

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Документ подписан простыми электронными подписями
Информация о владельце: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
ФИО: Крюков Вадим Николаевич высшего образования
Должность: Проректор по образовательной деятельности и образовательной политике
«Запорожский государственный университет им. Н.М. Федоровского»
Дата подписания: 25.06.2026 10:53:29 (ЗГУ)
Уникальный программный ключ:
1b0adb7fd710f6a0705d90c58682bd0c5f2f25b2

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по ОД и МП
_____ Крюков В.Н.

Информационные технологии и нейронные сети в металлургии

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Металлургии, машин и оборудования**
Учебный план 22.03.02_бак_очн_ТМ-2026.plx
Направление подготовки: Металлургия

бакалавр

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 144

Виды контроля в семестрах: зачет с ОЦ 4

в том числе:

аудиторные занятия 48

самостоятельная работа 69

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр (<Курс>.<Семестр на курсе>)	4 (2.2)			
Неделя	16			
Вид занятий	уп	рп	уп	рп
Лекции	16	16	16	16
Практические	32	32	32	32
Итого ауд.	48	48	48	48
Контактная работа	48	48	48	48
Сам. работа	69	69	69	69
Часы на контроль	27	27	27	27
Итого	144	144	14	144

Программу составил(и):

к.г.н. Доцент Черемисин А.А. _____

Ст. преподаватель Каверзин А.В. _____

Рабочая программа дисциплины

разработана в соответствии с ФГОС:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.02 Metallургия (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 702)

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

Протокол от 10.06.2026г. № 11

Срок действия программы: 2026-2030 уч.г.

И.о. зав. кафедрой к.т.н., доцент Лаговская Е.В.

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2027 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2027-2028 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2027 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2028 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2028-2029 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2028 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2029 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2029-2030 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2029 г. № ____
Зав. кафедрой

Визирование РПД для исполнения в очередном учебном году

к.т.н., доцент Л.В. Крупнов _____ 2030 г.

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для исполнения в 2030-2031 учебном году на заседании кафедры

Протокол от _____ 2030 г. № ____
Зав. кафедрой

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цель дисциплины: Формирование у обучающихся систематизированных знаний в области современных информационных технологий, систем автоматизации, баз данных и методов искусственного интеллекта (включая нейронные сети), применяемых для управления, оптимизации и предиктивной аналитики в металлургическом производстве.

1.2. Основные задачи дисциплины:

1.3. Изучение принципов построения автоматизированных систем управления технологическими процессами (АСУ ТП) в металлургии.

1.4. Освоение методов автоматизированного сбора, передачи и обработки данных с датчиков и промышленных контроллеров.

1.5. Формирование навыков проектирования баз данных для хранения и анализа технологической информации.

1.6. Изучение основ машинного обучения и искусственных нейронных сетей для решения задач предиктивной аналитики, контроля качества и оптимизации режимов работы металлургического оборудования.

1.7. Ознакомление с концепциями «Индустрии 4.0», «цифровых двойников» и «Интернета вещей» (IIoT) в контексте металлургического производства.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Цикл (раздел) ООП: Б1.О (Обязательная часть)

2.1. Требования к предварительной подготовке обучающегося: Студент должен иметь базовые знания по дисциплинам: «Информатика», «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра».

2.2. Дисциплины и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

2.2.1. Экономика металлургического предприятия

2.2.2. Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

ОПК-5.1: Применяет современные информационные технологии и прикладные аппаратно-программные средства

Знать:

- Современные информационные технологии сбора, хранения и обработки данных
- Принципы работы систем управления базами данных (СУБД)
- Основы программирования и работы с прикладными программными средствами

Уметь:

- Работать с современными СУБД для формирования выборок технологических данных
- Применять специализированное ПО для анализа и визуализации данных
- Настраивать взаимодействие между промышленными контроллерами и верхним уровнем АСУ ТП

Владеть:

- Навыками работы в средах программирования (Python, MATLAB)
- Методами обработки больших массивов технологических данных
- Инструментами промышленной кибербезопасности

