

**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>	Введение в АСУ ТП АЭС
<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>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 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, ассистент

Программа обсуждена на заседании кафедры физико-технической информатики 24.03.2021

## Аннотация

В курсе рассматриваются основные понятия ядерной энергетики и автоматизированных систем управления технологическими процессами, применяемых на АЭС.

Обучающиеся знакомятся с основами ядерной энергетики на базе деления тяжёлых ядер и синтеза лёгких. Изучаются основные типы как эксплуатируемых, так и перспективных реакторов. Рассматриваются назначение, состав и структура автоматизированных систем управления технологическими процессами.

Для изучения данной дисциплины студентами должны быть освоены дисциплины математического и естественнонаучного цикла. Дисциплина «Введение в АСУ ТП АЭС» предназначена для формирования базовых теоретических знаний по специальности, в том числе необходимых для изучения специальной дисциплины «Индустрия 4.0 в атомной промышленности».

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью дисциплины «Введение в АСУ ТП АЭС» является формирование знания и понимания физических основ ядерной энергетики, понятия АСУ ТП АЭС (включая структуру и состав); получение знаний о структуре отечественной атомной промышленности в области гражданского применения ядерной энергии; формирование представления о технологическом процессе выработки электроэнергии на энергоблоках АЭС с реакторами типа ВВЭР-1200.

#### Задачи дисциплины

- формирование знаний на уровне представлений: риски применения и перспективы развития ядерной энергетики; дивизиональная структура ГК Росатом; системы безопасности энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200; контроль технологических параметров энергоблока АЭС;
- формирование знаний на уровне воспроизведения: принцип работы ядерного реактора; управление энерговыделением ядерного реактора; тепловая схема энергоблока АЭС с двумя технологическими контурами; различия между энергоблоками с различными типами реакторов;
- формирование знаний на уровне понимания: иерархическая структура и состав АСУ ТП АЭС; фундаментальные функции безопасности АСУ ТП АЭС; жизненный цикл АСУ ТП АЭС; основное оборудование энергоблока с реактором типа ВВЭР-1200.

### 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 понятия ядерной энергетики;
- ☐ различные типы реакторов, применяемые на энергоблоках АЭС;
- ☐ перспективы развития ядерной энергетики;
- ☐ основные нейтронно-физические и теплотехнические параметры энергоблока;
- ☐ структуру, состав и жизненный цикл АСУ ТП АЭС;
- ☐ основное технологическое оборудование энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

уметь:

- ☐ читать теплогидравлические схемы технологических систем;
- ☐ читать схемы с алгоритмами АСУ ТП АЭС.

владеть:

- ☐ навыками управления ядерного реактора типа ВВЭР.

### 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	Ядерная энергетика в мире. Часть 1.	4			4
2	Ядерная энергетика в мире. Часть 2.	4			4
3	Общие сведения об АСУ ТП АЭС.	4			4
4	Контроль технологических параметров энергоблока АЭС. Исполнительные механизмы.	4			4
5	Основное оборудование энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.	6			4
6	Основные системы безопасности энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.	4			4
7	Жизненный цикл АСУ ТП АЭС.	4			6
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: 6 (Весенний)

###### 1. Ядерная энергетика в мире. Часть 1.

Ядерная энергетика на основе деления тяжёлых ядер: принцип работы ядерного реактора, общая тепловая схема двухконтурной АЭС; управление энерговыделением реактора: основы физики реакторов (составляющие уравнения баланса нейтронов, мгновенные и запаздывающие нейтроны, реактивность, кинетика и динамика реактора, уравнение обратных часов). Энергоблоки с реакторами типа ВВЭР (проект АЭС-2006, ВВЭР-ТОИ), БН, ВТГР.

###### 2. Ядерная энергетика в мире. Часть 2.

Перспективы развития ядерной энергетики: малые модульные реакторы (ММР), плавучие энергоблоки (на примере ПАТЭС), двухкомпонентная ядерная энергетика (ЗЯТЦ, проект Прорыв), жидкосольевой реактор, ОИАЭ для производства водорода и управляемый термоядерный синтез (УТС на примере термоядерного реактора конструкции типа "токамак", ITER). Риски использования ядерной энергетики. Модернизация АЭС после аварий на ЧАЭС в 1986 г. и на АЭС Фукусима Дайичи в 2011 г. Дивизионы ГК Росатом.

###### 3. Общие сведения об АСУ ТП АЭС.

Понятие и назначение АСУ ТП. Состав АСУ ТП. Иерархическая структура АСУ ТП АЭС. Фундаментальные функции безопасности АСУ ТП АЭС. Энергоблок как объект автоматизации. Основные поставщики ПТК для АСУ ТП АЭС.

