

## Рабочая программа дисциплины

# Глубокое обучение в производственных цепях

Закреплена за подразделением Кафедра промышленного менеджмента

Направление подготовки 01.03.05 СТАТИСТИКА

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **5 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 180

в том числе:

аудиторные занятия 72

самостоятельная работа 108

Формы контроля:

зачет 8

### Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр ( <b>&lt;Курс&gt;.&lt;Семестр на курсе&gt;</b> )	<b>8 (4.2)</b>		Итого	
Неделя	12 4/6			
Вид занятий	УП	РП	УП	РП
Лекции	36	36	36	36
Практические	36	36	36	36
Итого ауд.	72	72	72	72
Контактная работа	72	72	72	72
Сам. работа	108	108	108	108
В том числе сам. работа в рамках ФОС				
Итого	180	180	180	180

Программу составил(и):

-, *асс., Романенко Егор Олегович*

Рабочая программа дисциплины

**Глубокое обучение в производственных цепях**

Разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ МИСИС, приказ № 796 о.в. от 10.12.2025.

Составлена на основании учебного плана:

01.03.05 СТАТИСТИКА, 01.03.05-БСТ-26.plx, утвержденного Ученым советом НИТУ МИСИС в составе соответствующей ОПОП ВО 20.11.2025, протокол № 9-25.

Утверждена в составе ОПОП ВО:

01.03.05 СТАТИСТИКА, утвержденной Ученым советом НИТУ МИСИС 20.11.2025, протокол № 9-25.

Рабочая программа одобрена на заседании

**Кафедра промышленного менеджмента**

Протокол от 21.01.2025 г., №5.

Руководитель подразделения Костюхин Юрий Юрьевич, д.э.н., доцент.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ	
1.1	Целью освоения дисциплины является формирование у обучающихся теоретических знаний и практических навыков применения моделей глубокого обучения для решения актуальных задач в производственных и логистических цепях, таких как прогнозирование спроса, оптимизация запасов, контроль качества продукции и предиктивное обслуживание оборудования.

2. МЕСТО В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Блок ОП: Б1.В.ДВ.09	
2.1	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Нейронные сети и основы машинного обучения
2.1.2	Производственная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
2.1.3	Data-driven визуализация
2.1.4	Машинное обучение
2.1.5	Инструменты визуальной аналитики
2.2	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>

3. РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ	
<b>ПК-10: Способен планировать и организовывать аналитическую инфраструктуру для обработки больших данных, определять требования и источники данных</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-10-31 Типы данных в производственных цепях (данные с датчиков, временные ряды, изображения); требования к данным для обучения нейронных сетей (объем, разметка, качество); основы построения конвейеров (pipelines) для сбора и предварительной обработки данных.	
<b>ПК-11: Способен разрабатывать, внедрять и оптимизировать модели и алгоритмы анализа больших массивов данных с применением современных технологий</b>	
<b>Знать:</b>	
ПК-11-31 Основы глубокого обучения и архитектуры нейронных сетей (полносвязные, сверточные, рекуррентные); методы оптимизации (градиентный спуск) и регуляризации; ключевые фреймворки (TensorFlow, PyTorch); метрики для оценки качества моделей.	
<b>ПК-10: Способен планировать и организовывать аналитическую инфраструктуру для обработки больших данных, определять требования и источники данных</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-10-У1 Определять источники данных для решения задач в производственных цепях (прогнозирование спроса, дефектоскопия, оптимизация логистики); формализовать требования к качеству и формату данных; планировать этапы сбора и подготовки данных для моделирования.	
<b>ПК-11: Способен разрабатывать, внедрять и оптимизировать модели и алгоритмы анализа больших массивов данных с применением современных технологий</b>	
<b>Уметь:</b>	
ПК-11-У1 Выбирать подходящую архитектуру нейронной сети в зависимости от задачи (прогнозирование, классификация изображений); обучать, тестировать и валидировать модели глубокого обучения; настраивать гиперпараметры для оптимизации производительности модели.	
<b>ПК-10: Способен планировать и организовывать аналитическую инфраструктуру для обработки больших данных, определять требования и источники данных</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-10-В1 Навыками оценки пригодности и достаточности данных для применения моделей глубокого обучения; методами разметки данных; пониманием архитектуры хранения и обработки больших данных для производственных задач.	
<b>ПК-11: Способен разрабатывать, внедрять и оптимизировать модели и алгоритмы анализа больших массивов данных с применением современных технологий</b>	
<b>Владеть:</b>	
ПК-11-В1 Навыками работы с фреймворками глубокого обучения; техниками построения и обучения сверточных сетей для задач компьютерного зрения (контроль качества) и рекуррентными сетями для анализа временных рядов (прогнозирование спроса, предсказание отказов оборудования).	

