведения имитационного эксперимента:
1) Анализ результатов.
2) Построение модели.
3) Планирование эксперимента.
4) Проведение эксперимента.
Запишите соответствующую последовательность

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

19) Дайте развёрнутый ответ.
Какие ограничения могут быть связаны с использованием математических моделей технологических процессов?
20) Дайте развёрнутый ответ.
Приведите пример использования моделирования для оптимизации параметров технологического процесса.
21) Что такое калибровка модели?
a) Настройка параметров модели для достижения наилучшего соответствия с экспериментальными данными;
b) Проверка корректности работы модели;
c) Оценка точности модели;
d) Анализ чувствительности модели.
22) Какой из перечисленных методов НЕ является методом оптимизации технологических процессов?
a) Линейное программирование;
b) Метод ветвей и границ;
c) Метод конечных разностей;
d) Нелинейное программирование.
23) Что такое цифровой двойник?
a) Виртуальная копия объекта или системы;
b) Физическая копия объекта или системы;
c) Математическое описание объекта или системы;
d) Графическое представление объекта или системы.
24) Что такое дискретная модель?
a) Модель, описывающая непрерывные изменения системы;
b) Модель, описывающая изменения системы в определенные моменты времени;
c) Модель, использующая только целые числа;
d) Модель, использующая только дробные числа.
25) Какой из перечисленных методов НЕ относится к методам математического моделирования?
a) Метод конечных элементов;
b) Метод Монте-Карло;

c) Метод экспертных оценок;
d) Метод линейного программирования.

**Раздел 2 Математическое и физическое моделирование технологических процессов.**

**Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы**

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.
Перечень вопросов для тестирования:
1) Математическая модель объекта:
а) совокупность данных, содержащих информацию о количественных характеристиках объекта и его поведении в виде таблицы;
б) созданная из какого-либо материала модель, точно отражающая внешние признаки объекта-оригинала;
в) совокупность записанных на языке математики формул, отражающих те или иные свойства объекта-оригинала или его поведение.
2) Основная функция модели это:
а) получить информацию о моделируемом объекте;
б) отобразить некоторые характеристические признаки объекта;
в) получить информацию о моделируемом объекте или отобразить некоторые характеристические признаки объекта;
г) воспроизвести физическую форму объекта.
3) Математические модели относятся к классу:
а) изобразительных моделей;
б) прагматических моделей;
в) познавательных моделей;
г) символических моделей.
4) Математической моделью объекта называют:
а) описание объекта математическими средствами, позволяющее выводить суждение о некоторых его свойствах при помощи формальных процедур;
б) любую символическую модель, содержащую математические символы;
в) представление свойств объекта только в числовом виде
г) любую формализованную модель.
5) Методами математического моделирования являются:
а) аналитический;
б) числовой;
в) аксиоматический и конструктивный;
г) имитационный.

6) Какая форма математической модели отображает предписание последовательности некоторой системы операций над исходными данными с целью получения результата:
а) аналитическая;
б) графическая;
в) цифровая;
г) алгоритмическая.
7) Эффективность математической модели определяется:
а) оценкой точности модели;
б) функцией эффективности модели;
в) соотношением цены и качества;
г) простотой модели.
8) Адекватность математической модели и объекта это:
а) правильность отображения в модели свойств объекта в той мере, которая необходима для достижения цели моделирования;
б) Полнота отображения объекта моделирования
в) Количество информации об объекте, получаемое в процессе моделирования
г) Объективность результата моделирования.
9) Состояние объекта определяется:
а) количеством информации, полученной в фиксированный момент времени;
б) множеством свойств, характеризующим объект в фиксированный момент времени относительно заданной цели;
в) только физическими данными об объекте;
г) параметрами окружающей среды.
10) Изменение состояния объекта отображается в виде:
а) статической модели;
б) детерминированной модели;
в) динамической модели;
г) стохастической модели.
11) Какие из перечисленных величин являются основными характеристиками математической модели?
а) Входные и выходные параметры;
б) Структура и параметры модели;
в) Точность и адекватность модели;
г) Все перечисленные.
12) Что такое валидация модели?
а) Проверка соответствия модели целям моделирования и требованиям пользователя;
б) Проверка корректности математических выкладок;
в) Оценка сложности модели;
г) Определение стоимости моделирования.
13) Какой из этапов НЕ является этапом математического моделирования?

а) Постановка задачи;
б) Построение модели;
в) Проведение эксперимента на реальном объекте;
г) Анализ результатов.
14) Для чего используется компьютерное моделирование?
а) Для проведения численных экспериментов с моделью;
б) Для визуализации результатов моделирования;
в) Для автоматизации процесса моделирования;
г) Все перечисленные.
15) Какой из перечисленных языков программирования часто используется для математического моделирования?
а) Python;
б) C++;
в) Matlab;
г) Все перечисленные.
16) Дайте развёрнутый ответ.
Опишите, как выбрать подходящий тип математической модели для конкретного технологического процесса. Какие факторы необходимо учитывать?
17) Дайте развёрнутый ответ.
Какие ограничения и допущения обычно принимаются при построении математической модели технологического процесса? Как эти допущения могут повлиять на результаты моделирования?
18) Дайте развернутый ответ.
Какие факторы необходимо учитывать при выборе между математическим и физическим моделированием?
19) Прочитайте текст и установите соответствие.
Для моделирования технологических процессов используются различные методы. Сопоставьте метод моделирования с его описанием:

| **Метод** | **Описание** |
|---|---|
| А. Метод конечных элементов | 1. Метод, основанный на разбиении объекта на конечные элементы и решении уравнений для каждого элемента. |
| Б. Метод конечных разностей | 2. Метод, основанный на замене производных конечными разностями. |
| В. Метод Монте-Карло | 3. Метод, основанный на многократном проведении случайных экспериментов. |
| Г. Имитационное моделирование | 4. Метод, основанный на построении компьютерной модели процесса и проведении экспериментов на ней. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

20) Прочитайте текст и установите последовательность.
Этапы математического моделирования технологического процесса. Установите правильную последовательность этапов математического моделирования:

- Построение математической модели.
- Анализ результатов моделирования.
- Постановка задачи.
- Решение математической модели.

