

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**Д.А. Гаврилов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Индустрия 4.0 в атомной промышленности
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра физико-технической информатики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: В.С. Володин, преподаватель

Программа обсуждена на заседании кафедры физико-технической информатики 30.08.2023

## Аннотация

В курсе рассматриваются основные технологии индустрии 4.0.

Обучающиеся знакомятся с основными технологиями индустрии 4.0, применяемыми в промышленности: предиктивная аналитика, цифровой двойник сложной технической системы, компьютерное зрение, промышленный интернет вещей. Изучается как отечественный, так и зарубежный опыт применения указанных технологий. Рассматривается применение данных технологий в отечественной атомной промышленности.

Для изучения данной дисциплины студентами должны быть освоены дисциплины математического и естественнонаучного цикла, а также дисциплина «Введение в АСУ ТП АЭС». Дисциплина «Индустрия 4.0 в атомной промышленности» предназначена для формирования теоретических знаний по специальности и необходима для успешного освоения дисциплины «Разработка цифровых продуктов на основе ИИ в промышленности».

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- формирование знания и понимания технологий индустрии 4.0, применяемых в различных отраслях промышленности; изучение зарубежного и отечественного опыта применения указанных технологий; изучение точек внедрения данных технологий в АСУ ТП АЭС.

#### Задачи дисциплины

- формирование знаний на уровне представлений: основные задачи машинного обучения;
- формирование знаний на уровне воспроизведения: точки внедрения технологий индустрии 4.0 в АСУ ТП;
- формирование знаний на уровне понимания: основные технологии индустрии 4.0 в промышленности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации

ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные технологии индустрии 4.0, применяемые в промышленности;
- основные задачи машинного обучения, существующие в промышленности;
- опыт применения технологий индустрии 4.0 в атомной промышленности;
- возможности решения задач АСУ ТП с помощью технологий индустрии 4.0.

уметь:

- формулировать задачи машинного обучения для промышленности;
- осуществлять исследовательский анализ промышленных данных.

владеть:

- навыками создания моделей машинного обучения для решения задач АСУ ТП.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Основы теории управления.		4		4
2	Точки внедрения технологий индустрии 4.0 в АСУ ТП АЭС.		4		4
3	Платформы больших данных.		4		4
4	Цифровой двойник сложной технической системы.		10		10
5	Компьютерное зрение и другие производственные технологии.		8		8
Итого часов			30		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 7 (Осенний)

##### 1. Основы теории управления.

Принципы управления. Линейные системы управления. Управляемость и наблюдаемость. Устойчивость систем управления. Показатели качества функционирования систем управления.

##### 2. Точки внедрения технологий индустрии 4.0 в АСУ ТП АЭС.

Основные задачи машинного обучения: классификация и регрессия. Типы моделей машинного обучения. Оптимальное управление. Параметрическая идентификация объекта управления на этапах пусконаладки и промышленной эксплуатации системы. Оценка состояния системы. Прогнозирование состояния системы.

### 3. Платформы больших данных.

Понятие больших данных. 5 V-характеристик больших данных. Промышленный интернет вещей. Примеры платформ работы с большими данными в промышленности. Предиктивная аналитика (прогнозирование временных рядов). Виртуальная и дополненная реальности (VR/AR) на примере подготовки оперативного персонала (ПАВК ЛАЭС-2). Компьютерное зрение, промышленные роботы.

### 4. Цифровой двойник сложной технической системы.

Понятие цифрового двойника технической системы. Понятие цифровой тени. Типы цифровых двойников. Понятие предиктивной аналитики. Разница между предиктивной аналитикой и цифровым двойником технической системы. Разработчики цифровых двойников технических систем. Примеры использования цифровых двойников и предиктивной аналитики в различных отраслях промышленности. Программно-технический комплекс «Виртуально-цифровая АЭС».

### 5. Компьютерное зрение и другие производственные технологии.

Понятие компьютерного зрения. Процесс разработки моделей машинного обучения для решения задач компьютерного зрения. Особенности построения моделей для решения задач компьютерного зрения. Опыт применения компьютерного зрения на промышленных предприятиях. Понятие виртуальной и дополненной реальностей. Применение VR/AR-технологий на промышленных предприятиях атомной отрасли. Аддитивные технологии (3D-печать) и промышленные роботы с управлением на основе глубокого обучения.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная меловой доской или компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор). Компьютерный класс с установленным ПО Python (библиотеки Pandas, Numpy, Scikit-Learn).

