

---

**УТВЕРЖДЕНА**

Решением Ученого совета  
АНО ВО «Центральный университет»  
«25» мая 2026 г.  
Протокол №2

**Рабочая программа дисциплины (модуля)  
«Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения»**

**Направление подготовки:** 02.03.01 Математика и компьютерные науки

**Направленность (профиль) подготовки:** Прикладной искусственный интеллект

**Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**Форма обучения:** очная

**Срок освоения программы:** 4 года

**Год набора:** 2026

**Москва  
2026**

## Содержание

|                                                     |    |
|-----------------------------------------------------|----|
| 1. Краткая характеристика дисциплины (модуля) ..... | 3  |
| 2. Перечень планируемых результатов обучения .....  | 5  |
| 3. Тематический план .....                          | 10 |
| 4. Содержание дисциплины (модуля) .....             | 10 |
| 5. Учебно-методическое обеспечение .....            | 12 |
| 6. Материально-техническое обеспечение .....        | 12 |
| 7. Методические и оценочные материалы .....         | 14 |

## **1. Краткая характеристика дисциплины (модуля)**

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования – бакалавриат по направлению 02.03.01 «Прикладной искусственный интеллект», профиль «Математика и компьютерные науки», утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 807 от 23.08.2017 года.

Изучение дисциплины (модуля) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения» позволяет студентам получить практические навыки, необходимые для успешной интеграции машинного обучения в бизнес-процессы, что критически важно для достижения конкурентных преимуществ. Кроме того, оно способствует пониманию вызовов и решений, связанных с масштабированием и поддержкой МО-моделей в условиях реального времени.

### **Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Настоящая дисциплина (модуль) включена в учебный план по программе подготовки бакалавриата по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки», профиль «Прикладной искусственный интеллект» и входит в вариативную часть Блока 1 формируемую участниками образовательных отношений как дисциплина по выбору.

Дисциплина (модуль) изучается на 3 или 4 курсе в 5 или 7 семестре на выбор. Доступна к изучению после успешного освоения дисциплины (модуля) «Машинное обучение».

**Цель изучения дисциплины (модуля):** освоение студентами методов и практик внедрения, развертывания и поддержки моделей машинного обучения в реальных производственных системах.

### **Задачи изучения дисциплины (модуля):**

- изучить основные этапы жизненного цикла моделей машинного обучения и организовать воспроизводимость экспериментов через трекинг кода, данных и метрик;
- освоить практики управления данными, включая версионирование, контроль качества и построение надёжных пайплайнов обработки;
- научиться проектировать и автоматизировать процессы обучения, тестирования и деплоя моделей с использованием инструментов mlops;
- развить навыки разработки и мониторинга масштабируемых решений для оффлайн и онлайн моделей в промышленных условиях;
- освоить методы интеграции и развёртывания больших языковых моделей (llm) в приложениях с применением llmops-подходов и промышленных стандартов кодирования.

### **В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:**

#### **знать:**

- как обеспечить воспроизводимость в машинном обучении;
- основные этапы жизненного цикла моделей;
- как устроен процесс управления данными для обучения, включая версионирование и обеспечение качества;
- в чём отличие между оффлайн и онлайн моделями и как планировать задачи для их обучения и внедрения;
- как подготовить модели машинного обучения к масштабированию;
- место llm в современной индустрии.

#### **уметь:**

- организовывать трекинг кода и результатов экспериментов;
- работать с пайплайнами обработки данных и обучения моделей;
- деплоить модели;
- автоматизировать процесс обучения и деплоя модели;

- разрабатывать тесты для проверки качества моделей и настраивать мониторинг для контроля их работы;

- развёртывать и применять llm инструменты.

***владеть:***

- навыком выстраивания mlops процесса (внедрение и поддержка работы моделей машинного обучения в продакшне);

- навыком работы с mlops и llmops инструментами;

- навыком масштабирования приложений;

- навыком использования и встраивания больших языковых моделей в приложения;

- навыком написания индустриального кода для сервисов машинного обучения.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения

Компетенции, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) при проведении учебных занятий в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками Университета и в форме самостоятельной работы обучающихся:

| Код и содержание компетенции                                                             | Индикатор компетенции и перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ППК-Р4. Способен использовать базы данных при создании программных модулей и компонентов | ППК-Р4.1. Пишет программный код с использованием языков определения и манипулирования данными в базах данных (базовый)<br>ППК-Р4.1. 3-1. Знает архитектуры современных систем управления баз данных, включая SQL и noSQL<br>ППК-Р4.1. У-1. Умеет применять выбранные языки работы с базами данных           |
|                                                                                          | ППК-Р4.2. Проектирует базы данных для программных модулей и компонентов (средний)<br>ППК-Р4.2. 3-1. Знает современные подходы к проектированию реляционных и нереляционных баз данных<br>ППК-Р4.2. У-2. Умеет проектировать и актуализировать структуру базы данных для программных моделей и компонентов   |
|                                                                                          | ППК-Р4.3. Оптимизирует производительность работы с базами данных (средний)<br>ППК-Р4.3. 3-1. Знает внутреннее устройство СУБД выбранной архитектуры<br>ППК-Р4.3. У-2. Умеет вырабатывать варианты оптимизации производительности запросов в базе данных                                                     |
| ППК-Р5. Способен разрабатывать требования и проектировать программное обеспечение        | ППК-Р5.1. Анализирует возможности реализации требований к компьютерному программному обеспечению (средний)<br>ППК-Р5.1. 3-1. Знает возможности существующей программно-технической архитектуры<br>ППК-Р5.1. У-3. Умеет вырабатывать варианты реализации требований к компьютерному программному обеспечению |
|                                                                                          | ППК-Р5.2. Разрабатывает технические спецификации на программные компоненты и их взаимодействие (средний)<br>ППК-Р5.2. 3-2. Знает методы и средства проектирования программных интерфейсов<br>ППК-Р5.2. У-1. Умеет выбирать средства реализации требований к компьютерному программному обеспечению          |
|                                                                                          | ППК-Р5.3. Проектирует компьютерное программное обеспечение (продвинутый)<br>ППК-Р5.3. 3-1. Знает принципы построения и виды архитектуры компьютерного программного обеспечения<br>ППК-Р5.3. У-2. Умеет проектировать структуры данных                                                                       |
|                                                                                          | ППК-Р5.4. Выполняет логическое проектирование системы (продвинутый)<br>ППК-Р5.4. 3-3. Знает базовые технологии взаимодействия и интеграции систем и компонентов<br>ППК-Р5.4. У-1. Умеет описывать интеграции со смежными системами на логическом уровне                                                     |
| ППК-Р6. Способен участвовать в промышленной разработке программного обеспечения          | ППК-Р6.1. Работает в соответствии с промышленными методологиями разработки (средний)<br>ППК-Р6.1. 3-1. Знает принципы Agile и их применение в промышленных проектах<br>ППК-Р6.1. У-2. Умеет работать в команде с использованием инструментов управления проектами                                           |