Запишите соответствующую последовательность

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

21) Дайте развернутый ответ.
Какие преимущества и недостатки имеет физическое моделирование по сравнению с математическим?
22) Дайте развернутый ответ.
В чем заключается различие между детерминированными и стохастическими моделями?
23) Дайте развернутый ответ.
Какие данные необходимы для построения математической модели технологического процесса?
24) Прочитайте текст и установите соответствие.
Различные методы статистической обработки данных используются для анализа экспериментальных данных. Сопоставьте метод с его описанием:

| **Метод** | **Описание** |
|---|---|
| А. Регрессионный анализ | 1. Метод оценки параметров распределения случайных величин. |
| Б. Корреляционный анализ | 2. Метод определения зависимости между двумя или более переменными. |
| В. Дисперсионный анализ | 3. Метод определения взаимосвязи между переменными. |
| Г. Метод наименьших квадратов | 4. Метод нахождения функции, наилучшим образом аппроксимирующей экспериментальные данные. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

25) Дайте развернутый ответ.
Опишите, как применение методов математического моделирования может сократить расходы на разработку новых продуктов или технологий.

**Раздел 3 Классификация моделей. Обработка экспериментальных данных**

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся.

Перечень вопросов для тестирования:

1) Модель – это:
а) упрощенное представление объекта или процесса;
б) точная копия объекта или процесса;
в) абстрактное описание объекта или процесса;
г) все ответы верны.
2) По природе модели делятся на:
а) статические и динамические;
б) материальные и информационные;
в) детерминированные и вероятностные;
г) дискретные и непрерывные.
3) Информационная модель – это модель, которая:
а) изготовлена из какого-либо материала;
б) представляет собой информацию о свойствах оригинала;
в) меняется со временем;
г) все ответы верны.
4) Какой тип модели сохраняет свои свойства со временем?
а) статическая;
б) динамическая;
в) детерминированная;
г) вероятностная.[1]
5) Какой тип модели учитывает случайность событий?
а) статическая;
б) динамическая;
в) детерминированная;
г) вероятностная.[1]
6) К какому типу моделей относятся карты, схемы, чертежи?
а) табличные;
б) математические;
в) графические;
г) специальные.[1]
7) Какой тип моделей описывает объекты с помощью формул и уравнений?
а) табличные;
б) математические;
в) графические;

г) специальные.[1]
8) Какой тип моделей использует таблицы для представления данных?
а) табличные;
б) математические;
в) графические;
г) специальные.[1]
9) К какому типу моделей относятся нотные записи, химические формулы?
а) табличные;
б) математические;
в) графические;
г) специальные.[1]
10) Что такое адекватность модели?
а) соответствие модели целям исследования;
б) сложность модели;
в) стоимость модели;
г) все ответы верны.
11) Что такое верификация модели?
а) проверка соответствия модели реальному объекту;
б) проверка корректности реализации модели;
в) оценка точности модели;
г) все ответы верны.
12) Что такое валидация модели?
а) проверка соответствия модели реальному объекту;
б) проверка корректности реализации модели;
в) оценка точности модели;
г) все ответы верны.
13) Первичная обработка экспериментальных данных включает:
а) проверку данных на достоверность;
б) исключение грубых ошибок;
в) систематизацию данных;
г) все ответы верны.
14) Статистическая обработка экспериментальных данных позволяет:
а) выявить закономерности;
б) оценить точность измерений;
в) сделать прогнозы;
г) все ответы верны.
15) Метод наименьших квадратов используется для:
а) аппроксимации данных;
б) оценки параметров распределения;
в) проверки статистических гипотез;
г) все ответы верны.
16) Дайте развернутый ответ. Какие преимущества дают информационные модели по сравнению с материальными?
17) Прочитайте текст и установите соответствие.

Модели могут быть классифицированы по различным признакам. Сопоставьте тип модели с его описанием:

| **Тип модели** | **Описание** |
|---|---|
| А. Статическая | 1. Модель, изменяющаяся во времени. |
| Б. Динамическая | 2. Модель, не изменяющаяся во времени. |
| В. Детерминированная | 3. Модель, учитывающая случайные факторы. |
| Г. Вероятностная | 4. Модель, не учитывающая случайные факторы. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

18) Прочитайте текст и установите последовательность.
Имитационный эксперимент включает несколько ключевых этапов. Установите правильную последовательность этапов проведения имитационного эксперимента:

1 Анализ результатов.
2 Построение модели.
3 Планирование эксперимента.
4 Проведение эксперимента.

Запишите соответствующую последовательность

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

19) Дайте развернутый ответ.
Что такое математическая модель и где она применяется?
20) Дайте развернутый ответ
Укажите основные типы информационных моделей.
21) Дайте развернутый ответ
Опишите преимущества и недостатки математического моделирования.
22) Дайте развернутый ответ
В чем заключается различие между статическими и динамическими моделями?
23) Прочитайте текст и установите соответствие.
В процессе обработки экспериментальных данных возникают погрешности различных типов. Сопоставьте тип погрешности с его описанием:

| **Тип модели** | **Описание** |
|---|---|
| А. Случайная | 1. Погрешность, которая остается постоянной или изменяется закономерно. |

| | |
|---|---|
| Б. Систематическая | 2. Погрешность, которая изменяется случайным образом. |
| В. Грубая | 3. Погрешность, значительно превышающая ожидаемую. |
| Г. Инструментальная | 4. Погрешность, связанная с неточностью измерительных приборов. |

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами

| А | Б | В | Г |
|---|---|---|---|
| | | | |

24) Построение математической модели включает несколько этапов. Установите последовательность действий при построении математической модели:

- Построение математического описания.
- Анализ результатов и выводы.
- Постановка задачи и определение целей моделирования.
- Верификация и валидация модели.
- Запишите соответствующую последовательность

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | |

25) Дайте развёрнутый ответ
Что такое регрессивный анализ?