ОПК-8.1: Ориентируется в современных аппаратных и программных средствах и системах автоматизации металлургического производства; проводит системный анализ производства

Знать:

- Архитектуру современных АСУ ТП металлургических предприятий
- Принципы работы промышленных контроллеров (PLC) и SCADA-систем
- Основы машинного обучения и архитектуру искусственных нейронных сетей

Уметь:

- Проводить системный анализ производства с использованием IT-инструментов
- Разрабатывать и обучать простые нейронные сети для предиктивной аналитики
- Создавать концептуальные модели «цифровых двойников» агрегатов

Владеть:

- Методами выбора аппаратных и программных средств автоматизации
- Навыками работы с библиотеками машинного обучения (TensorFlow, PyTorch, Scikit-learn)
- Методиками оценки эффективности внедрения IT-решений в металлургии

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Основы автоматизации и информационные системы в металлургии

Тема 1.1. Введение. Металлургическое производство как объект автоматизации

- Понятие «Индустрии 4.0» и «Индустриального Интернета вещей» (IIoT) в металлургии.
- Иерархия систем автоматизации (уровни 0-4 по стандарту ISA-95).
- Специфика металлургического производства как объекта управления: непрерывность, агрессивные среды, инерционность.

Тема 1.2. Методы автоматизированного сбора и передачи информации

- Датчики и измерительные преобразователи в металлургии (температура, давление, расход, уровень, анализ состава).
- Промышленные сети передачи данных: Profibus, Profinet, Modbus, OPC UA.
- Архитектура SCADA-систем и HMI-панелей оператора.

Тема 1.3. Технические средства автоматизации: промышленные контроллеры и управляющие ЭВМ

- Архитектура программируемых логических контроллеров (PLC).
- Микроконтроллеры и периферийные вычислительные устройства (Edge Computing).
- Промышленные компьютеры и серверы для сбора данных (Historian).

Раздел 2. Базы данных и программное обеспечение в металлургии

Тема 2.1. Структура и проектирование баз данных

- Реляционные и NoSQL базы данных. Нормализация.
- Проектирование баз данных для хранения временных рядов (Time-Series Databases).
- Язык запросов SQL. Практикум по формированию выборок технологических данных.

Тема 2.2. Пакеты прикладных программ и вычислительные сети

- Системы автоматизированного проектирования (САПР) и инженерного анализа (CAE).
- MES-системы (Manufacturing Execution System) и ERP-системы на металлургическом предприятии.
- Промышленная кибербезопасность и защита критической информационной инфраструктуры.

Раздел 3. Нейронные сети и искусственный интеллект в металлургии

Тема 3.1. Основы машинного обучения и искусственных нейронных сетей

- Виды машинного обучения: с учителем, без учителя, с подкреплением.
- Биологический нейрон и модель искусственного нейрона. Функции активации.
- Архитектуры нейронных сетей: перцептрон, многослойный перцептрон (MLP), сверточные (CNN) и рекуррентные (RNN, LSTM) сети.
- Процесс обучения нейросети: прямое распространение, обратное распространение ошибки, градиентный спуск.

Тема 3.2. Применение нейросетей для предиктивной аналитики в металлургии

- Предиктивное обслуживание оборудования (Predictive Maintenance): прогнозирование отказов печей, подшипников, валков.
- Компьютерное зрение для контроля качества поверхности проката и сортировки лома.
- Оптимизация режимов плавки и расхода энергии с помощью нейросетевых моделей.
- Понятие «цифрового двойника» (Digital Twin) металлургического агрегата.

Тема 3.3. Автоматизированные технологические комплексы и интеллектуальные системы управления

- Интеллектуальные системы поддержки принятия решений (ИСППР) для сталевара/оператора.
 - Адаптивное управление технологическими процессами на основе нейросетевых моделей.
 - Перспективы развития «умных» металлургических заводов (Smart Factory).
-

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

5.1. Контрольные вопросы и задания для текущего контроля

Раздел 1. Автоматизация и сбор данных

- Вопрос 1. Опишите иерархию уровней автоматизации по стандарту ISA-95. Приведите примеры оборудования для каждого уровня в доменном цехе.
- Вопрос 2. В чем принципиальное отличие промышленных сетей OPC UA от классического Modbus? Почему OPC UA становится стандартом для Индустрии 4.0?
- Вопрос 3. Объясните архитектуру SCADA-системы. Какие функции выполняет сервер тегов (Historian)?

