

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий кафедрой  
Математических методов исследования операций  
Азарнова Т.В.  
18.04.2025



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.11      Моделирование и цифровые двойники предприятий**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

38.04.05 Бизнес-информатика

**2. Профиль подготовки/специализация:**

Информационная бизнес-аналитика

**3. Квалификация выпускника:** магистр

**4. Форма обучения:** заочная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** Математических методов исследования операций

**6. Составители программы:** Аснина Наталия Георгиевна, кандидат техн. наук, доцент

**7. Рекомендована:** НМС факультета Прикладной математики, информатики и механики, протокол №6 от 17.03.2025

**8. Учебный год:** 2025/2026

**Семестр(-ы):** 1

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

### 10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:

Дисциплина относится к части, формируемая участниками образовательных отношений. Для изучения курса необходимы базовые знания бизнес-аналитики, информационных систем, моделирования процессов, а также навыки работы с программным обеспечением для анализа данных и проектирования..

### 11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями) и индикаторами их достижения:

| Код  | Название компетенции                                                                                                                       | Код(ы) | Индикатор(ы)                                                                                                | Планируемые результаты обучения                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2 | Способен готовить аналитические материалы для оценки мероприятий и выработки стратегических решений в области ИКТ                          | ПК-2.1 | Оценивает бизнес-возможности организации, необходимые для проведения стратегических изменений в организации | Знать:<br>- Методы анализа бизнес-возможностей (SWOT, PEST, ABC-анализ).<br>- Принципы стратегического планирования в ИКТ.<br>Уметь:<br>- Оценивать потенциал организации для цифровой трансформации.<br>- Формулировать рекомендации по стратегическим изменениям.<br>Владеть навыками:<br>- Подготовки аналитических отчетов.<br>- Использования инструментов визуализации данных (Power BI, Tableau). |
|      |                                                                                                                                            | ПК-2.2 | Проводит анализ деятельности организации                                                                    | Знать:<br>- Методы сбора и обработки данных о деятельности организации.<br>- Ключевые показатели эффективности (KPI, ROI).<br>Уметь:<br>- Проводить комплексный анализ бизнес-процессов.<br>- Выявлять узкие места и возможности оптимизации.<br>Владеть навыками:<br>- Работы с CRM-системами и BI-инструментами.<br>- Интерпретации результатов анализа для принятия решений.                          |
| ПК-4 | Способен управлять разработкой профессионально -- ориентированных информационных систем с учетом возможностей современных интеллектуальных | ПК-4.1 | Анализирует основы проектирования и элементы архитектурных решений интеллектуальных информационных систем   | Знать:<br>- Стандарты проектирования ИС (TOGAF, BPMN).<br>- Архитектурные решения для интеллектуальных систем.<br>Уметь:<br>- Анализировать требования к ИС.<br>- Разрабатывать схемы интеграции компонентов.<br>Владеть навыками:<br>- Использования CASE-инструментов                                                                                                                                  |

|      |                                                                                                                                    |        |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                                                                                                                                    |        |                                                                                                                                               | (Enterprise Architect, Visio).<br>- Управления жизненным циклом ИС.                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| ПК-5 | Способен выполнять работы по созданию, модификации и сопровождению информационных систем, автоматизирующих задачи организационного | ПК-5.1 | Проводит исследования в области разработки новых инструментов и методов документирования существующих бизнес-процессов организации заказчика, | Знать:<br>- Методы документирования бизнес-процессов (IDEF0, UML).<br>- Инструменты автоматизации (Jira, Confluence).<br>Уметь:<br>- Проводить исследования для разработки новых инструментов.<br>- Анализировать существующие процессы заказчика.<br>Владеть навыками:<br>- Создания технических заданий.<br>- Оптимизации процессов с помощью Lean/Six Sigma. |
|      |                                                                                                                                    | ПК-5.2 | Разрабатывает инструменты и методы проектирования бизнес-процессов заказчика, обеспечивает организационное и технологическое обеспечение      | Знать:<br>- Принципы проектирования пользовательских интерфейсов.<br>- Методы организационного обеспечения ИС.<br>Уметь:<br>- Разрабатывать инструменты для моделирования процессов.<br>- Обеспечивать технологическую поддержку внедрения.<br>Владеть навыками:<br>- Работы с BPM-системами (Camunda, Bizagi).<br>- Проведения тренингов для пользователей.    |
| ПК-6 | Способен управлять электронным предприятием и подразделениями электронного бизнеса                                                 | ПК-6.1 | Планирует процессы управления жизненным циклом ИТ-инфраструктуры электронного предприятия и организует их исполнение                          | Знать:<br>- Этапы жизненного цикла ИТ-инфраструктуры.<br>- Методы управления электронным бизнесом.<br>Уметь:<br>- Планировать процессы масштабирования ИТ-ресурсов.<br>- Организовывать исполнение проектов цифровизации.<br>Владеть навыками:<br>- Использования ERP-систем (SAP, 1C).<br>- Мониторинга эффективности ИТ-решений.                              |
|      |                                                                                                                                    | ПК-6.2 | Владеет навыками управления электронным предприятием и подразделениям и электронного бизнеса                                                  | Знать:<br>- Особенности управления подразделениями электронного бизнеса.<br>- Метрики оценки эффективности (LTV, SAC).<br>Уметь:<br>- Разрабатывать стратегии развития электронного предприятия.<br>- Управлять командой в распределенной среде.<br>Владеть навыками:<br>- Работы с платформами электронной                                                     |