## 3 Выполнение лабораторных работ

Задания для лабораторных работ:

- В механосборочном цехе происходит техническое перевооружение оборудования – замена старых металлообрабатывающих станков новыми. За 12 прошедших месяцев собрана статистика брака при изготовлении шпинделей (в штуках):

318 222 234 256 404 102 309 206 114 340 200

Требуется выяснить тенденцию роста или снижения доли брака по данному наименованию изделий за текущий год и сделать прогноз на шесть месяцев следующего года.

- Имеются данные о динамике производительности труда и доле брака в цехе за 2023 год (таблица)

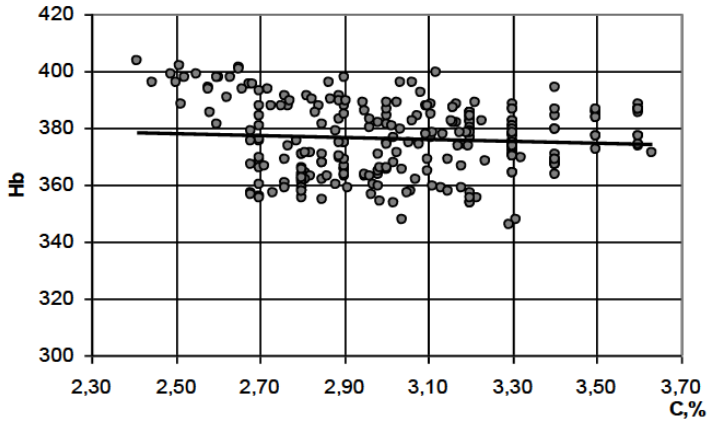
| Месяц | Производительность труда, % к предыдущему | Доля брака, % к предыдущему |
|---|---|---|
| Март | 91,5 | 7,95 |
| Апрель | 92,8 | 6,03 |
| Май | 104,3 | 5,93 |

Требуется оценить параметры модели с распределенными лагами методом Алмона.

- Используя данные задания №2 построить таблицу результатов дисперсионного анализа.
- Используя данные задания №2 оценить значимость модели.
- Проведено исследование влияния скорости охлаждения чугуна при 900°С (V) и его углеродного эквивалента (CE) на микроструктуру. На основании анализа все образцы разбиты на 3 группы: 1 – белый чугун, 2 – перлитный чугун, 3- перлито-ферритный чугун. Требуется провести дискриминанатный анализ и для вновь полученного образца с характеристиками V=0,35 °С, CE = 3,5% ответить к какой группе чугунов он относиться. Исходные экспериментальные данные:

| № опыта | № группы | CE, °С | V, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3,00 | 1,78 |
| 2 | 2 | 3,00 | 0,14 |
| 3 | 1 | 3,90 | 5,60 |
| 4 | 1 | 3,60 | 1,78 |
| 5 | 3 | 3,60 | 0,18 |
| 6 | 3 | 4,20 | 2,16 |

- Используя рисунок провести анализ влияния содержания углерода на твердость литых прокатных валков, изготавливаемых для рельсобалочного цеха.




- Вычислитьдополнительные точки для точного построения кривой зависимости расстояния от скорости охлаждения по исходным данным,приведенным в таблице:

| № точки | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Расстояние от торца, мм | 1 | 4 | 7 | 10 | 12 | 15 |
| Скорость охлаждения, град/сек | 12 | 11 | 7 | 10 | 11 | 12 |

- Рассчитать средние арифметические значения экспериментальных данных, приведенных в таблице:

| x | 1,0 | 3,7 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 9,7 | 10,7 | 11,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| y | 7,0 | 14 | 27,5 | 30 | 34 | 38 | 36 | 44 | 38 | 41 | 50 | 46 |

9. Рассчитать $(X_i – X_{ср})^2$, $(Y_i – Y_{ср})^2$ используя экспериментальные данные, приведенные в таблице:

| x | 1,0 | 3,7 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 9,7 | 10,7 | 11,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| y | 7,0 | 14 | 27,5 | 30 | 34 | 38 | 36 | 44 | 38 | 41 | 50 | 46 |

10. Рассчитать коэффициент корреляции экспериментальных данных, приведенных в таблице:

| x | 1,0 | 3,7 | 5,5 | 6,5 | 7,0 | 8,0 | 8,5 | 9,0 | 9,5 | 9,7 | 10,7 | 11,5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| y | 7,0 | 14 | 27,5 | 30 | 34 | 38 | 36 | 44 | 38 | 41 | 50 | 46 |

11. В таблице представлены результаты выборочного взвешивания отливок (xi, кг, i = 1, 2, …, n). Было взвешено 100 отливок, т.е. объем выборки n = 100. Требуется построить функцию распределения F(x) и плотность вероятности f(x), а также представить график функции распределения и гистограмму частот.

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,56 | 5,45 | 5,48 | 5,45 | 5,39 | 5,37 | 5,46 | 5,59 | 5,61 | 5,31 |
| 5,46 | 5,61 | 5,11 | 5,41 | 5,31 | 5,57 | 5,33 | 5,11 | 5,54 | 5,43 |
| 5,34 | 5,53 | 5,46 | 5,41 | 5,48 | 5,39 | 5,11 | 5,42 | 5,48 | 5,49 |
| 5,36 | 5,40 | 5,45 | 5,49 | 5,68 | 5,51 | 5,50 | 5,68 | 5,21 | 5,38 |
| 5,58 | 5,47 | 5,46 | 5,19 | 5,60 | 5,63 | 5,48 | 5,27 | 5,22 | 5,37 |
| 5,33 | 5,49 | 5,50 | 5,54 | 5,40 | 5,58 | 5,42 | 5,29 | 5,05 | 5,79 |
| 5,79 | 5,65 | 5,70 | 5,71 | 5,85 | 5,44 | 5,47 | 5,48 | 5,47 | 5,55 |
| 5,67 | 5,71 | 5,73 | 4,97 | 5,35 | 5,72 | 5,49 | 5,61 | 5,57 | 5,69 |
| 5,54 | 5,39 | 5,32 | 5,21 | 5,73 | 5,59 | 5,38 | 5,25 | 5,26 | 5,81 |
| 5,27 | 5,64 | 5,20 | 5,23 | 5,33 | 5,37 | 5,24 | 5,55 | 5,60 | 5,51 |

12. Представить график функции распределения и гистограмму частот, используя данные таблицы задания №11.