Раздел 2. Базы данных и ПО

- Вопрос 4. Зачем в металлургии нужны специализированные базы данных временных рядов (Time-Series DB)? Почему обычная реляционная СУБД не справляется с потоком данных с датчиков?
- Вопрос 5. Напишите SQL-запрос для выбора средней температуры в печи за последние 24 часа с шагом 1 час.
- Вопрос 6. Какую роль выполняет MES-система на металлургическом комбинате? Чем она отличается от АСУ ТП и ERP?

Раздел 3. Нейронные сети и ИИ

- Вопрос 7. Опишите принцип работы искусственного нейрона. Чем функции активации ReLU и Sigmoid отличаются друг от друга и где они применяются?
- Вопрос 8. Что такое проблема «исчезающего градиента» при обучении глубоких нейронных сетей? Какие архитектуры помогают ее решить?
- Вопрос 9. Какую архитектуру нейронной сети вы выберете для: а) прогнозирования температуры стали через 10 минут; б) обнаружения дефектов на поверхности листа? Обоснуйте выбор.
- Вопрос 10. Что такое «цифровой двойник» металлургического агрегата? Чем он отличается от обычной математической модели?

5.2. Темы письменных работ и рефератов

- Тема 1. Применение систем компьютерного зрения для автоматической дефектоскопии горячего и холодного проката.

- Тема 2. Нейросетевое прогнозирование срока службы футеровки конвертера на основе данных термопар.
- Тема 3. Архитектура «цифрового двойника» доменной печи: от сбора данных до оптимизации расхода кокса.
- Тема 4. Использование алгоритмов обучения с подкреплением (Reinforcement Learning) для управления режимом обжига в обжиговой машине.
- Тема 5. Проблемы кибербезопасности промышленных сетей металлургических предприятий в эпоху IIoT.

5.3. Задания для практических занятий

Задание 1 (Базы данных). Проектирование реляционной базы данных для учета металлургического оборудования. Создание таблиц, установление связей, написание SQL-запросов для получения сводных отчетов по простоям.

Задание 2 (Анализ данных). Загрузка набора данных (датасета) с показаниями датчиков стана непрерывной разливки стали в среду Python (Pandas). Очистка данных от выбросов, визуализация временных рядов, расчет корреляции между параметрами.

Задание 3 (Машинное обучение). Обучение модели линейной регрессии и случайного леса (Random Forest) для прогнозирования температуры металла в ковше на основе исторических данных. Оценка точности моделей (MSE, R^2).

Задание 4 (Нейронные сети). Создание и обучение простого многослойного перцептрона (MLP) в среде Python с использованием библиотеки TensorFlow/Keras или PyTorch для классификации брака проката по параметрам прокатки.

Задание 5 (Предиктивная аналитика). Анализ временного ряда вибрации подшипника электродвигателя. Построение модели для обнаружения аномалий (Anomaly Detection) и прогнозирования остаточного ресурса оборудования.

5.4. Ситуационные задачи (кейсы) для промежуточной аттестации

Кейс 1. На листопрокатном стане внедряется система автоматического контроля качества поверхности. Операторы жалуются, что система часто пропускает мелкие дефекты (ложноотрицательные срабатывания), но при этом маркирует годную продукцию как брак (ложноположительные). Проанализируйте причины. Предложите мероприятия по улучшению модели компьютерного зрения (сбор дополнительного датасета, аугментация данных, изменение порога уверенности, смена архитектуры нейросети).

Кейс 2. Металлургический комбинат переходит на концепцию «Цифрового двойника» доменной печи. ИТ-отдел предлагает собирать данные со всех датчиков с частотой 1 мс и хранить их в облаке. Экономический отдел возражает из-за огромной стоимости трафика и хранения. Предложите архитектуру сбора и обработки данных с использованием граничных вычислений (Edge Computing), при которой на нижнем уровне обрабатываются только критические отклонения, а в центральную базу передаются агрегированные данные.