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ								
Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Формируемые индикаторы компетенций	Литература и эл. ресурсы	Примечание	КМ	Выполняемые работы
	<b>Раздел 1. Раздел 1. Введение в глубокое обучение (DL)</b>							
1.1	Машинное обучение vs. Глубокое обучение. Задачи DL в производственных цепях. /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-10-В1	Л1.2 Л1.3			
1.2	Основы нейронных сетей: перцептрон, функция активации. Полносвязные сети (MLP). /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-10-В1	Л1.2 Л1.3			
1.3	Процесс обучения: функция потерь, градиентный спуск, обратное распространение ошибки. /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-10-В1	Л1.2 Л1.3			
1.4	Построение и обучение простой полносвязной сети на Python (Keras/PyTorch). /Пр/	8	8	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-10-В1	Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 2. Сверточные нейронные сети (CNN) и компьютерное зрение</b>							
2.1	Архитектура CNN: сверточный слой, pooling. Применение в компьютерном зрении. /Лек/	8	2	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
2.2	Сбор и подготовка данных изображений. Аугментация данных. /Пр/	8	2	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
2.3	Популярные архитектуры CNN (LeNet, AlexNet, VGG). Transfer learning. /Лек/	8	2	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
2.4	Построение и обучение CNN для классификации изображений. /Лек/	8	2	ПК-10-31 ПК-11-31 ПК-10-У1 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
2.5	Применение CNN в производственных цепях: визуальный контроль качества, дефектоскопия. /Лек/	8	2	ПК-10-31 ПК-11-31 ПК-10-У1 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			P1
2.6	Решение кейса по обнаружению дефектов на изображениях продукции. /Пр/	8	4	ПК-10-31 ПК-11-31 ПК-10-У1 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3		КМ1	
2.7	Закрепление материала раздела. Выполнение КМ и Р /Ср/	8	36	ПК-10-31 ПК-11-31 ПК-10-У1 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 3. Рекуррентные нейронные сети (RNN) и анализ последовательностей</b>							

3.1	Работа с последовательными данными. Архитектура RNN. Проблема "взрыва" и "затухания" градиентов. /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
3.2	Сети с долгой краткосрочной памятью (LSTM) и Gated Recurrent Unit (GRU). /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
3.3	Подготовка временных рядов для подачи в рекуррентную сеть. /Пр/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
3.4	Построение и обучение LSTM для прогнозирования временного ряда. /Пр/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
3.5	Применение RNN в производственных цепях: прогнозирование спроса, предсказание отказов оборудования (предиктивное обслуживание).  /Лек/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3		КМ2	
3.6	Решение кейса по прогнозированию спроса на основе исторических данных. /Пр/	8	4	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			Р2
3.7	Закрепление материала раздела. /Ср/	8	36	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 4. Оптимизация и развертывание моделей</b>							
4.1	Регуляризация (L1, L2, Dropout) и методы борьбы с переобучением. /Лек/	8	2	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.1 Л1.2 Л1.3			
4.2	Оптимизаторы (Adam, RMSProp). Настройка гиперпараметров.  /Лек/	8	1	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
4.3	Жизненный цикл ML-модели. Введение в MLOps. /Лек/	8	1	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3		КМ3	
4.4	Подбор оптимальных гиперпараметров модели. /Пр/	8	10	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			Р3
4.5	Закрепление материала раздела. /Ср/	8	36	ПК-10-31 ПК-10-У1 ПК-11-31 ПК-11-У1 ПК-11-В1	Л1.2 Л1.3			
	<b>Раздел 5. Подготовка к контрольным мероприятиям и выполняемым работам</b>							
5.1	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к КМ /Ср/	8	0		Л1.2 Л1.3			

5.2	Объем часов самостоятельной работы на подготовку к ВР /Ср/	8	0		Л1.2 Л1.3			
-----	--	---	---	--	-----------	--	--	--