13. Найти математическое ожидание и модуль случайной величины, заданной таблицей значений x и вероятностей p.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *x* | 3 | 5 | 2 |
| *p* | 0,1 | 0,6 | 0,3 |

14. В таблице представлены результаты выборочного взвешивания отливок (xi, кг, i = 1, 2, …, n). Было взвешено 100 отливок, т.е. объем выборки n = 100. Требуется построить функции распределения F(x) и плотности вероятности f(x).

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5,56 | 5,45 | 5,48 | 5,45 | 5,39 | 5,37 | 5,46 | 5,59 | 5,61 | 5,31 |
| 5,46 | 5,61 | 5,11 | 5,41 | 5,31 | 5,57 | 5,33 | 5,11 | 5,54 | 5,43 |
| 5,34 | 5,53 | 5,46 | 5,41 | 5,48 | 5,39 | 5,11 | 5,42 | 5,48 | 5,49 |
| 5,36 | 5,40 | 5,45 | 5,49 | 5,68 | 5,51 | 5,50 | 5,68 | 5,21 | 5,38 |
| 5,58 | 5,47 | 5,46 | 5,19 | 5,60 | 5,63 | 5,48 | 5,27 | 5,22 | 5,37 |
| 5,33 | 5,49 | 5,50 | 5,54 | 5,40 | 5,58 | 5,42 | 5,29 | 5,05 | 5,79 |
| 5,79 | 5,65 | 5,70 | 5,71 | 5,85 | 5,44 | 5,47 | 5,48 | 5,47 | 5,55 |
| 5,67 | 5,71 | 5,73 | 4,97 | 5,35 | 5,72 | 5,49 | 5,61 | 5,57 | 5,69 |
| 5,54 | 5,39 | 5,32 | 5,21 | 5,73 | 5,59 | 5,38 | 5,25 | 5,26 | 5,81 |
| 5,27 | 5,64 | 5,20 | 5,23 | 5,33 | 5,37 | 5,24 | 5,55 | 5,60 | 5,51 |

15. На металлургическом заводе проведено контрольное определение твердости по Шору рабочего слоя большой партии однотипных листопрокатных валков. Установлено, что твердость (случайная величина x) распределена нормально с математическим ожиданием 60 ед. по Шору и средним квадратическим отклонением 5 ед. по Шору. Необходимо найти вероятность того, что значение твердости валков заключено в пределах 57…65 ед. Шора, оговоренных ГОСТом.

16. Построить линейную зависимость регрессии по семи экспериментальным точкам:

| Значения аргумента, $x$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Значения функции, $y$ | 2,35 | 2,41 | 2,60 | 2,73 | 2,90 | 3,11 | 3,25 |

17. Тонкая пластина длиной $l_0$ = 2 м и шириной a = 1,5 м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно $w_0$ = = 3 м/с; $t_0$ = 20 ° С. Температура поверхности пластины $t_п$= 90 ° С. Определить средний по длине пластины коэффициент теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемой пластиной воздуху.

18. Плоская пластина длиной l = 1 м обтекается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока воздуха w0 = 80 м/с; $t_0$ = 10 °С. Перед пластиной установлена турбулизирующая решетка, вследствие чего движение в пограничном слое на всей длине пластины турбулентное. Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи с поверхности пластины и значение местного коэффициента теплоотдачи на задней кромке. Вычислить также толщину гидродинамического пограничного слоя на задней кромке пластины.

19. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи при течении трансформаторного масла в трубе диаметром d = =8 мм и длиной l = 1 м, если средняя по длине трубы температура масла tж = 80 ° С, средняя температура стенки трубы tc = = 20 ° С и скорость масла w = 0,6 м/с.

20. По трубам вертикального теплообменника снизу вверх течет вода. Внутренний диаметр труб d = 16 мм; их длина l = 1,2 м. Расход воды через одну трубу G = 58 кг/ч. Температура воды на входе в теплообменник $tж_1$ = 30 ° С. Определить количество теплоты, передаваемой от стенки одной трубы к воде, и температуру воды на выходе, если температура стенок труб поддерживается равной 80 ° С.

21. Вода с температурой $tж_1$ = 30 ° С поступает в трубу с диаметром d = 12 мм и длиной l = 1,2 м. Определить температуру воды на выходе из трубы, если известно, что расход воды G = 0,083 кг/с и температура внутренней поверхности трубы tc = 60 ° С.

22. Медный шинопровод круглого сечения диаметром d = 15 мм охлаждается поперечным потоком сухого воздуха. Скорость и температура набегающего потока воздуха равны соответственно: w = 1 м/с; tж = 20 о С. Вычислить коэффициент теплоотдачи от поверхности шинопровода к воздуху и допустимую силу тока в шинопроводе при условии, что температура его поверхности не должна превышать tc = 80 ° С. Удельное электрическое сопротивление меди ρ = 0,0175 Ом·мм$^2$ /м.

23. Вычислить потери теплоты в единицу времени с 1 м$^2$ поверхности горизонтального теплообменника, корпус которого имеет

цилиндрическую форму и охлаждается свободным потоком воздуха. Наружный диаметр корпуса теплообменника d = 400 мм, температура поверхности tc = 200 ° C и температура воздуха в помещении tж = 30 ° C.

24. Определить коэффициент теплоотдачи от вертикальной плиты высотой H = 2 м к окружающему спокойному воздуху, если известно, что температура поверхности плиты tc = 100 ° C и температура окружающего воздуха вдали от поверхности tж = 20 ° C.

25. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной δ = 50 мм q = 70 Вт/м$^2$ . Определить разность температур на поверхностях стенки и численные значения градиента температуры в стенке, если она выполнена: а) из латуни, λ = 70 Вт/(м·К); б) из красного кирпича, λ = 0,7 Вт/(м·К); в) из пробки, λ = 0,07 Вт/(м·К). Во всех трех случаях толщина стенки δ = 50 мм. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными $tc_1$ = 100 ° C и $tc_2$ = 90 ° C.