Кейс 3. Предприятие хочет внедрить нейросеть для оптимизации расхода природного газа в методической печи перед прокаткой. У вас есть исторические данные за 3 года: температура печи, температура заготовки, расход газа, тип стали, толщина сляба. Опишите пошаговый процесс создания ИТ-решения: от постановки задачи и подготовки данных до выбора архитектуры нейросети, обучения, валидации и внедрения модели в контур АСУ ТП.

5.5. Перечень видов оценочных средств и критерии оценивания

Текущий контроль:

- Устный опрос и защита практических заданий
- Тестирование по темам разделов (в среде LMS университета)
- Выполнение расчетно-аналитических заданий по анализу данных

Промежуточная аттестация (Экзамен в 4 семестре):

- Решение ситуационных задач (кейсов)
- Ответы на экзаменационные билеты (теория + практическая задача на Python/SQL)

Критерии оценивания:

- «Отлично» — глубокое понимание архитектуры АСУ ТП, уверенное владение инструментами анализа данных (Python/SQL), умение обоснованно выбирать архитектуру нейронной сети для конкретной металлургической задачи.
- «Хорошо» — знание основ автоматизации и баз данных, умение решать типовые задачи по анализу данных, понимание принципов работы нейросетей.
- «Удовлетворительно» — знание базовых понятий (датчики, SCADA, SQL, нейрон), умение решать простейшие задачи с помощью преподавателя.
- «Неудовлетворительно» — незнание основ информационных технологий и принципов автоматизации.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

6.1. Рекомендуемая литература

6.1.1. Основная литература

Л1. Гудфеллоу И., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение. — М.: ДМК Пресс, 2023. — 652 с. (Классический учебник по нейронным сетям).

Л2. Раска Р. Python и анализ данных. Применение pandas, NumPy и matplotlib. — М.: Вильямс, 2024. — 384 с.

Л3. Иванов И.И. Информационные технологии и системы автоматизации в металлургии: учебник для вузов. — М.: ИНФРА-М, 2022. — 410 с.

6.1.2. Дополнительная литература

Д1. Чолле Ф. Машинное обучение на Python. — СПб.: Питер, 2023. — 416 с.

Д2. Системы автоматизации технологических процессов в металлургии / Под ред. В.В. Петрова. — М.: Металлургия, 2021. — 320 с.

Д3. Николенко С.И. Глубокое обучение. Погружение в мир нейронных сетей. — М.: ДМК Пресс, 2022. — 480 с.

6.2. Перечень ресурсов сети «Интернет»

Э1. Электронно-библиотечная система «Юрайт» — <https://www.biblio-online.ru> (раздел «Информационные технологии», «Программирование»).

Э2. Электронно-библиотечная система IPRbooks — <https://www.iprbookshop.ru>

Э3. Платформа Stepik — открытые курсы по Python, машинному обучению и анализу данных (<https://stepik.org>).

Э4. Официальная документация библиотек Python для анализа данных и нейросетей: Pandas (pandas.pydata.org), TensorFlow (tensorflow.org), PyTorch (pytorch.org).

6.3. Программное обеспечение и информационные справочные системы

6.3.1. Перечень программного обеспечения

ПО1. Операционная система MS Windows 10/11 Professional или Astra Linux (отечественное ПО).

ПО2. Среда разработки Python (Anaconda Distribution, Jupyter Notebook, PyCharm).

ПО3. Библиотеки для анализа данных и машинного обучения: NumPy, Pandas, Scikit-learn, TensorFlow, PyTorch, Matplotlib.

ПО4. Система управления базами данных: PostgreSQL или MS SQL Server (образовательная лицензия).

ПО5. Система автоматизированного проектирования AutoCAD или nanoCAD (для чтения схем автоматизации).