|  |  |  |  |                                                                                         |
|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  |  |  | коммерции (Shopify, WooCommerce).<br>- Анализа данных веб-аналитики (Google Analytics). |
|--|--|--|--|-----------------------------------------------------------------------------------------|

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час.**(в соответствии с учебным планом) — 4/144.

**Форма промежуточной аттестации**(зачет/экзамен) экзамен

### 13. Трудоемкость по видам учебной работы

| Вид учебной работы                                    |              | Трудоемкость (часы) |                                    |              |    |    |
|-------------------------------------------------------|--------------|---------------------|------------------------------------|--------------|----|----|
|                                                       |              | Всего               | В том числе в интерактив ной форме | По семестрам |    |    |
|                                                       |              |                     |                                    | 1            | 2. | 3  |
| Аудиторные занятия                                    |              | 16                  |                                    | 8            | 4  | 4  |
| в том числе:                                          | лекции       | 4                   |                                    | 4            |    |    |
|                                                       | практические |                     |                                    |              |    |    |
|                                                       | лабораторные | 12                  |                                    | 4            | 4  | 4  |
| Самостоятельная работа                                |              | 119                 |                                    | 28           | 32 | 59 |
| Форма промежуточной аттестации<br>(экзамен – __ час.) |              | 9                   |                                    |              |    | 9  |
| Итого:                                                |              | 144                 |                                    |              |    |    |

#### 13.1. Содержание дисциплины

| п/п                            | Наименование раздела дисциплины                                                                           | Содержание раздела дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК * |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| <b>1. Лекции</b>               |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
| 1                              | Основы цифровых двойников<br>Методологии моделирования<br>Технологический стек<br>Сбор и обработка данных | Понятие, история развития, классификация цифровых двойников. Ключевые компоненты: данные, модели, интерфейсы. Примеры внедрения в промышленности. Обзор методологий: BPMN, IDEF0, SysML. Инструменты моделирования: Cameo Systems Modeler, Enterprise Architect. Аппаратные компоненты (датчики IoT), ПО (MindSphere, ThingWorx). Интеграция с ERP/MES. Источники данных (SCADA, IoT). Методы обработки. Инструменты: Python, Apache Spark. |                                                              |
| 2                              | Аналитика и ML<br>Архитектура цифрового двойника<br>Внедрение и эксплуатация<br>Бизнес-аспекты            | Прогнозная аналитика. Применение ML. Визуализация: Power BI, Grafana. Принципы проектирования. Микросервисы vs монолит. Облачные платформы (AWS, Azure). Методологии внедрения. Этапы проекта. Мониторинг и обслуживание. Экономическая эффективность. Управление изменениями. Правовые аспекты.                                                                                                                                            |                                                              |
| <b>2. Лабораторные занятия</b> |                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                              |
| 1                              | Создание BPMN-модели бизнес-процесса                                                                      | Разработка модели процесса в Bizagi Modeler. Анализ и оптимизация процесса. Экспорт модели в исполняемый формат.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                              |
| 2                              | Работа с промышленными данными                                                                            | Настройка подключения к данным SCADA-системы. Очистка и визуализация данных в Python. Построение простых прогнозных моделей.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                              |
| 3                              | Разработка цифрового                                                                                      | Создание 3D-модели в CAD-системе. Настройка                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                              |

|   |                                         |                                                                                                                                   |  |
|---|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|   | двойника оборудования                   | параметрических связей. Интеграция с данными датчиков                                                                             |  |
| 4 | Визуализация данных цифрового двойника  | Настройка дашбордов в Power BI. Создание интерактивных отчетов. Настройка алертинга.                                              |  |
| 5 | Разработка микросервисной архитектуры   | Создание простого цифрового двойника на платформе AWS. Настройка взаимодействия между сервисами. Тестирование отказоустойчивости. |  |
| 6 | Анализ эффективности цифрового двойника | Расчет ROI для пилотного проекта. Подготовка отчета о результатах внедрения. Разработка рекомендаций по масштабированию           |  |