|                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                 | ППК-Р6.2. Использует инструменты промышленной разработки (средний)<br>ППК-Р6.2. 3-1. Знает принципы Continuous Integration and Continuous Delivery (CI/CD)<br>ППК-Р6.2. У-1. Умеет настраивать потоки работ CI/CD                                                                                                          |
|                                                                                                                 | ППК-Р6.3. Разрабатывает масштабируемый и поддерживаемый код (продвинутый)<br>ППК-Р6.3. 3-1. Знает принципы чистого кода, SOLID, DRY, KISS и др.<br>ППК-Р6.3. У-1. Умеет разрабатывать модульный и тестируемый программный код                                                                                              |
|                                                                                                                 | ППК-Р6.4. Участвует в развертывании и поддержке программного обеспечения (продвинутый)<br>ППК-Р6.4. 3-1. Знает стратегии развертывания промышленного программного обеспечения<br>ППК-Р6.4. У-1. Умеет развертывать приложения в облаке                                                                                     |
|                                                                                                                 | ППК-Р7. Способен применять искусственный интеллект (ИИ) для генерации и отладки программного кода                                                                                                                                                                                                                          |
|                                                                                                                 | ППК-Р7.1. Применяет ИИ-инструменты для генерации программного кода (базовый)<br>ППК-Р7.1. 3-1. Знает принципы работы современных генеративных ИИ-моделей для генерации кода<br>ППК-Р7.1. У-1. Умеет формулировать корректные текстовые запросы (промты) для генерации кода                                                 |
|                                                                                                                 | ППК-Р7.2. Использует ИИ для анализа и отладки кода (средний)<br>ППК-Р7.2. 3-1. Знает методы ИИ-анализа кода<br>ППК-Р7.2. У-2. Умеет интерпретировать рекомендации ИИ по исправлению кода                                                                                                                                   |
|                                                                                                                 | ППК-Р7.3. Оптимизирует код с помощью ИИ (продвинутый)<br>ППК-Р7.3. 3-1. Знает методы ИИ-оптимизации<br>ППК-Р7.3. У-2. Умеет проверять корректность оптимизаций, предложенных ИИ                                                                                                                                            |
|                                                                                                                 | ППК-Р7.4. Оценивает этические и профессиональные аспекты применения ИИ в разработке (продвинутый)<br>ППК-Р7.4. 3-1. Знает этические нормы использования ИИ (конфиденциальность, плагиат кода и т.п.)<br>ППК-Р7.4. У-2. Умеет документировать использование ИИ в разработке                                                 |
| ППК-ДА4. Способен выявлять бизнес-проблемы или бизнес-возможности                                               | ППК-ДА4.1. Собирает информацию о бизнес-проблемах или бизнес-возможностях (средний)<br>ППК-ДА4.1. 3-3. Знает инструменты, техники анализа бизнес-ситуации и предметной области<br>ППК-ДА4.1. У-1. Умеет собирать, классифицировать, систематизировать и обеспечивать хранение и актуализацию информации для бизнес-анализа |
|                                                                                                                 | ППК-ДА4.2. Выявление истинных бизнес-проблем или бизнес-возможностей (продвинутый)<br>ППК-ДА4.2. 3-2. Знает инструменты, техники анализа бизнес-ситуации и предметной области, включая анализ данных<br>ППК-ДА4.2. У-1. Умеет выявлять и классифицировать бизнес-проблемы или бизнес-возможности                           |
| ППК-ДА5. Способен применять методы статистического анализа и теорию эксперимента для планирования, проведения и | ППК-ДА5.1. Разрабатывает дизайн эксперимента (базовый)<br>ППК-ДА5.1. 3-1. Знает основные принципы планирования экспериментов<br>ППК-ДА5.1. У-2. Умеет выбирать метрики для оценки эффекта воздействия                                                                                                                      |