## 4 Задания к контрольным работам

### Контрольная работа № 1 по разделу «Моделирование технологических процессов и объектов. Основные понятия, виды моделирования, структурный подход»

Задание 1 (теоретическое – 5 баллов)

Дайте определение математической модели. Опишите отличие между изобразительными, прагматическими и символическими моделями. Приведите по одному примеру каждого вида модели из области теплоэнергетики или металлургии.

Задание 2 (теоретико-практическое – 5 баллов)

Что такое структурный подход к построению математических моделей? Для производственной системы «паровой котёл» выделите: входные параметры (управляемые и неуправляемые), выходные параметры и параметры состояния. Представьте структуру модели в виде словесного описания.

Задание 3 (расчётное – построение линейного тренда) – 5 баллов

В цехе за 12 месяцев собрана статистика брака при изготовлении деталей (штук). По данным своего варианта постройте линейный тренд y = a·t + b, где t – порядковый номер месяца (t = 1, 2, …, 12). Определите тенденцию (рост, снижение или стабильность) и сделайте прогноз на 6-й месяц следующего года (t = 18). Используйте метод наименьших квадратов.

В каждой строке приведены 12 чисел – количество бракованных деталей (в штуках) с 1-го по 12-й месяц наблюдений. Например, вариант 1: в январе (t=1) – 310 шт брака, в феврале (t=2) – 225 шт, …, в декабре (t=12) – 215 шт.

| Вариант | Данные (12 месяцев, штук брака) |
|---|---|
| 1 | 310, 225, 230, 260, 400, 105, 305, 210, 115, 335, 205, 215 |
| 2 | 320, 220, 235, 255, 402, 108, 307, 208, 112, 338, 202, 218 |
| 3 | 315, 224, 232, 258, 405, 103, 308, 207, 116, 339, 203, 216 |

| | |
|---|---|
| 4 | 318, 222, 234, 256, 404, 102, 309, 206, 114, 340, 200, 220 |
| 5 | 312, 226, 236, 254, 403, 106, 306, 209, 113, 337, 204, 217 |
| 6 | 325, 218, 240, 260, 410, 100, 310, 205, 110, 345, 208, 222 |
| 7 | 308, 228, 228, 262, 398, 110, 312, 204, 118, 335, 198, 224 |
| 8 | 330, 215, 245, 250, 415, 98, 315, 200, 120, 350, 210, 230 |
| 9 | 305, 230, 225, 265, 395, 115, 300, 215, 125, 330, 195, 225 |
| 10 | 322, 221, 238, 252, 406, 104, 311, 202, 115, 342, 201, 219 |
| 11 | 316, 223, 233, 257, 407, 101, 313, 208, 117, 341, 199, 221 |
| 12 | 314, 225, 235, 259, 408, 107, 314, 210, 118, 343, 202, 223 |
| 13 | 319, 224, 237, 260, 409, 109, 316, 211, 119, 344, 203, 224 |
| 14 | 321, 226, 239, 261, 410, 110, 317, 212, 120, 346, 204, 225 |
| 15 | 323, 227, 240, 262, 411, 111, 318, 213, 121, 347, 205, 226 |
| 16 | 324, 228, 241, 263, 412, 112, 319, 214, 122, 348, 206, 227 |
| 17 | 326, 229, 242, 264, 413, 113, 320, 215, 123, 349, 207, 228 |
| 18 | 327, 230, 243, 265, 414, 114, 321, 216, 124, 350, 208, 229 |
| 19 | 328, 231, 244, 266, 415, 115, 322, 217, 125, 351, 209, 230 |
| 20 | 329, 232, 245, 267, 416, 116, 323, 218, 126, 352, 210, 231 |
| 21 | 311, 233, 246, 268, 417, 117, 324, 219, 127, 353, 211, 232 |
| 22 | 313, 234, 247, 269, 418, 118, 325, 220, 128, 354, 212, 233 |
| 23 | 317, 235, 248, 270, 419, 119, 326, 221, 129, 355, 213, 234 |
| 24 | 331, 236, 249, 271, 420, 120, 327, 222, 130, 356, 214, 235 |
| 25 | 332, 237, 250, 272, 421, 121, 328, 223, 131, 357, 215, 236 |

Задание 4 (расчётное – регрессия по трём точкам) – 5 баллов

Имеются данные о производительности труда (% к предыдущему месяцу) за март, апрель и май. Аппроксимируйте эти данные линейной функцией $y = a \cdot t + b$ ($t = 1, 2, 3$ для марта, апреля, мая). Оцените ожидаемую производительность на июнь ($t = 4$).

*Пояснение цифр в таблице:* В каждой строке три числа: первое – производительность труда в марте (в % к февралю), второе – в апреле (% к марту), третье – в мае (% к апрелю).

| Вариант | Март, % | Апрель, % | Май, % |
|---|---|---|---|
| 1 | 90,5 | 93,0 | 105,0 |
| 2 | 91,0 | 92,5 | 104,5 |
| 3 | 91,5 | 92,8 | 104,3 |
| 4 | 92,0 | 93,0 | 103,5 |
| 5 | 90,0 | 94,0 | 106,0 |
| 6 | 89,5 | 95,0 | 107,0 |
| 7 | 92,5 | 91,5 | 104,0 |
| 8 | 93,0 | 90,5 | 103,0 |
| 9 | 88,5 | 96,0 | 108,0 |
| 10 | 91,2 | 92,9 | 104,4 |
| 11 | 91,8 | 92,6 | 104,1 |
| 12 | 91,3 | 92,7 | 104,5 |
| 13 | 91,6 | 92,4 | 104,6 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 14 | 91,7 | 92,3 | 104,7 |
| 15 | 91,9 | 92,2 | 104,8 |
| 16 | 92,1 | 92,1 | 104,9 |
| 17 | 92,2 | 92,0 | 105,1 |
| 18 | 92,3 | 91,9 | 105,2 |
| 19 | 92,4 | 91,8 | 105,3 |
| 20 | 92,6 | 91,7 | 105,4 |
| 21 | 92,7 | 91,6 | 105,5 |
| 22 | 92,8 | 91,5 | 105,6 |
| 23 | 92,9 | 91,4 | 105,7 |
| 24 | 93,1 | 91,3 | 105,8 |
| 25 | 93,2 | 91,2 | 105,9 |

Задание 5 (расчётное – нагрев тонкого тела) – 5 баллов

Для процесса нагрева заготовки в печи определите температуру заготовки через заданное время по формуле: t(т) = t_печь - (t_печь - t_нач)·exp(-α·S·т/(c·ρ·V)), где S/V = 2/R (для пластины). Рассчитайте значение температуры.