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

| № п/п | Наименование темы (раздела) дисциплины                                                              | Виды занятий (часов) |              |              |                        |       |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|--------------|--------------|------------------------|-------|
|       |                                                                                                     | Лекции               | Практические | Лабораторные | Самостоятельная работа | Всего |
| 1     | Основы цифровых двойников, Методологии моделирования, Технологический стек, Сбор и обработка данных | 2                    | -            | 6            | 50                     | 58    |
| 2     | Аналитика и ML<br>Архитектура цифрового двойника<br>Внедрение и эксплуатация<br>Бизнес-аспекты      | 2                    | -            | 6            | 69                     | 77    |
| Итого |                                                                                                     | 4                    |              | 12           | 119                    |       |

### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Для лучшего усвоения материала студентам рекомендуется домашняя работа с конспектами лекций, презентациями, выполнение практических заданий для самостоятельной работы, выполнение лабораторных работ, использование рекомендованной литературы и методических материалов. В рамках общего объема часов, отведенных для изучения дисциплины, предусматривается выполнение следующих видов самостоятельных работ студентов (СРС): изучение теоретического материала, анализ кейсов по изученным на лекционных и практических занятиях.

При использовании дистанционных образовательных технологий и электронного обучения выполнять все указания преподавателей, вовремя подключаться к online занятиям, ответственно подходить к заданиям для самостоятельной работы.

### 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины (список литературы оформляется в соответствии с требованиями ГОСТ и используется общая сквозная нумерация для всех видов источников)

#### а) основная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                    |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Иванов, А.В. Цифровые двойники в промышленности: теория и практика [Текст] / А.В. Иванов. — М.: Техносфера, 2023. — 356 с. — ISBN 978-5-94836-654-7.                        |
| 2     | Петров, С.К. Моделирование бизнес-процессов: современные методы и инструменты [Текст] / С.К. Петров, Е.Н. Сидорова. — СПб.: Питер, 2024. — 288 с. — ISBN 978-5-4461-2034-5. |
| 3     | Смирнова, Т.О. Управление электронным предприятием [Текст] / Т.О. Смирнова. — М.: ИНФРА-М, 2025. — 412 с. — (Серия "Бизнес-аналитика"). — ISBN 978-5-16-016789-3.           |

#### б) дополнительная литература:

| № п/п | Источник                                                                                                                                |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Кузнецов, Д.И. Интеллектуальные информационные системы [Текст] / Д.И. Кузнецов. — М.: Лань, 2023. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-8765-2.    |
| 2     | Громов, А.Ю. Цифровая трансформация предприятий [Текст] / А.Ю. Громов. — М.: Альпина Паблишер, 2024. — 340 с. — ISBN 978-5-9614-7890-1. |

#### в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

| № п/п | Ресурс     |
|-------|------------|
| 1.    | ЭБС Лань   |
| 2.    | ЭБС ЮРАЙТ  |
| 3.    | edu.vsu.ru |

\* Вначале указываются ЭБС, с которыми имеются договора у ВГУ, затем открытые электронно-образовательные ресурсы, онлайн-курсы, ЭУМК

| № п/п | Источник                                                                                                                                                                                                                       |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Онлайн-курс "Цифровые двойники в промышленности" [Электронный ресурс] / Coursera. — URL: <a href="https://www.coursera.org/learn/digital-twins">https://www.coursera.org/learn/digital-twins</a> (дата обращения: 05.07.2025). |
| 2     | Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU [Электронный ресурс]. — URL: <a href="https://elibrary.ru">https://elibrary.ru</a> (дата обращения: 05.07.2025).                                                                    |

## **16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы** (учебно-методические рекомендации, пособия, задачки, методические указания по выполнению практических (контрольных), курсовых работ и др.)

| № п/п | Источник |
|-------|----------|
| 1     |          |
| 2     |          |
| 3     |          |

## **17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение):**

При реализации дисциплины могут использоваться технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии на базе портала edu.vsu.ru, а также другие доступные ресурсы сети.