|                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| интерпретации результатов экспериментов                                                                   | ППК-ДА5.2. Проводит статистический анализ данных эксперимента (средний)<br>ППК-ДА5.2. 3-1. Знает методы проверки гипотез (t-тест, $\chi^2$ , ANOVA)<br>ППК-ДА5.2. У-2. Умеет интерпретировать p-value и уровень значимости                                 |
|                                                                                                           | ППК-ДА5.3. Интерпретирует результаты экспериментов (продвинутый)<br>ППК-ДА5.3. У-2. Умеет формулировать рекомендации на основе статистических выводов                                                                                                      |
| МО-2. Способен проектировать и внедрять системы автоматизации жизненного цикла машинного обучения (MLOps) | МО-2.1. Проектирует и настраивает CI/CD-пайплайны для машинного обучения (базовый)<br>МО-2.1. 3-1. Знает принципы CI/CD применительно к моделям машинного обучения<br>МО-2.1. У-1. Умеет настраивать CI/CD-пайплайны для МО с использованием инструментов  |
|                                                                                                           | МО-2.2. Организует версионирование моделей, данных и экспериментов (средний)<br>МО-2.2. 3-1. Понимает системы версионирования моделей и данных<br>МО-2.2. У-2. Умеет использовать инструменты MLOps для воспроизводимости и масштабируемости экспериментов |
|                                                                                                           | МО-2.3. Внедряет системы мониторинга моделей в продуктивную эксплуатацию (средний)<br>МО-2.3. 3-1. Знает метрики мониторинга моделей МО<br>МО-2.3. У-1. Умеет разворачивать системы мониторинга моделей МО                                                 |
|                                                                                                           | МО-2.4. Автоматизирует процессы переобучения и развертывания моделей (продвинутый)<br>МО-2.4. 3-1. Знает стратегии автоматизации переобучения<br>МО-2.4. У-1. Умеет автоматизировать переобучение моделей и А/В-тестирование развертываний                 |
|                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                            |
| РГ-1. Способен руководить процессами разработки компьютерного программного обеспечения                    | РГ-1.1. Руководит разработкой программного кода (средний)<br>РГ-1.1. У-1. Способен распределять задачи на разработку программного кода между исполнителями<br>РГ-1.1. У-3. Оценивает качество и эффективность программного кода                            |
|                                                                                                           | РГ-1.2. Руководит проверкой работоспособности компьютерного программного обеспечения (средний)<br>РГ-1.2. У-2. Умеет оценивать результаты проверки работоспособности компьютерного программного обеспечения                                                |
|                                                                                                           | РГ-1.3. Руководит интеграцией программных модулей и компонентов (продвинутый)<br>РГ-1.3. 3-2. Знает методы и программные интерфейсы взаимодействия компьютерного программного обеспечения с внешними программными компонентами                             |
| РГ-2. Способен организовать процессы разработки компьютерного программного обеспечения                    | РГ-2.1. Управляет проектированием компьютерного программного обеспечения (средний)<br>РГ-2.1. 3-1. Знает принципы построения архитектуры компьютерного программного обеспечения и виды архитектуры программного обеспечения                                |
|                                                                                                           | РГ-2.2. Управляет процессом разработки компьютерного программного обеспечения (продвинутый)<br>РГ-2.2. У-1. Умеет составлять планы процесса разработки программного продукта                                                                               |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-2.3. Управляет запросами на изменения, дефектами и проблемами (продвинутый)<br>РГ-2.3. 3-1. Знает методы и средства выявления дефектов, проблем и причин их возникновения в компьютерном программном обеспечении                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-2.4. Управляет конфигурациями и выпусками программного продукта (продвинутый)<br>РГ-2.5. У-1. Умеет управлять версиями отдельных компонентов и программного продукта в целом                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-4. Способен организовать промышленную разработку программного обеспечения<br>РГ-4.1. Внедряет промышленные методологии разработки (средний)<br>РГ-4.1. 3-1. Знает принципы Agile и их применение в промышленных проектах                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-4.2. Внедряет инструменты промышленной разработки (средний)<br>РГ-4.2. 3-1. Знает принципы Continuous Integration and Continuous Delivery (CI/CD)<br>РГ-4.3. Организует разработку масштабируемого и поддерживаемого кода (продвинутый)<br>РГ-4.3. У-1. Умеет управлять разработкой модульного и тестируемого программного кода<br>РГ-4.4. Организует развертывание и поддержку программного обеспечения (продвинутый)<br>РГ-4.4. У-1. Умеет организовать развертывание приложения в облаке |
| РГ-5. Способен организовать процессы применения искусственного интеллекта (ИИ) для генерации и отладки программного кода                                                                                                                                                          | РГ-5.1. Организует применение ИИ-инструментов для генерации программного кода (средний)<br>РГ-5.1. 3-1. Знает принципы работы современных генеративных ИИ-моделей для генерации кода                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-5.2. Организует применение ИИ для анализа и отладки кода (продвинутый)<br>РГ-5.2. 3-1. Знает методы ИИ-анализа кода                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-5.3. Организует оптимизацию кода с помощью ИИ (продвинутый)<br>РГ-5.3. 3-1. Знает методы ИИ-оптимизации                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | РГ-5.4. Оценивает этические и профессиональные аспекты применения ИИ в разработке (продвинутый)<br>РГ-5.4. 3-1. Знает этические нормы использования ИИ (конфиденциальность, плагиат кода и т.п.)                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| УК-4. (УНК-01.) Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(ых) языке(ах) <i>(соответствует УНК-01 – Способен применять коммуникационные компетенции в профессиональной деятельности)</i> | УНК-01.01. Осуществляет коммуникации в профессиональной деятельности (базовый)<br>УНК-01.01.01. У-1 Владеет навыками презентации и публичной дискуссии<br>УНК-01.01.01. У-3 Способен формулировать и понимать технологические и бизнес-требования                                                                                                                                                                                                                                              |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УНК-01.02. Демонстрирует владение профессиональной культурой (базовый)<br>УНК-01.02.01. У-3. Умеет грамотно оформлять документацию и вести коммуникацию в соответствии с профессиональными стандартами                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| УК-3. (УНК-02.) Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде                                                                                                                                                                               | УНК-02.01. Принимает участие в групповом взаимодействии (базовый)<br>УНК-02.01.01. У-5. Умеет работать в команде, проявлять инициативу и поддерживать коллег                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                   | УНК-02.02. Проявляет лидерство и осуществляет                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                               |                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>(соответствует УНК-02 –<br/>Способен применять<br/>методы коллективной<br/>работы в профессиональной<br/>деятельности)</i> | наставничество (базовый)<br>УНК-02.02.01. У-3. Умеет делиться знаниями и опытом,<br>оказывать поддержку и осуществлять наставничество коллегам |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### 3. Тематический план

| №п/<br>п                               | Наименование<br>раздела дисциплины<br>(модуля)                                  | Трудоемкость, академические часы |                         |          |                           | ТКУ<br>(текущий контроль<br>успеваемости) |
|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------|----------|---------------------------|-------------------------------------------|
|                                        |                                                                                 | Очная форма                      |                         |          |                           |                                           |
|                                        |                                                                                 | Аудиторная<br>работа             |                         | Контроль | Самостоятельная<br>работа |                                           |
|                                        |                                                                                 | Лекции                           | Практические<br>занятия |          |                           |                                           |
| 1                                      | Машинное обучение в индустрии. Базовые инструменты инженера машинного обучения  | 2                                | 2                       |          | 8                         | Домашнее задание                          |
| 2                                      | Работа с данными в машинном обучении и трекинг экспериментов машинного обучения | 4                                | 4                       |          | 16                        | Домашнее задание                          |
| 3                                      | Подготовка моделей машинного обучения к деплою                                  | 6                                | 6                       |          | 26                        | Домашнее задание                          |
| 4                                      | Мониторинг                                                                      | 4                                | 4                       | 4        | 16                        | Домашнее задание                          |
| 5                                      | Автоматизация обучения и деплоя моделей машинного обучения                      | 4                                | 4                       |          | 16                        | Домашнее задание                          |
| 6                                      | Масштабирование и отказоустойчивость приложений машинного обучения              | 2                                | 2                       |          | 8                         | Домашнее задание                          |
| 7                                      | LLMOps                                                                          | 8                                | 8                       |          | 32                        | Домашнее задание<br>Творческое задание    |
|                                        | Зачёт с оценкой                                                                 |                                  |                         | 4        |                           | Проект                                    |
| Итого:                                 |                                                                                 | 30                               | 30                      | 8        | 122                       |                                           |
| Объем дисциплины (модуля) (в ак. ч.)   |                                                                                 | 190                              |                         |          |                           |                                           |
| Объем дисциплины (модуля) (в зач. ед.) |                                                                                 | 5                                |                         |          |                           |                                           |