*Пояснение обозначений в таблице:*

- t_нач – начальная температура заготовки, °C
- t_печь – температура печи, °C
- α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м²·К)
- т – время нагрева, час
- c – удельная теплоёмкость, кДж/(кг·К)
- ρ – плотность материала, кг/м³
- R – характерный размер (полутолщина пластины), м

| Вариант | t_нач, °C | t_печь, °C | α, Вт/(м²·К) | т, час | c, кДж/(кг·К) | ρ, кг/м³ | R, м |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 20 | 900 | 50 | 1,5 | 0,50 | 7800 | 0,10 |
| 2 | 25 | 950 | 55 | 1,6 | 0,52 | 7850 | 0,12 |
| 3 | 30 | 1000 | 60 | 1,7 | 0,54 | 7900 | 0,11 |
| 4 | 18 | 880 | 48 | 1,4 | 0,49 | 7750 | 0,09 |
| 5 | 22 | 920 | 52 | 1,55 | 0,51 | 7820 | 0,105 |
| 6 | 28 | 980 | 58 | 1,65 | 0,53 | 7880 | 0,115 |
| 7 | 32 | 1020 | 62 | 1,75 | 0,55 | 7950 | 0,125 |
| 8 | 15 | 850 | 45 | 1,3 | 0,48 | 7700 | 0,08 |
| 9 | 35 | 1050 | 65 | 1,8 | 0,56 | 8000 | 0,13 |
| 10 | 20 | 910 | 51 | 1,52 | 0,50 | 7800 | 0,102 |
| 11 | 26 | 960 | 56 | 1,62 | 0,52 | 7860 | 0,118 |
| 12 | 29 | 990 | 59 | 1,68 | 0,54 | 7890 | 0,108 |
| 13 | 23 | 930 | 53 | 1,58 | 0,51 | 7830 | 0,106 |
| 14 | 27 | 970 | 57 | 1,64 | 0,53 | 7870 | 0,112 |
| 15 | 31 | 1010 | 61 | 1,72 | 0,55 | 7920 | 0,122 |
| 16 | 33 | 1030 | 63 | 1,78 | 0,56 | 7960 | 0,128 |
| 17 | 34 | 1040 | 64 | 1,82 | 0,57 | 7980 | 0,132 |
| 18 | 19 | 890 | 49 | 1,45 | 0,49 | 7760 | 0,095 |
| 19 | 21 | 915 | 52 | 1,54 | 0,50 | 7810 | 0,104 |
| 20 | 24 | 940 | 54 | 1,60 | 0,52 | 7840 | 0,110 |
| 21 | 36 | 1060 | 66 | 1,85 | 0,58 | 8020 | 0,135 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 22 | 37 | 1070 | 67 | 1,88 | 0,59 | 8050 | 0,138 |
| 23 | 38 | 1080 | 68 | 1,90 | 0,60 | 8080 | 0,140 |
| 24 | 39 | 1090 | 69 | 1,92 | 0,61 | 8100 | 0,142 |
| 25 | 40 | 1100 | 70 | 1,95 | 0,62 | 8120 | 0,145 |

**Контрольная работа № 2 по разделу «Математическое и физическое моделирование технологических процессов. Этапы, прямые и обратные задачи, принцип аналогий, планирование эксперимента, критерии подобия»**

Задание 1 (теоретическое – 5 баллов)

Опишите основные этапы метода математического моделирования. В чём различие между прямой и обратной задачами? Приведите по одному примеру прямой и обратной задачи для процесса теплопроводности через плоскую стенку.

Задание 2 (теоретико-практическое – 5 баллов)

Сформулируйте принцип аналогий. Заполните таблицу соответствия между электрическими, тепловыми и гидравлическими величинами (не менее пяти соответствий). Поясните физический смысл аналогии Рейнольдса в теплообмене.

Задание 3 (расчётное – число Рейнольдса) – 5 баллов

Рассчитайте число Рейнольдса для жидкости, текущей в трубе. Определите режим течения (ламинарный – $Re < 2300$, переходный – $2300 \le Re \le 10000$, турбулентный – $Re > 10000$). Формула: $Re = 4 \cdot G/(\pi \cdot d \cdot \mu)$.

*Пояснение обозначений в таблице:*

- G – массовый расход жидкости, кг/ч
- d – внутренний диаметр трубы, мм
- μ – динамическая вязкость, Па·с
- ρ – плотность жидкости, кг/м³

| Вариант | G, кг/ч | d, мм | μ, Па·с | ρ, кг/м³ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 50 | 15 | 0,00100 | 1000 |
| 2 | 55 | 16 | 0,00110 | 998 |
| 3 | 58 | 16 | 0,00100 | 1000 |
| 4 | 60 | 18 | 0,00120 | 1005 |
| 5 | 45 | 14 | 0,00090 | 995 |
| 6 | 70 | 20 | 0,00100 | 1000 |
| 7 | 80 | 22 | 0,00130 | 1010 |
| 8 | 40 | 12 | 0,00080 | 990 |
| 9 | 65 | 17 | 0,00110 | 1002 |
| 10 | 52 | 15 | 0,00100 | 1000 |
| 11 | 62 | 19 | 0,00120 | 1007 |
| 12 | 48 | 13 | 0,00095 | 997 |
| 13 | 75 | 21 | 0,00125 | 1008 |
| 14 | 85 | 24 | 0,00140 | 1015 |
| 15 | 42 | 11 | 0,00085 | 992 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 16 | 68 | 18 | 0,00115 | 1003 |
| 17 | 72 | 20 | 0,00110 | 1001 |
| 18 | 56 | 16 | 0,00105 | 999 |
| 19 | 44 | 13 | 0,00088 | 994 |
| 20 | 78 | 22 | 0,00130 | 1012 |
| 21 | 90 | 25 | 0,00150 | 1020 |
| 22 | 35 | 10 | 0,00075 | 985 |
| 23 | 64 | 17 | 0,00108 | 1000 |
| 24 | 82 | 23 | 0,00135 | 1018 |
| 25 | 46 | 14 | 0,00092 | 996 |

Задание 4 (расчётное – число Нуссельта и теплоотдача) – 5 баллов

Для продольного обтекания пластины длиной L воздухом со скоростью w рассчитайте средний коэффициент теплоотдачи α (Вт/(м²·К)). Используйте критериальное уравнение Nu = 0,664·Re^0,5·Pr^0,33. Теплофизические свойства воздуха: λ = 0,026 Вт/(м·К), Pr = 0,7, ν = 15·10^(-6) м²/с. Формулы: Re = w·L/ν, Nu = α·L/λ, α = Nu·λ/L.