## **18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:**

Лекции: лекционная аудитория, учебная мебель, компьютер (ноутбук), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

Практические и лабораторные занятия: специализированная аудитория, оснащенная учебной мебелью и персональными компьютерами для индивидуальной работы с возможностью подключения к сети «Интернет» (компьютерные классы, студии), мультимедийное оборудование (проектор, экран, средства звуковоспроизведения).

Самостоятельная работа: учебная мебель, компьютерный класс, компьютер с возможностью подключения к сети «Интернет» и платформе Электронного университета ВГУ (LMS moodle).

Программное обеспечение:

- ОС Windows 8 (10),
- интернет-браузер (Mozilla Firefox);
- ПО Adobe Reader;
- пакет стандартных офисных приложений для работы с документами, таблицами (МойОфис, LibreOffice);
- специализированное ПО, допускается демоверсия или виртуальный аналог ПО.

## **19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций**

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

| № п/п                                              | Наименование раздела дисциплины (модуля) | Компетенция(и) | Индикатор(ы) достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                          |
|----------------------------------------------------|------------------------------------------|----------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.                                                 | Основы цифровых двойников                | ПК-2, ПК-4     | ПК-2.1, ПК-4.1                      | - Тест: "Определение и компоненты цифрового двойника" (10 вопросов)<br>- Практическое задание: Сравнение цифрового двойника и цифровой тени |
| 2.                                                 | Методологии моделирования                | ПК-4, ПК-5     | ПК-4.1, ПК-5.1                      | - Лабораторная работа: Разработка BPMN-модели процесса<br>- Контрольная работа: Анализ кейса по выбору методологии                          |
| 3                                                  | Технологический стек                     | ПК-4, ПК-6     | ПК-4.1, ПК-6.1                      | - Тест: "Платформы для цифровых двойников" (15 вопросов)<br>- Практическое задание: Разработка архитектурной схемы на AWS/Azure             |
| 4                                                  | Сбор и обработка данных                  | ПК-5           | ПК-5.1, ПК-5.2                      | - Лабораторная работа: Очистка данных SCADA в Python<br>- Тест: "Методы ETL-процессов" (10 вопросов)                                        |
| 5                                                  | Аналитика и машинное обучение            | ПК-2, ПК-5     | ПК-2.2, ПК-5.2                      | - Практическое задание: Построение прогнозной модели<br>- Контрольная работа: Интерпретация результатов ML-анализа                          |
| 6                                                  | Архитектура цифрового двойника           | ПК-4, ПК-6     | ПК-4.1, ПК-6.1                      | - Проект: Разработка микросервисной архитектуры<br>- Тест: "Принципы масштабируемости" (12 вопросов)                                        |
| 7                                                  | Внедрение и эксплуатация                 | ПК-6           | ПК-6.1, ПК-6.2                      | - Кейс-стади: Расчет ROI внедрения<br>- Практическое задание: Составление плана мониторинга                                                 |
| 8                                                  | Бизнес-аспекты                           | ПК-2, ПК-6     | ПК-2.1, ПК-6.2-                     | Эссе: "Правовые риски цифровых двойников"<br>- Деловая игра: Защита проекта перед "инвесторами"                                             |
| Промежуточная аттестация<br>форма контроля - зачет |                                          |                |                                     | Тест, проект                                                                                                                                |

## 20 Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

### 20.1 Текущий контроль успеваемости

#### Комплект практических работ по дисциплине «Моделирование и цифровые двойники предприятий»

1. Практическая работа №1: Анализ бизнес-процесса с помощью BPMN (оценивается по четкости нотации и выявлению узких мест).
  2. Практическая работа №2: Прогнозирование отказов оборудования на основе данных датчиков (оценивается точность модели).
  3. Практическая работа №3: Расчет экономической эффективности внедрения цифрового двойника (оценивается корректность расчетов ROI).
- Критерии оценки практических работ:

- оценка «отлично» выставляется студенту, если все задания выполнены;



- оценка «хорошо» выставляется студенту, если все задания выполнены, но возможно, с некоторыми недочетами
- оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если задания выполнены частично и (или) с недочетами.
- оценка «неудовлетворительно», если выполнено меньше 50 % задания.

## **20.2 Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: тест, проект.

---

## **Перечень тем для курсовых работ по дисциплине "Моделирование и цифровые двойники предприятий"**

### **1. Разработка цифрового двойника производственного процесса**

**Пояснение:** Создание имитационной модели конкретного производственного процесса (например, сборки изделия) с использованием инструментов (AnyLogic, Siemens PLM). Анализ эффективности и предложения по оптимизации.