### 4. Содержание дисциплины (модуля)

| №п/п | Наименование раздела дисциплины (модуля)                                        | Содержание дисциплины (модуля) по темам                                                              |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    | Машинное обучение в индустрии. Базовые инструменты инженера машинного обучения  | Введение. Инструменты разработки                                                                     |
| 2    | Работа с данными в машинном обучении и трекинг экспериментов машинного обучения | Работа с данными в машинном обучении<br>Трекинг экспериментов машинного обучения и воспроизводимость |

|   |                                                                    |                                                                                                                                                |
|---|--------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3 | Подготовка моделей машинного обучения к деплою                     | Деплой моделей машинного обучения<br>Индустриальный код                                                                                        |
| 4 | Мониторинг                                                         | Мониторинг и проект                                                                                                                            |
| 5 | Автоматизация обучения и деплоя моделей машинного обучения         | Автоматизация пайплайна обучения моделей<br>CI/CD для машинного обучения                                                                       |
| 6 | Масштабирование и отказоустойчивость приложений машинного обучения | Масштабирование и отказоустойчивость приложений машинного обучения                                                                             |
| 7 | LLMOps                                                             | Индустриальное использование больших языковых моделей<br>ИИ Агенты в индустрии<br>Мониторинг и контроль использования больших языковых моделей |

## 5. Учебно-методическое обеспечение

Университет располагает полным набором лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, включая продукты отечественного производства.

Каждый студент в течение всего периода обучения получает индивидуальный неограниченный доступ к электронно-библиотечной системе и электронной информационно-образовательной среде университета. Эти системы предоставляют возможность доступа к ресурсам из любой точки, где есть подключение к сети Интернет, как на территории университета, так и за его пределами.

Студентам обеспечен удаленный доступ к современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

### *Основная литература:*

1. Вишнеvский, В. М. Теория очередей и машинное обучение : монография / В.М. Вишнеvский, Д.В. Ефросинин. — Москва : ИНФРА-М, 2025. — 370 с. : ил. — (Научная мысль). - ISBN 978-5-16-020572-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2204580>.

2. Родзин, С. И. Машинное обучение: метаэвристики дифференциально-векторного движения : учебное пособие / С. И. Родзин, О. Н. Родзина. - Чебоксары : Среда, 2024. - 140 с. - ISBN 978-5-907830-17-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2171753>.

### *Дополнительная литература:*

1. Степашкина, А. С. Численные методы и машинное обучение в метрологии : учебное пособие / А. С. Степашкина. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2024. - 144 с. - ISBN 978-5-9729-1954-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/2170894>.

## 6. Материально-техническое обеспечение

Университет располагает материально-технической базой, соответствующей действующим противопожарным правилам и нормам и обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Помещения, которые представляют собой учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского (практического) типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования. Помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Изучение дисциплины (модуля) обеспечивается в учебных аудиториях, оснащенных:

- столами и стульями;
- компьютерной техникой;
- механическими калькуляторами;
- специализированным оборудованием, включая демонстрационное оборудование.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, в том числе приспособленные для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья, оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Обучающимся предоставляется доступ (в том числе удаленный) к ресурсам информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», электронным ресурсам (в том числе электронным библиотечным системам, современным профессиональным базам данных и информационным справочным системам):

| №  | Наименование портала<br>(издания, курса, документа)                            | Ссылка                                                                          |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Научная электронная библиотека elibrary.ru библиотека                          | <a href="https://elibrary.ru/defaultx.asp">https://elibrary.ru/defaultx.asp</a> |
| 2. | База данных для IT-специалистов                                                | <a href="https://habr.com">https://habr.com</a>                                 |
| 3. | База данных ScienceDirect                                                      | <a href="https://www.sciencedirect.com">https://www.sciencedirect.com</a>       |
| 4. | Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации | <a href="https://minobrnauki.gov.ru/">https://minobrnauki.gov.ru/</a>           |
| 5. | Федеральный портал «Российское образование»                                    | <a href="https://www.edu.ru/">https://www.edu.ru/</a>                           |
| 6. | Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"        | <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                       |
| 7. | Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов                             | <a href="http://school-collection.edu.ru/">http://school-collection.edu.ru/</a> |
| 8. | Федеральный центр информационно - образовательных ресурсов                     | <a href="http://fcior.edu.ru/">http://fcior.edu.ru/</a>                         |

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), в том числе комплект лицензионного программного обеспечения, современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

| Наименование ПО                                                     | Производство  | Лицензионное / свободно распространяемое |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|------------------------------------------|
| <b>Операционные системы:</b>                                        |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Windows Client, Server)                          | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Браузеры:</b>                                                    |               |                                          |
| Яндекс.Браузер                                                      | отечественное | свободно распространяемое                |
| Google Chrome                                                       | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Офисные приложения:</b>                                          |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Visio, OneNote)                                  | зарубежное    | лицензионное                             |
| TeXstudio                                                           | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Adobe Acrobat Reader                                                | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Программное обеспечение для планирования и учета времени:</b>    |               |                                          |
| Toggle app                                                          | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| <b>Системы управления проектами:</b>                                |               |                                          |
| Microsoft Imagine (Project)                                         | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы управления базами данных:</b>                            |               |                                          |
| Microsoft Imagine (SQL Server)                                      | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Системы резервного копирования (backup):</b>                     |               |                                          |
| Acronis Backup Advanced for HyperV                                  | зарубежное    | лицензионное                             |
| <b>Справочно-правовые системы:</b>                                  |               |                                          |
| КонсультантПлюс: справочно-правовая система                         | отечественное | лицензионное                             |
| <b>Средства антивирусной защиты:</b>                                |               |                                          |
| Kaspersky Endpoint Security для бизнеса Стандартный Russian Edition | отечественное | лицензионное                             |
| <b>Среды разработки:</b>                                            |               |                                          |
| Visual Studio Code                                                  | зарубежное    | свободно распространяемое                |
| Bash (Unix shell)                                                   | зарубежное    | свободно распространяемое                |

|                                                          |            |                           |
|----------------------------------------------------------|------------|---------------------------|
| Anaconda                                                 | зарубежное | свободно распространяемое |
| Robotic Operating System                                 | зарубежное | свободно распространяемое |
| CopelliaSim                                              | зарубежное | свободно распространяемое |
| Google Colaboratory                                      | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Пакеты программных средств и библиотек:</b>           |            |                           |
| AutoPsy                                                  | зарубежное | свободно распространяемое |
| Interactive Disassembler (IDA)                           | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Системы управления библиографической информацией:</b> |            |                           |
| Zotero                                                   | зарубежное | свободно распространяемое |
| <b>Сервисы и службы:</b>                                 |            |                           |
| Bind                                                     | зарубежное | свободно распространяемое |
| Docker                                                   | зарубежное | свободно распространяемое |