*Пояснение обозначений в таблице:*

5 L – длина пластины, м

6 w – скорость набегающего потока воздуха, м/с

| Вариант | L, м | w, м/с |
|---|---|---|
| 1 | 1,0 | 3,0 |
| 2 | 1,2 | 3,5 |
| 3 | 1,5 | 4,0 |
| 4 | 0,8 | 2,5 |
| 5 | 2,0 | 3,0 |
| 6 | 1,8 | 5,0 |
| 7 | 1,1 | 2,8 |
| 8 | 1,4 | 4,5 |
| 9 | 0,9 | 2,2 |
| 10 | 1,6 | 3,2 |
| 11 | 1,3 | 3,8 |
| 12 | 0,7 | 2,0 |
| 13 | 2,2 | 4,2 |
| 14 | 1,7 | 5,5 |
| 15 | 1,9 | 6,0 |
| 16 | 0,6 | 1,8 |
| 17 | 2,1 | 3,6 |
| 18 | 1,25 | 4,8 |
| 19 | 1,45 | 2,6 |
| 20 | 1,55 | 5,2 |
| 21 | 0,75 | 2,1 |
| 22 | 2,3 | 7,0 |

| | | |
|---|---|---|
| 23 | 1,15 | 3,3 |
| 24 | 1,85 | 4,1 |
| 25 | 2,05 | 6,5 |

Задание 5 (расчётное – планирование эксперимента) – 5 баллов

Для исследования влияния двух факторов (температура T и время выдержки τ) на прочность материала P составьте матрицу полного факторного эксперимента 2^2. Самостоятельно выберите верхний и нижний уровни каждого фактора из диапазонов: T от 800 до 1200 °C, τ от 0,5 до 2,5 ч. Укажите кодированные переменные, матрицу плана, придумайте результаты эксперимента (4 опыта). Вычислите эффекты факторов и взаимодействия. Сделайте вывод о значимости влияния.

*Примечание:* для всех вариантов задание выполняется одинаково, но числовые значения уровней факторов студент выбирает самостоятельно (например, T_ниж = 850 °C, T_верх = 1150 °C, τ_ниж = 0,6 ч, τ_верх = 2,0 ч и т.п.).

**Контрольная работа № 3 по разделу «Классификация моделей. Обработка экспериментальных данных»**

Задание 1 (теоретическое – 5 баллов)

Дайте классификацию математических моделей по следующим признакам: характер отображаемых свойств (статическая/динамическая), способ описания (аналитическая/алгоритмическая/имитационная), учёт случайности (детерминированная/стохастическая). Приведите по одному примеру из теплотехники для каждого типа.

Задание 2 (теоретико-практическое – 5 баллов)

Что такое верификация и валидация модели? В чём их различие? Опишите, как на практике можно убедиться в адекватности математической модели реальному технологическому процессу (например, процессу нагрева металла в печи).

Задание 3 (расчётное – статистические характеристики выборки) – 5 баллов

Дана выборка значений твёрдости по Шору (ед.) для 10 измерений. Вычислите: среднее арифметическое, дисперсию, среднеквадратическое отклонение, коэффициент вариации. Постройте гистограмму (разбив на 3 интервала).

*Пояснение цифр в таблице:* В каждой строке приведены 10 чисел – результаты измерения твёрдости десяти образцов (в единицах по Шору).

| Вариант | Данные (10 измерений, ед. Шора) |
|---|---|
| 1 | 58, 62, 60, 57, 63, 59, 61, 60, 62, 58 |
| 2 | 59, 61, 62, 58, 64, 60, 61, 59, 63, 60 |
| 3 | 60, 63, 59, 61, 62, 58, 60, 62, 61, 59 |
| 4 | 57, 60, 62, 59, 61, 63, 58, 60, 59, 62 |

| | |
|---|---|
| 5 | 61, 64, 58, 62, 60, 59, 63, 61, 60, 58 |
| 6 | 62, 65, 59, 63, 61, 60, 64, 62, 61, 59 |
| 7 | 56, 59, 61, 58, 60, 62, 57, 59, 58, 61 |
| 8 | 63, 66, 60, 64, 62, 61, 65, 63, 62, 60 |
| 9 | 55, 58, 60, 57, 59, 61, 56, 58, 57, 60 |
| 10 | 64, 67, 61, 65, 63, 62, 66, 64, 63, 61 |
| 11 | 58, 61, 63, 60, 62, 59, 61, 58, 60, 63 |
| 12 | 59, 62, 64, 61, 63, 60, 62, 59, 61, 64 |
| 13 | 60, 63, 65, 62, 64, 61, 63, 60, 62, 65 |
| 14 | 57, 60, 62, 59, 61, 58, 60, 57, 59, 62 |
| 15 | 61, 64, 66, 63, 65, 62, 64, 61, 63, 66 |
| 16 | 62, 65, 67, 64, 66, 63, 65, 62, 64, 67 |
| 17 | 58, 60, 62, 59, 61, 60, 58, 59, 61, 62 |
| 18 | 59, 61, 63, 60, 62, 61, 59, 60, 62, 63 |
| 19 | 60, 62, 64, 61, 63, 62, 60, 61, 63, 64 |
| 20 | 57, 59, 61, 58, 60, 59, 57, 58, 60, 61 |
| 21 | 63, 65, 67, 64, 66, 65, 63, 64, 66, 67 |
| 22 | 56, 58, 60, 57, 59, 58, 56, 57, 59, 60 |
| 23 | 64, 66, 68, 65, 67, 66, 64, 65, 67, 68 |
| 24 | 55, 57, 59, 56, 58, 57, 55, 56, 58, 59 |
| 25 | 65, 67, 69, 66, 68, 67, 65, 66, 68, 69 |

Задание 4 (расчётное – коэффициент корреляции) – 5 баллов

Для пар экспериментальных данных (x_i, y_i), приведённых в таблице, вычислите коэффициент парной линейной корреляции Пирсона по формуле $r = \Sigma(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y}) / \sqrt{[\Sigma(x_i - \bar{x})^2 \cdot \Sigma(y_i - \bar{y})^2]}$. Сделайте вывод о тесноте и направлении связи. Все варианты используют одни и те же данные.