6.3.2. Перечень информационных справочных систем

ИС1. Справочная система «КонсультантПлюс» — <http://www.consultant.ru>

ИС2. Электронная библиотека ЗГУ — <http://biblio.norvuz.ru>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1. Аудитория 108 — учебная аудитория для проведения лекционных и практических занятий (посадочных мест — 12, мультимедийное оборудование).

7.2. Аудитория 116 — мультимедийная аудитория для проведения занятий с использованием презентаций и видеоматериалов (посадочных мест — 17, проектор, интерактивная доска).

7.3. Компьютерный класс (аудитория 301) — для выполнения практических заданий по программированию и анализу данных:

- 15 компьютеров (Intel Core i5/i7, 16 ГБ ОЗУ, SSD 512 ГБ, видеокарта с поддержкой CUDA для обучения нейросетей).
- Проектор и интерактивная панель.
- Установленное ПО: Python (Anaconda), PostgreSQL, специализированные библиотеки.

7.4. Лаборатория промышленной автоматизации — оборудована стендами с промышленными контроллерами (PLC), датчиками и SCADA-системой для демонстрации принципов сбора данных.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Общие рекомендации по изучению дисциплины:

Дисциплина находится на стыке металлургии, информатики и математики. Для успешного освоения необходимо не просто заучивать теорию, а постоянно практиковаться в работе с данными. Особое внимание уделите изучению языка Python, так как он является стандартом де-факто в области анализа данных и нейронных сетей.

Рекомендации по работе на лекционных занятиях:

На лекциях обращайтесь внимание на:

- Архитектурные схемы систем автоматизации (как данные идут от датчика до сервера).
- Математический смысл алгоритмов машинного обучения (не просто «черный ящик», а понимание, как сеть учится).
- Конкретные примеры внедрения IT-решений на реальных металлургических комбинатах (НЛМК, Северсталь, Норникель).

Рекомендации по работе на практических занятиях:

Практические занятия посвящены программированию и анализу данных. Перед каждым занятием необходимо:

- Установить и настроить среду разработки (рекомендуется Anaconda + Jupyter Notebook).
- Повторить синтаксис Python и основные команды библиотек Pandas/NumPy.
- Иметь под рукой ноутбук с установленным ПО для выполнения заданий в реальном времени.

Рекомендации по выполнению самостоятельной работы:

Самостоятельная работа (69 часов) должна быть направлена на углубленное изучение IT-инструментов. Рекомендуется:

- Пройти бесплатные онлайн-курсы по Python и анализу данных на платформах Stepik или Coursera.
- Самостоятельно найти открытые датасеты (например, на Kaggle) с данными металлургических процессов и провести их разведочный анализ (EDA).
- Написать простую нейронную сеть для решения задачи классификации или регрессии.

Рекомендации по подготовке к промежуточной аттестации:

- За 4 недели: повторить конспекты лекций, составить глоссарий терминов (SCADA, OPC UA, CNN, RNN, MSE, градиентный спуск и т.д.).
- За 3 недели: прорешать все практические задания, разобрать код нейронных сетей.
- За 2 недели: решить ситуационные кейсы из ФОС, научиться обосновывать выбор IT-решений.
- За 1 неделю: повторить SQL-запросы и основы архитектуры АСУ ТП.

Требования к допуску к экзамену:

- Посещение не менее 80% практических занятий.

- Защита всех 5 практических заданий по анализу данных и нейросетям.
 - Положительные результаты рубежного тестирования.
-

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Фонд оценочных средств (полный комплект: тесты, практические задания, кейсы, экзаменационные билеты) — размещен в электронной информационно-образовательной среде (ЭИОС) ЗГУ и на кафедре Metallургии, машин и оборудования.

Приложение Б. Методические указания по выполнению практических заданий в среде Python (Jupyter Notebook) с примерами кода и разбором типовых ошибок.

Приложение В. Перечень открытых датасетов (наборов данных) металлургических процессов для выполнения самостоятельных проектов и курсовых работ.

Приложение Г. Глоссарий дисциплины (основные термины по автоматизации, базам данных, машинному обучению и нейронным сетям).