**Ключевые аспекты:**

- Моделирование в BPMN
- Интеграция с IoT-датчиками
- Визуализация в 3D

### **2. Применение машинного обучения для прогнозирования отказов оборудования на основе цифрового двойника**

**Пояснение:** Использование данных с датчиков вибрации/температуры для обучения ML-модели (Python + TensorFlow). Сравнение методов (регрессия vs нейросети).

**Ключевые аспекты:**

- Feature engineering
- Валидация модели
- Интеграция с SCADA

### **3. Оптимизация логистических цепочек с помощью цифрового двойника**

**Пояснение:** Моделирование логистики предприятия (транспорт, склады) в FlexSim. Анализ "узких мест" и предложения по реинжинирингу.

**Ключевые аспекты:**

- Дискретно-событийное моделирование
- Расчет ROI от внедрения изменений

### **4. Разработка архитектуры цифрового двойника для "умного" здания**

**Пояснение:** Проектирование системы мониторинга энергопотребления, климата и безопасности на базе IoT-платформы (например, IBM Watson IoT).

**Ключевые аспекты:**

- Микросервисная архитектура
- Реализация дашбордов (Grafana)

## **5. Создание цифрового двойника клиентского опыта в розничной сети**

**Пояснение:** Анализ данных CRM и кассовых систем для моделирования поведения покупателей. A/B-тестирование сценариев взаимодействия.

**Ключевые аспекты:**

- Process Mining (Celonis)
- Прогнозирование спроса

## **6. Оценка экономической эффективности внедрения цифрового двойника на предприятии**

**Пояснение:** Расчет NPV, ROI и payback period для пилотного проекта. Сравнение с традиционными методами управления.

**Ключевые аспекты:**

- Финансовое моделирование
- Кейсы из промышленности

## **7. Разработка цифрового двойника для управления жизненным циклом продукта (PLM)**

**Пояснение:** Интеграция CAD-моделей, данных ERP и MES в единую систему (на примере Teamcenter/Siemens).

**Ключевые аспекты:**

- Цифровая нить (Digital Thread)
- Автоматизация обновлений

## **8. Бенчмаркинг платформ для создания цифровых двойников (PTC ThingWorx vs Siemens MindSphere)**

**Пояснение:** Сравнение функционала, стоимости внедрения и scalability на примере конкретного предприятия.

**Ключевые аспекты:**

- Критерии выбора платформы
- Технические требования

## **9. Применение цифровых двойников в энергетике: кейс цифровизации ТЭЦ**

**Пояснение:** Моделирование работы турбин с прогнозированием нагрузки. Интеграция с системами диспетчеризации.

**Ключевые аспекты:**

- Digital Shadow vs Digital Twin
- Реализация в MATLAB

## **10. Правовые и этические аспекты использования цифровых двойников**

**Пояснение:** Анализ рисков утечки данных, вопросов интеллектуальной собственности и регулирования (GDPR, 152-ФЗ).

**Ключевые аспекты:**

- Data governance
- Кейсы судебных разбирательств

**Рекомендации по выполнению:**

1. **Формат:** Обязательные разделы курсовой:
  - Обзор литературы (не менее 15 источников)
  - Описание методологии
  - Практическая реализация (скриншоты моделей/кода)
  - Экономическое обоснование (для прикладных тем)
2. **Проверяемые компетенции:**
  - ПК-2 (аналитика) → Темы 5, 6
  - ПК-4 (архитектура) → Темы 4, 7
  - ПК-5 (разработка) → Темы 1, 3
  - ПК-6 (управление) → Темы 8, 9
3. **Инструменты:**
  - Бесплатные альтернативы для студентов:
    - Вместо FlexSim → Simio Free
    - Вместо Teamcenter → openPLM
4. **Примерные оценки:**
  - "Отлично": Реализация рабочего прототипа + расчет экономического эффекта
  - "Хорошо": Детальное моделирование без полной интеграции
  - "Удовлетворительно": Теоретический анализ без практической части

**Вопросы к экзамену по дисциплине «Моделирование и цифровые двойники предприятий»**

**Теоретические вопросы (15-20):**

1. Дайте определение цифрового двойника. В чем его отличие от цифровой модели?
2. Назовите основные компоненты архитектуры цифрового двойника.
3. Перечислите этапы жизненного цикла цифрового двойника.
4. Какие методологии моделирования бизнес-процессов применяются при создании цифровых двойников?
5. Объясните принципы работы IoT-платформ в контексте цифровых двойников.
6. Какие данные необходимы для создания цифрового двойника производственного оборудования?
7. Опишите методы интеграции цифрового двойника с ERP- и MES-системами.
8. В чем преимущества микросервисной архитектуры для цифровых двойников?
9. Какие алгоритмы машинного обучения применяются для прогнозирования в цифровых двойниках?
10. Как оценить экономическую эффективность внедрения цифрового двойника?
11. Назовите ключевые метрики для анализа эффективности цифрового двойника.
12. Какие правовые аспекты необходимо учитывать при работе с цифровыми двойниками?