## 7. Методические и оценочные материалы

### Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

В процессе изучения дисциплины (модуля) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения» в рамках текущего контроля успеваемости используются такие виды учебной работы, как лекции, семинары, домашние задания, творческие задания, проект, а также различные виды самостоятельной работы обучающихся по заданию преподавателя, направленные на развитие навыков профессиональной лексики, закрепление практических профессиональных компетенций, поощрение инициатив.

*Лекция* – систематическое, последовательное, монологическое изложение преподавателем учебного материала, как правило, теоретического характера.

В процессе лекций рекомендуется вести конспект лекций: кратко и схематично фиксировать основные идеи, выводы и обобщения лекции; выделять важные мысли, ключевые слова и термины. Необходимо отметить вопросы или материалы, которые вызывают затруднения, и попытаться найти ответы в рекомендованной литературе. Если разобраться в материале не удастся, следует сформулировать вопрос и задать его преподавателю на консультации или во время семинарского (практического) занятия.

*Семинар* – это форма учебной деятельности, проводимая в учебном заведении под руководством преподавателя, где студенты активно участвуют в обсуждениях, практических заданиях и других формах взаимодействия.

Для успешной подготовки к семинару рекомендуется заранее ознакомиться с темой занятия и основными материалами, чтобы иметь возможность активно участвовать в обсуждении. Также полезно подготовить вопросы и идеи для обсуждения, что поможет глубже понять материал и продемонстрировать заинтересованность.

*Домашнее задание* – набор задач по темам недели.

При работе над домашними заданиями важно внимательно ознакомиться с требованиями и сроками выполнения. Рекомендуется разбивать задания на этапы, чтобы избежать перегрузки и лучше усвоить материал. Использовать различные источники информации, включая учебники и онлайн-ресурсы, для более глубокого понимания темы.

*Творческое задание* — это форма учебной деятельности, где студенты самостоятельно разрабатывают оригинальные проекты, интегрируя математические методы и компьютерные технологии для решения нестандартных задач и демонстрации инновационного мышления.

Для успешного выполнения творческого задания рекомендуется глубоко исследовать тему, экспериментировать с различными подходами и документировать процесс, чтобы не только решить задачу, но и представить результаты в виде отчета или презентации,

подчеркивающей креативность и практическую применимость.

*Проект* – исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов.

Для успешной подготовки к проекту рекомендуется: четко определить цели и задачи проекта; составить план работы, разбив проект на этапы с указанием сроков выполнения каждого из них; использовать разнообразные источники информации и инструменты для исследования темы; регулярно проверять прогресс и вносить коррективы в план, если это необходимо.

Бонусные баллы — это оценки, которые студенты могут получить за выполнение дополнительных заданий.

Формат бонусных баллов позволяет студентам улучшить общую оценку по дисциплине (модулю) и стимулирует углубленное изучение материала.

*Самостоятельная работа* – работа студентов, направленная на углубленное изучение отдельных тем и вопросов учебной дисциплины (модуля).

В процессе самостоятельной работы студенты взаимодействуют с рекомендованными материалами при минимальном участии преподавателя. Задачи студента включают работу с конспектами лекций (обработка текста), повторное изучение учебных материалов планов и тезисов ответов, изучение дополнительных тем, выполнение учебно-исследовательских заданий и другое.

#### **Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю)**

**Критерии получения уровня и оценивания сформированности компетенций по дисциплине (модулю) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения»**

Оценивание уровня учебных достижений, обучающихся по дисциплине (модулю), осуществляется в виде текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

**Промежуточная аттестация** по дисциплине (модулю) осуществляется в форме *зачёта с оценкой*, при этом проводится оценка компетенций, сформированных по дисциплине.

Для оценивания текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации используется десятибалльная шкала оценивания, которая соотносится с традиционной пятибалльной шкалой следующим образом, если иное не указано в силлабусе дисциплины:

| Десятибалльная<br>оценка | Пятибалльная<br>оценка | Общая характеристика результата обучения по<br>дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 10                       | Отлично                | Студент полностью владеет знаниями, изложенными в рабочей программе, и глубоко осмысляет дисциплину. Он самостоятельно и логически последовательно отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее важном. Умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя ключевые моменты и устанавливая причинно-следственные связи. Четко формулирует ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет |
| 9                        | Отлично                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| 8                        | Отлично                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |

| Десятибалльная оценка | Пятибалльная оценка | Общая характеристика результата обучения по дисциплине (модулю)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-----------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                       |                     | связывать теоретические аспекты дисциплины (модуля) с практическими задачами.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 7                     | Хорошо              | Студент обладает знаниями предмета почти в полном объеме рабочей программы и самостоятельно, логически последовательно и всесторонне отвечает на все вопросы, акцентируя внимание на наиболее значимых моментах. Он умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать изученный материал, выделяя его ключевые аспекты и устанавливая причинно-следственные связи. Формулирует свои ответы, уверенно интерпретирует результаты анализов и других исследований, а также решает сложные ситуационные задачи. Студент хорошо знаком с методами исследования, необходимыми для практической деятельности, и умеет связывать теоретические аспекты предмета с практическими задачами. |
| 6                     | Хорошо              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5                     | Удовлетворительно   | Студент обладает базовыми знаниями по дисциплине (модулю), но испытывает трудности при самостоятельных ответах и использует неточные формулировки. В ходе ответов он допускает ошибки, касающиеся сути вопросов. Студент способен решать только самые простые задачи и владеет лишь минимальным набором методов исследования.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 4                     | Удовлетворительно   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3                     | Не сдан             | Студент не овладел обязательным минимумом знаний по предмету и не может ответить на вопросы, даже если преподаватель задает дополнительные наводящие вопросы.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 1                     | Не сдан             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

Дисциплина (модуль) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения» оценивается следующим образом:

| Активность         | Вес | Описание                                                                                                               |
|--------------------|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Домашние задания   | 60% | Набор задач по темам недели                                                                                            |
| Творческое задание | 10% | Форма учебной деятельности, где студентам предлагается разработать оригинальный проект или решить нестандартную задачу |
| Зачёт с оценкой    | 30% | Проект - Исследовательская работа по дисциплине (модулю) и презентация результатов                                     |

В рамках изучения дисциплины (модуля) возможно получение бонусных баллов.