### 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

#### 5.1. Контрольные мероприятия (контрольная работа, тест, коллоквиум, экзамен и т.п), вопросы для самостоятельной подготовки

Код КМ	Контрольное мероприятие	Проверяемые индикаторы компетенций	Вопросы для подготовки
КМ1	Контрольная работа №1: Основы нейронных сетей	ПК-10-31;ПК-10-У1;ПК-10-В1	<p>Что такое нейрон? Функция активации?</p> <p>Опишите архитектуру полносвязной нейронной сети.</p> <p>Что такое функция потерь?</p> <p>В чем суть метода градиентного спуска?</p> <p>Что такое эпоха и размер батча (batch size)?</p> <p>Проблема переобучения.</p>
КМ2	Контрольная работа №2: Сверточные нейронные сети	ПК-11-31;ПК-11-У1;ПК-11-В1	<p>Назначение сверточного слоя.</p> <p>Назначение слоя пулинга (pooling).</p> <p>Что такое аугментация данных и для чего она нужна?</p> <p>Что такое Transfer Learning (перенос обучения)?</p> <p>Приведите 2 примера задач для CNN в производственных цепях.</p> <p>Основные метрики качества для задачи классификации.</p>
КМ3	Контрольная работа №3: Рекуррентные нейронные сети	ПК-10-31;ПК-10-У1;ПК-10-В1;ПК-11-31;ПК-11-У1;ПК-11-В1	<p>Для каких типов данных применяются RNN?</p> <p>Проблема затухания градиентов в простых RNN.</p> <p>Как LSTM решает проблему затухания градиентов?</p> <p>Как подготовить временной ряд для обучения RNN?</p> <p>Приведите 2 примера задач для RNN в производственных цепях.</p> <p>Основные метрики качества для задачи регрессии (прогнозирования).</p>

#### 5.2. Перечень работ, выполняемых по дисциплине (Курсовая работа, Курсовой проект, РГР, Реферат, ЛР, ПР и т.п.)

Код работы	Название работы	Проверяемые индикаторы компетенций	Содержание работы
P1	Практическая работа №1: Классификация изображений продукции	ПК-10-31;ПК-10-У1;ПК-10-В1	На предложенном наборе данных изображений (например, "бракованные" и "качественные" детали) разработать, обучить и оценить сверточную нейронную сеть (CNN) для автоматической классификации продукции.
P2	Практическая работа №2: Прогнозирование временного ряда	ПК-11-31;ПК-11-У1;ПК-11-В1	Используя исторические данные о продажах, построить и обучить рекуррентную нейронную сеть (LSTM или GRU) для прогнозирования спроса на следующий период. Оценить точность прогноза с помощью метрик (например, MAE, RMSE).
P3	Практическая работа №3: Оптимизация нейросетевой модели	ПК-10-31;ПК-10-У1;ПК-10-В1;ПК-11-31;ПК-11-У1;ПК-11-В1	Взяв за основу модель из одной из предыдущих работ, применить различные техники регуляризации (Dropout) и попробовать разные оптимизаторы и скорости обучения. Сравнить результаты и выбрать наилучшую конфигурацию.

**5.3. Оценочные материалы, используемые для экзамена (билеты, тесты и т.п.)**

Экзамен не предусмотрен

**5.4. Методика оценки освоения дисциплины (модуля, практики. НИР)**

Итоговая оценка по дисциплине выставляется на основе суммарного количества баллов, набранных студентом в течение семестра.

«Зачтено» выставляется студенту, набравшему 51 балл и более. Это означает, что студент:

- Продемонстрировал знание и понимание основного теоретического материала.
- Показал способность применять полученные знания для решения практических задач, предусмотренных программой.
- Успешно выполнил минимально необходимый объем контрольных и практических работ.

- В целом способен дать связный ответ по основным темам курса, даже если при этом допускает отдельные неточности.  
«Не зачтено» выставляется студенту, набравшему 50 баллов и менее. Это означает, что студент:

- Имеет существенные пробелы в знании основного материала.
- Не способен применять теоретические знания на практике.
- Не выполнил установленный программой минимум контрольных мероприятий.
- Демонстрирует фрагментарные знания и не может дать удовлетворительный ответ на ключевые вопросы по темам дисциплины.

Оценка за зачет выставляется по итогам выполнения контрольных работ и успеваемости на практических занятиях в течение семестра на основе рейтинга, рассчитанного в системе LMS Moodle.