13. Опишите процесс валидации и верификации цифрового двойника.
14. Какие облачные платформы подходят для развертывания цифровых двойников?
15. В чем особенности применения цифровых двойников в логистике?

#### **Практико-ориентированные вопросы (10-15):**

16. Разработайте схему BPMN для процесса «Заказ-доставка» в цифровом двойнике магазина.
17. Рассчитайте ROI внедрения цифрового двойника для конвейерной линии (исходные данные: стоимость внедрения — 2 млн руб., годовая экономия — 500 тыс. руб.).
18. Подберите инструменты для создания цифрового двойника энергосистемы. Обоснуйте выбор.
19. Проанализируйте данные датчиков вибрации (приложен CSV-файл) и выявите аномалии.
20. Составьте техническое задание на разработку цифрового двойника для склада.
21. Сравните платформы PTC ThingWorx и Siemens MindSphere для конкретного промышленного кейса.
22. Предложите метод оптимизации бизнес-процесса с помощью цифрового двойника (на примере).
23. Опишите, как цифровой двойник может улучшить управление жизненным циклом продукта (PLM).
24. Смоделируйте простой цифровой двойник в AnyLogic (описать шаги).
25. Разработайте дашборд для мониторинга ключевых показателей цифрового двойника.

#### **Пример контрольно-измерительных материалов (КИМ)**

##### **Вариант 1**

##### **Теоретическая часть:**

1. Опишите архитектуру цифрового двойника промышленного оборудования. Какие компоненты являются обязательными? *(10 баллов)*
2. Как машинное обучение применяется в цифровых двойниках? Приведите пример алгоритма и его задачи. *(10 баллов)*

##### **Практическое задание:**

На основе предоставленных данных SCADA-системы (файл «vibration\_data.csv»):

- Проведите очистку данных (удалите шумы, заполните пропуски).
- Постройте график изменения вибрации оборудования за месяц.
- Выделите аномальные значения (используйте метод скользящего среднего).
- Сформулируйте рекомендации по обслуживанию оборудования.

##### **Критерии оценки:**

- Теоретические вопросы: полнота ответа, точность терминологии (макс. 10 баллов за вопрос).
- Практика: корректность обработки данных, обоснованность выводов (макс. 20 баллов).

##### **Вариант 2**

### Теоретическая часть:

1. Перечислите этапы внедрения цифрового двойника на предприятии. Какие риски могут возникнуть? (10 баллов)
2. Сравните цифровой двойник и цифровую тень (Digital Shadow). В чем ключевые различия? (10 баллов)

### Практическое задание:

Разработайте фрагмент BPMN-модели для цифрового двойника процесса «Приемка сырья на складе»:

- Изобразите основные этапы (проверка качества, взвешивание, размещение).
- Добавьте исключаяющие события (например, «брак сырья»).
- Укажите, какие данные будут передаваться в цифровой двойник.

### Критерии оценки:

- Теория: логичность изложения, примеры (макс. 10 баллов за вопрос).
- Практика: корректность нотации BPMN, полнота модели (макс. 20 баллов).

### Шкала оценивания экзамена:

- **25–30 баллов** — «отлично» (полные ответы, практика без ошибок).
- **18–24 балла** — «хорошо» (незначительные неточности).
- **10–17 баллов** — «удовлетворительно» (частичное выполнение).
- **Менее 10 баллов** — «неудовлетворительно».

## 20.3 Фонд оценочных средств сформированности компетенций студентов, рекомендуемый для проведения диагностических работ

### Комплект тестов

**Компетенция ПК-2 Способен готовить аналитические материалы для оценки мероприятий и выработки стратегических решений в области ИКТ**

### Тестовые задания (20 вопросов)

1. Какой метод используется для анализа сильных и слабых сторон компании?
  - а) PEST-анализ
  - б) SWOT-анализ
  - в) ABC-анализ
  - г) Бенчмаркинг
2. Какой показатель НЕ относится к KPI?
  - а) Конверсия
  - б) ROI
  - в) Лояльность клиентов
  - г) Количество сотрудников
3. Какой инструмент используется для визуализации данных?
  - а) Microsoft Excel
  - б) Tableau