**Формула расчёта итоговой оценки по дисциплине (модулю) «Эксплуатация и внедрение моделей машинного обучения»:**  $0,6 \times \text{среднее за домашние задания} + 0,1 \times \text{творческое задание} + 0,3 \times \text{зачёт с оценкой}$ .

**Текущий контроль успеваемости обучающихся по дисциплине (модулю)**

**Примерные домашние задания**

### **Домашнее задание 1.**

1. Опишите три основные области применения машинного обучения в современной индустрии и приведите по одному примеру для каждой.
2. Расскажите о ключевых ролях и обязанностях ML инженера в проекте по разработке ML-системы.
3. Составьте список из пяти популярных инструментов или библиотек, используемых ML инженерами, и кратко опишите назначение каждого.
4. Найдите и проанализируйте статью или кейс о внедрении ML в бизнес-процесс: какие задачи решались, и какую роль играл ML инженер?
5. Опишите, какие навыки и знания необходимы ML инженеру для эффективной работы с большими данными и развертыванием моделей.

### **Домашнее задание 2.**

1. Соберите небольшой датасет (например, с открытых источников) и опишите процесс его очистки: какие шаги вы предприняли и почему.
2. Проведите базовый анализ данных: рассчитайте основные статистики (среднее, медиану, стандартное отклонение) для выбранных числовых признаков.
3. Постройте визуализации данных (гистограммы, scatter plot, boxplot) и сделайте выводы о распределении и взаимосвязях признаков.
4. Опишите методы обработки пропущенных значений и выбросов, которые вы применили к своему датасету.
5. Подготовьте данные для обучения модели: выполните нормализацию или стандартизацию признаков и объясните выбор метода.

### **Домашнее задание 3.**

1. Сформулируйте гипотезу для ML эксперимента на основе выбранного датасета и опишите критерии успеха модели.
2. Опишите, как можно использовать систему трекинга экспериментов (например, MLflow или Weights & Biases) для управления экспериментами.
3. Проведите эксперимент по обучению модели с разными параметрами и зафиксируйте результаты (метрики качества). Сделайте выводы о влиянии параметров на качество.
4. Опишите основные шаги по оптимизации модели для продакшена (например, уменьшение размера, ускорение инференса).
5. Создайте простой REST API (например, с использованием Flask или FastAPI) для развертывания обученной модели и опишите процесс её вызова.

### **Примерное описание задания и критерии оценивания к творческому заданию**

Нужно разработать и представить концепцию промышленного решения на основе модели машинного обучения (или большой языковой модели), включающую полный цикл её жизнедеятельности: от управления данными и трекинга экспериментов до деплоя, мониторинга, автоматизации и масштабирования.

Задание может быть выполнено в виде прототипа, архитектурной схемы, технического описания или демонстрационного проекта. Студенты выбирают реальную

или вымышленную бизнес-задачу (например, рекомендательная система, чат-бот на основе `llm`, детектор мошенничества) и проектируют `mlops`- или `llmops`-процессы для её решения.

Работа должна отражать понимание различий между оффлайн и онлайн сценариями, подходов к версионированию данных и моделей, организации пайплайнов, настройке мониторинга и обеспечению отказоустойчивости.

Критерии оценивания творческого задания:

- полнота охвата этапов жизненного цикла модели: управление данными, трекинг экспериментов, обучение, деплой, мониторинг и автоматизация;

- обоснованность выбора архитектуры и инструментов (например, `mlflow`, `dagshub`, `kubeflow`, `tensorrt`, `langchain`, `vector db` и др.) с учётом требований к масштабируемости и отказоустойчивости;

- наличие элементов автоматизации процессов обучения и обновления модели, включая `ci/cd`-подходы;

- реализация или описание механизма мониторинга: отслеживание дрейфа данных, качества предсказаний, задержек инференса и других ключевых метрик;

- интеграция больших языковых моделей (в случае `llm`-задачи): способ встраивания, управление контекстом, безопасность, `cost control` и оптимизация производительности.

### — Примерное задание для проекта

#### Задание для проекта, кейс от ООО «Аренадата Софтвр»

Студентам предлагается разработать защищённую платформу для разработки и эксплуатации ИИ-сервисов:

##### 1. Описание задания:

Организации, которые создают и эксплуатируют решения на основе данных и машинного обучения, сталкиваются с длительным развёртыванием рабочих сред, разрозненными учётными записями, неодинаковой конфигурацией серверов и отсутствием единой точки управления базами данных и виртуальными рабочими местами.

Студенческая команда должна спроектировать и развернуть в учебном изолированном контуре прототип централизованной платформы для команды аналитиков, разработчиков и инженеров эксплуатации.

##### 2. Этапы работы:

- В `VMmanager` создать виртуальную инфраструктуру, шаблоны машин, сети, роли и ограничения ресурсов.

- На базе `Astra Linux Special Edition` подготовить серверные и пользовательские виртуальные машины, настроить службы, журналирование и базовые меры защиты.

- В `ALD Pro` организовать домен, группы пользователей и централизованное управление доступом.

- В `Tantor` развернуть базу данных для хранения метаданных наборов данных, экспериментов и версий моделей; настроить роли, резервное копирование и мониторинг.

- В `Termidesk` опубликовать стандартизированные виртуальные рабочие места и назначить их группам пользователей.

- Провести интеграционное тестирование, описать эксплуатационные процедуры и представить работающий стенд.

##### 3. Используемые ресурсы:

- учебные лицензии и дистрибутивы `VMmanager`, `Astra Linux Special Edition`, `ALD Pro`, `Tantor` и `Termidesk`;

- синтетический набор данных и описание предметной области;

- перечень пользовательских ролей и сценариев доступа;

- официальная документация продуктов.