**6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ****6.1. Рекомендуемая литература****6.1.1. Основная литература**

	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л1.1	Павлов С. И.	Системы искусственного интеллекта: учебное пособие	Электронная библиотека	Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2011
Л1.2	Алпайдин Э.	Машинное обучение: новый искусственный интеллект: пер. с англ.	Библиотека МИСиС	М.: Альпина Паблишер, 2017
Л1.3	Шапиро Л., Стокман Д.	Компьютерное зрение: учебное пособие	Электронная библиотека	Москва: Лаборатория знаний, 2020

**6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

Э1	LMS MISIS	<a href="https://lk.misis.ru/ru/">https://lk.misis.ru/ru/</a>
----	-----------	---

**6.3 Перечень программного обеспечения**

П.1	LMS Moodle
П.2	MS Teams
П.3	Microsoft Office

**6.4. Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных**

И.1	Ресурс Papers With Code (Связь научных статей с кодом и датасетами): <a href="https://paperswithcode.com">https://paperswithcode.com</a>
И.2	Электронная библиотека IEEE Xplore (Статьи по инженерии и компьютерным наукам): <a href="https://ieeexplore.ieee.org">https://ieeexplore.ieee.org</a>
И.3	Архив электронных препринтов arXiv.org (Раздел Computer Science / Machine Learning): <a href="https://arxiv.org">https://arxiv.org</a>
И.4	Платформа для соревнований и хостинга датасетов Kaggle: <a href="https://www.kaggle.com">https://www.kaggle.com</a>
И.5	Официальная документация фреймворка PyTorch: <a href="https://pytorch.org/docs/">https://pytorch.org/docs/</a>
И.6	Официальная документация фреймворка TensorFlow и Keras: <a href="https://www.tensorflow.org/api_docs">https://www.tensorflow.org/api_docs</a>
И.7	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU: <a href="https://www.elibrary.ru">https://www.elibrary.ru</a>
И.8	Репозиторий моделей Hugging Face (Библиотеки Transformers и Datasets): <a href="https://huggingface.co">https://huggingface.co</a>
И.9	Справочная система по библиотеке OpenCV (Компьютерное зрение): <a href="https://docs.opencv.org">https://docs.opencv.org</a>
И.10	Научная электронная библиотека «КиберЛенинка»: <a href="https://cyberleninka.ru">https://cyberleninka.ru</a>

**7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

Ауд.	Назначение	Оснащение
Б-1102	Компьютерный класс	Комплект учебной мебели на 30 рабочих мест, моноблоки для студентов (20 шт.), 1

		маркерная доска, телевизор для презентаций, рабочее место для преподавателя с моноблоком (1 шт). Цифровой флипчарт (передвижной).
Б-1104	Компьютерный класс	Комплект учебной мебели на 30 рабочих мест, моноблоки для студентов (20 шт.), 1 маркерная доска, Телевизор для презентаций, рабочее место для преподавателя с моноблоком (1 шт).
Б-1117	Учебная аудитория	комплект учебной мебели на 42 рабочих мест, 1 компьютер для преподавателя, проектор + мультимедийный экран, 1 маркерная доска
Б-1134	Учебная аудитория (лекторий)	Комплект учебной мебели на 128 рабочих мест, проектор, экран, 1 Цифровой флипчарт (передвижной).
Читальный зал № 3 (Б)	Аудитория для самостоятельной работы	Комплект учебной мебели на 44 места для обучающихся, МФУ Xerox VersaLink B7025 с функцией масштабирования текстов и изображений, 8 ПК с доступом к ИТС «Интернет», ЭИОС университета через личный кабинет на платформе LMS Moodle

#### 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1. Лекции и практические занятия проводятся с использованием компьютерной презентационной программы PowerPoint.
2. Практические занятия проводятся с использованием кейсовых ситуаций.
3. Текущий контроль, контрольные работы и зачет проводятся на основе использования специальных компьютерных программ тестирования знаний навыков и умений студентов.
4. Для самостоятельной работы и текущего контроля в системе «смешанного обучения» студенты используют специальные базы данных (электронные учебники) в среде LMS Moodle по разработанным траекториям.
5. Консультации по курсу проводятся с использованием e-mail и среды LMS Moodle
6. Текущий контроль проводится в электронной форме на компьютерах в центре тестирования кафедры.