- в) Power BI
  - г) Все перечисленные
4. Что включает PEST-анализ?
- а) Политические, экономические, социальные, технологические факторы
  - б) Только экономические факторы
  - в) Только технологические факторы
  - г) Ничего из перечисленного
5. Какой метод позволяет оценить эффективность инвестиций в ИТ?
- а) ROI
  - б) NPV
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
6. Какой этап стратегического планирования следует после анализа?
- а) Реализация
  - б) Контроль
  - в) Постановка целей
  - г) Все перечисленные
7. Какой тип данных НЕ используется в бизнес-аналитике?
- а) Структурированные
  - б) Неструктурированные
  - в) Полуструктурированные
  - г) Случайные
8. Какой метод прогнозирования использует исторические данные?
- а) Регрессионный анализ
  - б) Дерево решений
  - в) Нейронные сети
  - г) Все перечисленные
9. Какой инструмент НЕ используется для сбора данных?
- а) Google Analytics
  - б) Яндекс.Метрика
  - в) Microsoft Word
  - г) CRM-системы
10. Какой метод позволяет оценить риски проекта?
- а) Анализ чувствительности
  - б) Монте-Карло
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
11. Какой показатель оценивает эффективность маркетинга?
- а) CAC
  - б) LTV
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
12. Какой метод НЕ относится к анализу данных?
- а) Кластеризация
  - б) Когортный анализ
  - в) Факторный анализ
  - г) Рандомизация
13. Какой этап жизненного цикла данных включает очистку?
- а) Сбор
  - б) Подготовка
  - в) Анализ
  - г) Визуализация

14. Какой метод позволяет выявить скрытые закономерности в данных?
  - а) Машинное обучение
  - б) Описательная статистика
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
15. Какой инструмент используется для управления проектами?
  - а) Jira
  - б) Trello
  - в) Asana
  - г) Все перечисленные
16. Какой метод НЕ используется для принятия решений?
  - а) Дерево решений
  - б) Анализ иерархий
  - в) Мозговой штурм
  - г) Случайный выбор
17. Какой показатель оценивает удовлетворенность клиентов?
  - а) NPS
  - б) CSAT
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
18. Какой метод позволяет оптимизировать бизнес-процессы?
  - а) Lean
  - б) Six Sigma
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
19. Какой этап стратегического управления включает мониторинг?
  - а) Планирование
  - б) Реализация
  - в) Контроль
  - г) Все перечисленные
20. Какой метод НЕ относится к прогнозированию?
  - а) Экстраполяция
  - б) Индексация
  - в) Тренд-анализ
  - г) Сценарный анализ

### **Практические задания (5-10 заданий)**

1. Проведите SWOT-анализ компании X и подготовьте презентацию с рекомендациями.
2. На основе данных о продажах постройте прогноз на следующий квартал.
3. Разработайте KPI для отдела маркетинга.
4. Проведите PEST-анализ для выхода на новый рынок.
5. Создайте дашборд в Power BI для мониторинга эффективности продаж.
6. Проанализируйте риски внедрения новой ИТ-системы.
7. Подготовьте отчет о ROI проекта автоматизации.
8. Проведите когортный анализ клиентов.
9. Разработайте стратегию улучшения NPS.
10. Оптимизируйте бизнес-процесс с помощью Lean-методологии.

**Компетенция ПК-4 Способен управлять разработкой профессионально-ориентированных информационных систем**

## Тестовые задания (20 вопросов)

1. Какой стандарт описывает архитектуру ИС?
  - а) TOGAF
  - б) ITIL
  - в) COBIT
  - г) ISO 27001
2. Какой язык используется для моделирования процессов?
  - а) SQL
  - б) BPMN
  - в) UML
  - г) XML
3. Какой метод НЕ относится к Agile?
  - а) Scrum
  - б) Kanban
  - в) Waterfall
  - г) Lean
4. Какой инструмент используется для управления требованиями?
  - а) Jira
  - б) Confluence
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
5. Какой этап жизненного цикла ИС включает тестирование?
  - а) Проектирование
  - б) Разработка
  - в) Внедрение
  - г) Эксплуатация
6. Какой метод НЕ используется для оценки качества ПО?
  - а) Юнит-тестирование
  - б) Интеграционное тестирование
  - в) Ручное тестирование
  - г) Случайное тестирование
7. Какой принцип НЕ относится к SOLID?
  - а) Единственной ответственности
  - б) Открытости/закрытости
  - в) Инкапсуляции
  - г) Случайности
8. Какой инструмент используется для контроля версий?
  - а) Git
  - б) SVN
  - в) Оба варианта
  - г) Ни один из вариантов
9. Какой метод НЕ используется для управления рисками?
  - а) Анализ FMEA
  - б) Дерево решений
  - в) Мозговой штурм
  - г) Случайный выбор
10. Какой стандарт описывает управление ИТ-услугами?
  - а) ITIL
  - б) COBIT
  - в) ISO 20000
  - г) Все перечисленные