##### 4. Проект считается успешно выполненным, если:

- все компоненты развёрнуты в согласованной архитектуре и доступны в учебном контуре;
- пользователь из назначенной группы может войти в виртуальное рабочее место через Termidesk;
- создание, блокирование и изменение прав пользователя централизованно отражаются на доступе;
- виртуальные машины создаются из подготовленного шаблона и имеют заданные ограничения ресурсов;
- приложение или тестовый клиент подключается к Tantor только с разрешёнными правами;
- выполняется резервное копирование и подтверждён тест восстановления учебной базы;
- события входа, отказов и основных операций фиксируются и доступны для анализа;
- комплект документации позволяет повторить развёртывание и провести проверку;
- команда демонстрирует решение по заранее подготовленному сценарию.

**5. По итогам выполнения проекта студенты должны представить:**

- работающий учебный стенд централизованной платформы;
- архитектурная схема с описанием назначения компонентов и сетевых связей;
- шаблоны виртуальных машин и виртуальных рабочих мест;
- настроенный домен, группы пользователей и правила доступа;
- экземпляр СУБД Tantor с учебной схемой данных, ролями и регламентом резервного копирования;
- комплект сценариев функционального и интеграционного тестирования;
- эксплуатационная инструкция администратора;
- краткая инструкция пользователя;
- итоговая демонстрация и защита решения (15-20 минут).

**Задания для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

| № п/п | Задание                                                                                  | Ответ                                                                                  | Компетенция | Индикатор        |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------|
| 1.    | Назовите основную цель внедрения моделей машинного обучения в промышленную эксплуатацию. | Автоматизация процессов /<br>Получение бизнес-ценности /<br>Масштабирование ML-решений | ППК-Р5      | ППК-Р5.1.<br>3-1 |
| 2.    | Укажите, что такое MLOps и зачем он нужен в индустрии.                                   | Практики для автоматизации жизненного цикла ML-моделей /<br>CI/CD для ML               | МО-2        | МО-2.1. 3-1      |
| 3.    | Объясните, в чём разница между исследовательским и промышленным кодом для ML.            | Промышленный код требует тестируемости, масштабируемости, документации                 | ППК-Р6      | ППК-Р6.3.<br>3-1 |
| 4.    | Назовите инструмент для трекинга экспериментов в машинном обучении.                      | MLflow / Weights & Biases / Neptune / DVC                                              | МО-2        | МО-2.2. У-2      |

|     |                                                                            |                                                                                 |        |               |
|-----|----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|
| 5.  | Укажите метрику, важную для мониторинга качества ML-модели в продакшене.   | Accuracy / Precision / Recall / Drift Metrics / Latency                         | МО-2   | МО-2.3. 3-1   |
| 6.  | Назовите метод валидации модели перед деплоем в продакшен.                 | A/B тестирование / Canary Deployment / Shadow Mode                              | ППК-Р6 | ППК-Р6.4. 3-1 |
| 7.  | Объясните, зачем применяется версионирование данных в ML-проектах.         | Для воспроизводимости экспериментов / Отслеживания изменений в данных           | МО-2   | МО-2.2. 3-1   |
| 8.  | Назовите формат экспорта модели для deployment в промышленную среду.       | ONNX / TorchScript / PMML / SavedModel                                          | ППК-Р5 | ППК-Р5.4. 3-3 |
| 9.  | Укажите, что такое data drift и почему это проблема в продакшене.          | Изменение распределения входных данных / Деградация качества модели             | МО-2   | МО-2.3. У-1   |
| 10. | Назовите технику, используемую для автоматизации переобучения моделей.     | Scheduled Retraining / Auto-retraining Pipeline / Trigger-based Retraining      | МО-2   | МО-2.4. У-1   |
| 11. | Объясните, в чём особенность деплоя больших языковых моделей (LLM).        | Высокие требования к памяти / Специализированный инференс / Оптимизация latency | ППК-Р5 | ППК-Р5.3. 3-1 |
| 12. | Назовите архитектуру для масштабирования ML-сервисов под высокую нагрузку. | Kubernetes / Docker Swarm / Microservices / Load Balancing                      | ППК-Р6 | ППК-Р6.4. У-1 |
| 13. | Укажите, что такое model registry и зачем он нужен.                        | Реестр версий моделей / Управление жизненным циклом моделей                     | МО-2   | МО-2.2. У-2   |
| 14. | Назовите метрику для мониторинга задержки инференса ML-модели.             | Latency / P95 / P99 / Throughput / QPS                                          | МО-2   | МО-2.3. 3-1   |
| 15. | Объясните, зачем применяется контейнеризация ML-моделей.                   | Для воспроизводимости среды / Упрощения деплоя / Изоляции зависимостей          | ППК-Р6 | ППК-Р6.4. 3-1 |
| 16. | Назовите подход к обеспечению отказоустойчивости ML-сервиса.               | Репликация / Health Checks / Circuit Breaker / Retry Logic                      | ППК-Р5 | ППК-Р5.3. У-2 |
| 17. | Укажите, что такое CI/CD пайплайн для машинного обучения.                  | Автоматизация тестирования, сборки и деплоя ML-моделей                          | МО-2   | МО-2.1. У-1   |