*Пояснение таблицы:* x – значение независимого параметра (например, температура), y – зависимого параметра (например, прочность). Данные получены в ходе эксперимента из 12 измерений.

| i | x (безразм.) | y (безразм.) |
|---|---|---|
| 1 | 1,0 | 7,0 |
| 2 | 3,7 | 14,0 |
| 3 | 5,5 | 27,5 |
| 4 | 6,5 | 30,0 |
| 5 | 7,0 | 34,0 |
| 6 | 8,0 | 38,0 |
| 7 | 8,5 | 36,0 |
| 8 | 9,0 | 44,0 |
| 9 | 9,5 | 38,0 |
| 10 | 9,7 | 41,0 |
| 11 | 10,7 | 50,0 |
| 12 | 11,5 | 46,0 |

Задание 5 (расчётное – метод наименьших квадратов) – 5 баллов

По трём экспериментальным точкам (x, y) найдите параметры линейной регрессии y = a·x + b методом наименьших квадратов. Запишите систему нормальных уравнений, решите её, постройте уравнение регрессии.

*Пояснение цифр в таблице:* В каждой строке приведены три пары (x, y) – координаты трёх экспериментальных точек.

| Вариант | Точка 1 | Точка 2 | Точка 3 |
|---|---|---|---|
| 1 | (1,0; 7,0) | (3,7; 14,0) | (5,5; 27,5) |
| 2 | (2,0; 10,0) | (4,0; 18,0) | (6,0; 28,0) |
| 3 | (1,5; 8,0) | (4,0; 20,0) | (6,5; 35,0) |
| 4 | (0,5; 5,0) | (3,0; 15,0) | (5,0; 25,0) |
| 5 | (1,0; 6,0) | (4,0; 22,0) | (7,0; 40,0) |
| 6 | (2,0; 12,0) | (5,0; 25,0) | (8,0; 45,0) |
| 7 | (1,2; 7,5) | (3,5; 18,0) | (6,0; 32,0) |
| 8 | (0,8; 6,0) | (2,5; 12,0) | (4,5; 22,0) |
| 9 | (3,0; 15,0) | (6,0; 30,0) | (9,0; 50,0) |
| 10 | (1,0; 5,0) | (2,0; 10,0) | (4,0; 20,0) |
| 11 | (2,0; 9,0) | (5,0; 24,0) | (8,0; 42,0) |
| 12 | (1,3; 8,2) | (3,8; 19,0) | (6,2; 34,0) |
| 13 | (0,6; 4,0) | (2,2; 11,0) | (4,8; 23,0) |
| 14 | (1,8; 9,5) | (4,2; 21,0) | (7,5; 38,0) |
| 15 | (2,5; 13,0) | (5,5; 28,0) | (8,5; 48,0) |
| 16 | (1,1; 7,2) | (3,2; 16,0) | (5,8; 30,0) |
| 17 | (0,9; 5,5) | (2,8; 14,0) | (5,2; 26,0) |
| 18 | (2,2; 11,0) | (4,8; 23,0) | (7,2; 41,0) |
| 19 | (1,4; 8,5) | (3,6; 18,5) | (6,4; 33,0) |
| 20 | (0,7; 4,5) | (2,5; 12,5) | (5,0; 24,0) |
| 21 | (2,8; 14,0) | (5,2; 27,0) | (9,0; 52,0) |
| 22 | (1,6; 9,0) | (4,0; 20,0) | (7,0; 39,0) |
| 23 | (0,4; 3,0) | (2,0; 10,0) | (4,5; 21,0) |
| 24 | (3,2; 16,0) | (6,0; 32,0) | (10,0; 55,0) |
| 25 | (1,9; 10,0) | (4,4; 22,0) | (7,8; 44,0) |

## 5 Вопросы к зачету для промежуточной аттестации

- Основные понятия и определения. Виды моделирования.
- Структурный подход для построения математических моделей. Основная цель моделирования.
- Структурный подход для построения математических моделей.
- Постановка задачи моделирования.
- Основные этапы метода математического моделирования.
- Прямые задачи математического моделирования.
- Обратные задачи математического моделирования.

- Классификация задач оптимизации
- Универсальность математических моделей.
- Принцип аналогий.
- Планирование эксперимента.
- Основные этапы метода физического моделирования.
- Классификация математических моделей.
- Требования к свойствам математических моделей.
- Способы обработки экспериментальных данных.
- Верификация и валидация математических моделей. В чем их отличие? Как убедиться в адекватности модели?
- Примеры использования математического моделирования в различных областях науки и техники. Приведите конкретные примеры.
- Преимущества и недостатки математического моделирования по сравнению с физическим моделированием. В каких случаях какой подход предпочтительнее?
- Роль вычислительной техники в математическом моделировании. Какие программные средства используются для моделирования?
- Понятие чувствительности модели. Как анализируется чувствительность модели к изменению параметров?
- Методы решения оптимизационных задач. Приведите примеры методов и опишите области их применения.
- Критерии выбора оптимального решения. Как определить наилучшее решение среди множества допустимых?
- Масштабирование в физическом моделировании. Какие виды масштабирования существуют?
- Понятие подобия. Какие условия необходимо соблюдать для обеспечения подобия модели и объекта?
- Примеры использования физического моделирования в различных областях науки и техники. Приведите конкретные примеры.