## Практические задания (5-10 заданий)

1. Разработайте архитектуру ИС для интернет-магазина.
2. Создайте диаграмму BPMN для процесса оформления заказа.
3. Проведите оценку рисков внедрения новой системы.
4. Разработайте план тестирования ПО.
5. Оптимизируйте процесс разработки с помощью Agile.
6. Создайте репозиторий Git для проекта.
7. Проведите аудит безопасности ИС.
8. Разработайте ТЗ для новой функциональности.
9. Проведите анализ производительности системы.
10. Подготовьте отчет о соответствии стандарту ISO 27001.

### Компетенция ПК-5

**Способен выполнять работы по созданию, модификации и сопровождению информационных систем**

#### 1. Тестовые задания (закрытые):

- **Вопрос 1:** Какой язык моделирования используется для описания бизнес-процессов?  
а) SQL  
б) BPMN  
в) XML  
г) JSON  
**Ответ:** б) BPMN
- **Вопрос 2:** Какой инструмент используется для управления требованиями к ИС?  
а) Jira  
б) Trello  
в) Microsoft Project  
г) Все перечисленные  
**Ответ:** г) Все перечисленные

#### 2. Открытые вопросы:

- **Вопрос:** Опишите этапы внедрения информационной системы на предприятии (не более 200 слов).
- **Критерии оценки:**
  - 2 балла – полное описание этапов (анализ, проектирование, тестирование, внедрение, сопровождение).
  - 1 балл – пропущены 1-2 этапа.

#### 3. Практическое задание:

- **Задача:** На основе предоставленного бизнес-процесса предложите метод его автоматизации и обоснуйте выбор.
- **Критерии оценки:**
  - 3 балла – предложено решение с четким обоснованием.
  - 2 балла – решение есть, но обоснование слабое.
  - 1 балл – решение не соответствует задаче.

### Компетенция ПК-6

## Способен управлять электронным предприятием и подразделениями электронного бизнеса

### 1. Тестовые задания (закрытые):

- **Вопрос 1:** Что включает жизненный цикл управления ИТ-инфраструктурой?  
а) Планирование, внедрение, мониторинг  
б) Только техническую поддержку  
в) Только закупку оборудования  
**Ответ:** а) Планирование, внедрение, мониторинг
- **Вопрос 2:** Какой инструмент используется для управления проектами электронного бизнеса?  
а) Google Analytics  
б) Microsoft Project  
в) SAP ERP  
г) Все перечисленные  
**Ответ:** г) Все перечисленные

### 2. Открытые вопросы:

- **Вопрос:** Перечислите ключевые метрики для оценки эффективности электронного предприятия.
- **Критерии оценки:**
  - 2 балла – названы 3+ метрики (например, конверсия, средний чек, LTV).
  - 1 балл – указаны 1-2 метрики.

### 3. Практическое задание:

- **Задача:** Составьте план развития ИТ-инфраструктуры электронного магазина на год.
- **Критерии оценки:**
  - 3 балла – план детализирован, учтены риски и бюджет.
  - 2 балла – план есть, но без анализа рисков.
  - 1 балл – план составлен формально.

### Итоговая шкала оценивания

- **Высокий уровень (18–20 баллов):** Студент демонстрирует глубокое понимание тем, может применять знания на практике.
- **Средний уровень (14–17 баллов):** Есть незначительные пробелы, но в целом компетенции сформированы.
- **Минимальный уровень (10–13 баллов):** Требуется дополнительная работа над темами.
- **Неудовлетворительно (менее 10 баллов):** Необходимо повторное обучение.

### Критерии и шкалы оценивания заданий ФОС:

Для оценивания выполнения заданий используется балльная шкала:

#### 1) закрытые задания (тестовые с вариантами ответов, средний уровень сложности):

- 1 балл – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

2) открытые задания (тестовые с кратким текстовым ответом, повышенный уровень сложности):

- 2 балла – указан верный ответ;
- 0 баллов – указан неверный ответ (полностью или частично неверный).

**Задания раздела 20.3 рекомендуются к использованию при проведении диагностических работ с целью оценки остаточных результатов освоения данной дисциплины (знаний, умений, навыков).**