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Брантон С.Л., Куц Дж.Н. Анализ данных в науке и технике / пер. с англ. А.А. Слинкина. – М.: ДМК Пресс, 2021. – 574 с.: ил.
2. Прохоров А.Н., Лысачев М.Н. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. Издание первое, исправленное и дополненное. / А.Н. Прохоров, М.Н. Лысачев – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 стр., ил.
3. Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: учебник для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 928 с.

### Дополнительная литература

1. Плас Дж.В. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение / В.Дж. Плас. – СПб.: Питер, 2021. – 576 с.: ил. – (Серия «Бестселлеры O'Reilly»).
2. Гудфеллоу Я., Бенджио И., Курвилль А. Глубокое обучение / Я. Гудфеллоу, И. Бенджио, А. Курвилль. Пер. с англ. А.А. Слинкина. – 2-е изд., испр. – М.: ДМК Пресс, 2018. – 652 с.: цв. Ил.
3. 4. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – М.: Горячая линия – Телеком, 2014. – 606 с., ил.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

1. <https://www.iaea.org/ru> – Сайт Международного агентства по атомной энергии
2. <https://inis.iaea.org/search/> – Международная система ядерной информации INIS
3. [https://courses.openedu.ru/courses/course-v1:mephi+mephi\\_digital\\_engineering+spring\\_2021/course/](https://courses.openedu.ru/courses/course-v1:mephi+mephi_digital_engineering+spring_2021/course/) - Курс «Введение в цифровой инжиниринг» ВИШ НИЯУ МИФИ
4. [https://courses.openedu.ru/courses/course-v1:ITMOUniversity+INTROIOT+fall\\_2020/course/](https://courses.openedu.ru/courses/course-v1:ITMOUniversity+INTROIOT+fall_2020/course/) - Курс «Введение в интернет вещей» Университет ИТМО

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций, ПО Python (библиотеки Pandas, Numpy, Scikit-Learn).

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Успешное освоение курса предполагает объёмную самостоятельную работу студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам семинаров, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к семинарским занятиям.

Промежуточный контроль знаний проводится в виде опросов по теории.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра физико-технической информатики
<b>курс:</b>	4
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 7 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	В.С. Володин, преподаватель

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
	УК-1.4 Грамотно, логично, аргументированно формирует собственные суждения и оценки
	УК-1.5 Определяет и оценивает практические последствия возможных вариантов решения задачи
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Индустрия 4.0 в атомной промышленности» обучающийся должен:

### знать:

- основные технологии индустрии 4.0, применяемые в промышленности;
- основные задачи машинного обучения, существующие в промышленности;
- опыт применения технологий индустрии 4.0 в атомной промышленности;
- возможности решения задач АСУ ТП с помощью технологий индустрии 4.0.

### уметь:

- формулировать задачи машинного обучения для промышленности;
- осуществлять исследовательский анализ промышленных данных.

### владеть:

- навыками создания моделей машинного обучения для решения задач АСУ ТП.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится короткий (10-15 минут) опрос по материалу прошедших занятий в устной или письменной форме.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Типы задач машинного обучения.
2. Оценка состояния технологического оборудования.
3. Оптимальное управление технологическим оборудованием.
4. Цифровые двойники энергоблоков АЭС в России.
5. Предиктивная аналитика.
6. Понятие компьютерного зрения. Процесс разработки моделей машинного обучения для решения задач компьютерного зрения.
7. Особенности построения моделей для решения задач компьютерного зрения. Опыт применения компьютерного зрения на промышленных предприятиях.
8. Понятие виртуальной и дополненной реальностей. Применение VR/AR-технологий на промышленных предприятиях атомной отрасли.
9. Аддитивные технологии (3D-печать) и промышленные роботы с управлением на основе глубокого обучения.
10. Основные технологии индустрии 4.0 в промышленности.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Типы задач машинного обучения.
2. Основные технологии индустрии 4.0 в промышленности.

Билет 2.

1. Цифровые двойники энергоблоков АЭС в России.
2. Понятие виртуальной и дополненной реальностей. Применение VR/AR-технологий на промышленных предприятиях атомной отрасли.

#### **Критерии оценивания**

Оценка отлично (10) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8) выставляется студенту, показавшему систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6) выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.



Оценка удовлетворительно (3) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Экзамен проводится в устной форме.

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 1 час на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов.

Во время проведения экзамен обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.