|     |                                                                                      |                                                                                       |        |               |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------|---------------|
| 18. | Назовите инструмент для оркестрации ML-пайплайнов.                                   | Airflow / Kubeflow / MLflow Pipelines / Prefect                                       | МО-2   | МО-2.4. 3-1   |
| 19. | Объясните, зачем нужен мониторинг концептуального дрейфа (concept drift).            | Для обнаружения изменений в зависимости между признаками и целевой переменной         | МО-2   | МО-2.3. У-1   |
| 20. | Назовите современный тренд в эксплуатации LLM в индустрии.                           | LLMOps / AI Agents / RAG / Fine-tuning as a Service                                   | ППК-Р5 | ППК-Р5.1. У-3 |
| 21. | Какой тип базы данных подходит для хранения метрик экспериментов и логов моделей?    | Time-series DB / InfluxDB / PostgreSQL / MLflow Tracking                              | ППК-Р4 | ППК-Р4.2. 3-1 |
| 22. | Какой метод используется для оптимизации запросов к данным мониторинга ML-моделей?   | Индексирование / Partitioning / Caching / Aggregation                                 | ППК-Р4 | ППК-Р4.3. У-2 |
| 23. | Какой принцип Agile применяется в разработке ML-проектов?                            | Scrum / Kanban / Iterative / Sprint / MLOps Sprint                                    | РГ-4   | РГ-4.1. 3-1   |
| 24. | Что означает аббревиатура CI/CD в контексте MLOps?                                   | Continuous Integration / Continuous Delivery                                          | МО-2   | МО-2.1. 3-1   |
| 25. | Какой инструмент используется для версионирования моделей и артефактов в MLOps?      | MLflow / DVC / Weights & Biases / Neptune / Model Registry                            | МО-2   | МО-2.2. У-2   |
| 26. | Какая метрика важна для мониторинга бизнес-эффекта ML-модели в продакшене?           | ROI / Conversion Rate / Revenue Impact / Cost Savings                                 | МО-2   | МО-2.3. 3-1   |
| 27. | Какой процесс позволяет автоматизировать переобучение модели при обнаружении дрейфа? | Auto-retraining Pipeline / Trigger-based Retraining / Drift Detection                 | МО-2   | МО-2.4. У-1   |
| 28. | Какой навык необходим для распределения задач в команде MLOps-инженеров?             | Лидерство / Делегирование / Планирование / Sprint Planning                            | РГ-1   | РГ-1.1. У-1   |
| 29. | Как называется документ, описывающий архитектуру ML-системы для продакшена?          | Техническая спецификация / Архитектурное описание / System Design                     | ППК-Р5 | ППК-Р5.2. 3-2 |
| 30. | Какой принцип чистого кода важен при разработке ML-пайплайнов?                       | DRY / SOLID / KISS / Modular Design / Reproducibility                                 | ППК-Р6 | ППК-Р6.3. 3-1 |
| 31. | Что такое технический долг в контексте ML-проектов?                                  | Накопленные проблемы кода / Устаревшие модели / Отсутствие документации / Quick Fixes | РГ-4   | РГ-4.3. У-1   |

|     |                                                                                        |                                                                          |               |                   |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| 32. | Какой инструмент ИИ помогает генерировать код для ML-пайплайнов и деплоя?              | GitHub Copilot / ChatGPT / Cursor / Codeium                              | ППК-P7        | ППК-P7.1. У-1     |
| 33. | Что необходимо учитывать при использовании ИИ-кода с точки зрения этики в ML-проектах? | Лицензирование / Безопасность / Конфиденциальность данных / Bias         | ППК-P7        | ППК-P7.4. 3-1     |
| 34. | Какой метод используется для проверки гипотез в эксперименте с ML-моделью?             | A/B тестирование / T-test / ANOVA / Statistical Significance             | ППК-ДА5       | ППК-ДА5.2. У-2    |
| 35. | Как называется процесс сбора информации о требованиях к ML-системе для продакшена?     | Интервью / Анализ требований / Business Analysis / Stakeholder Interview | ППК-ДА4       | ППК-ДА4.1. У-1    |
| 36. | Какой навык важен для презентации результатов внедрения ML-модели заказчику?           | Коммуникация / Визуализация / Презентация / Storytelling                 | УНК-01 (УК-4) | УНК-01.01.01. У-1 |
| 37. | Какое действие проявляет поддержку коллег в команде разработки ML-систем?              | Наставничество / Code Review / Обратная связь / Knowledge Sharing        | УНК-02 (УК-3) | УНК-02.01.01. У-5 |
| 38. | Какой инструмент используется для управления задачами в ML-проекте?                    | Jira / Trello / Asana / GitHub Projects / Linear                         | РГ-4          | РГ-4.1. 3-1       |
| 39. | Что такое стратегия развертывания промышленной ML-системы?                             | Canary / Blue-Green / Rolling / Shadow Mode / Feature Flags              | ППК-P6        | ППК-P6.4. 3-1     |
| 40. | Какой метод используется для оптимизации инференса ML-модели на продакшене?            | Model Pruning / Quantization / ONNX / TensorRT / Model Distillation      | ППК-P6        | ППК-P6.3. У-1     |
| 41. | Как называется план процесса разработки ML-продукта?                                   | Roadmap / План проекта / Gantt Chart / Timeline / Sprint Plan            | РГ-2          | РГ-2.2. У-1       |
| 42. | Какой принцип важен при проектировании архитектуры ML-системы для продакшена?          | Modularity / Scalability / Fault Tolerance / Low Latency / Observability | ППК-P5        | ППК-P5.3. 3-1     |
| 43. | Как называется процесс адаптации к изменениям в требованиях к ML-модели?               | Change Management / Adaptation / Model Retraining / Feedback Loop        | РГ-2          | РГ-2.3. 3-1       |
| 44. | Какой инструмент используется для поиска уязвимостей в коде ML-систем?                 | SAST / Security Scan / Static Analysis / Dependency Check                | ППК-P7        | ППК-P7.2. 3-1     |
| 45. | Как называется метод интерпретации рекомендаций ИИ по оптимизации ML-кода?             | Code Review / Validation / Manual Verification / Security Audit          | ППК-P7        | ППК-P7.3. У-2     |

|     |                                                                                                          |                                                                                |               |                   |
|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------|---------------|-------------------|
| 46. | Что такое долгосрочное хранение данных экспериментов и артефактов в ML-проектах?                         | Data Lake / Artifact Store / Model Registry / MLflow Tracking                  | ППК-Р4        | ППК-Р4.2. У-2     |
| 47. | Какой навык необходим для работы в команде над проектом внедрения ML-моделей?                            | Коллаборация / Коммуникация / Teamwork / Cross-functional Collaboration        | УНК-02 (УК-3) | УНК-02.01.01. У-5 |
| 48. | Как называется процесс оценки результатов проверки работоспособности ML-системы?                         | Testing / Validation / QA / Integration Testing / Performance Testing          | РГ-1          | РГ-1.2. У-2       |
| 49. | Какой метод используется для выявления бизнес-проблем в проекте внедрения ML?                            | Анализ предметной области / Business Analysis / Problem Framing / ROI Analysis | ППК-ДА4       | ППК-ДА4.2. У-1    |
| 50. | Как называется документация, оформленная в соответствии с профессиональными стандартами для ML-проектов? | Техническая документация / API Docs / Model Cards / Runbooks                   | УНК-01 (УК-4) | УНК-01.02.01. У-3 |