###### 4. Контроль технологических параметров энергоблока АЭС. Исполнительные механизмы.

Контроль мощности нейтронного потока (АКНП+АКМ). Контроль основных теплотехнических параметров: давление, температура, расход сред, уровень. Радиационный контроль. Общие сведения об электродвигателях.

###### 5. Основное оборудование энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

Ядерный остров энергоблока. Машинный зал. Основное оборудование химического цеха: спецводоочистка, оборудование для ведения водно-химических режимов 1 и 2 контуров, водоподготовительная установка (в следующем объёме: установки ультрафильтрации, установки обратного осмоса 1 и 2 ступеней, установки ионного обмена). Блочная обессоливающая установка.

###### 6. Основные системы безопасности энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

Система аварийного и планового расхолаживания 1 контура и охлаждения бассейна выдержки. Система аварийного расхолаживания парогенераторов. Система пассивного отвода тепла. Система аварийного ввода бора. Система аварийного охлаждения активной зоны (пассивная часть). Система гидроёмкостей второй ступени (пассивная часть САОЗ). БЗОК. БРУ-А. Система защиты 1 контура от превышения давления. Ловушка расплава.

###### 7. Жизненный цикл АСУ ТП АЭС.

V-модель жизненного цикла АСУ ТП АЭС. Верификация и валидация проектных решений (в том числе на математических моделях энергоблоков АЭС).

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

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Зверков В.В. Автоматизированная система управления технологическими процессами АЭС: Монография / В.В. Зверков. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. – 560 с.
2. Выговский, С.Б. Физические и конструкционные особенности ядерных энергетических установок с ВВЭР: учебное пособие / С.Б. Выговский. – М.: НИЯУ МИФИ, 2011. – 376 с.
3. Острейковский В.А. Эксплуатация атомных станций: учебник для вузов / В.А. Острейковский. – М.: Энергоатомиздат, 1999. – 928 с.

### Дополнительная литература

1. Зверков В.В. Программно-технические комплексы АСУТП АЭС. Функциональные и структурные решения: учебное пособие. / В.В. Зверков. – М.: НИЯУ МИФИ, 2018. – 132 с.
2. Густав Олссон, Джангуидо Пиани. Цифровые системы автоматизации и управления / Густав Олссон. – СПб.: Невский Диалект, 2001. – 557 с.: ил.
3. Тетельмин В.В. Физические основы традиционной и альтернативной энергетики: Учебное пособие / В.В. Тетельмин, В.А. Язев. – Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2016. – 176 с.
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

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

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций (MS Office Power Point).

## **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 лекций, учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к лекционным 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>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** В.С. Володин, ассистент

## 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 «Введение в АСУ ТП АЭС» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ основные понятия ядерной энергетики;
- ☐ различные типы реакторов, применяемые на энергоблоках АЭС;
- ☐ перспективы развития ядерной энергетики;
- ☐ основные нейтронно-физические и теплотехнические параметры энергоблока;
- ☐ структуру, состав и жизненный цикл АСУ ТП АЭС;
- ☐ основное технологическое оборудование энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

### уметь:

- ☐ читать теплогидравлические схемы технологических систем;
- ☐ читать схемы с алгоритмами АСУ ТП АЭС.

### владеть:

- ☐ навыками управления ядерного реактора типа ВВЭР.

## 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

Перечень контрольных вопросов для сдачи экзамена:

По теме 1. Ядерная энергетика в мире. Часть 1.

1. Разновидности ядерной энергетики в мире. Виды реакторов.
2. Тепловая схема энергоблока АЭС с двумя технологическими контурами.
3. Управление энерговыделением реактора.
4. Энергоблоки с реакторами на тепловых нейтронах.
5. Уравнение баланса нейтронов в активной зоне ядерного реактора на тепловых нейтронах.

По теме 2. Ядерная энергетика в мире. Часть 2.

1. Управляемый термоядерный синтез.
2. Риски использования ядерной энергетики.
3. Дивизиональная структура ГК Росатом.
4. Замкнутый ядерный топливный цикл.
5. Атомные станции малой мощности.

По теме 3. Общие сведения об АСУ ТП АЭС.

1. Понятие, состав и структура АСУ ТП АЭС.
2. Энергоблок АЭС как объект автоматизации.
3. Структурная схема АСУ ТП АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

По теме 4. Контроль технологических параметров энергоблока. Исполнительные механизмы.

1. Контроль мощности нейтронного потока ядерного реактора.
2. Автоматизированная система радиационного контроля энергоблока АЭС.
3. Контроль основных технологических параметров первого контура энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

Примеры билетов для проведения экзамена:

Билет 1.

1. Разновидности ядерной энергетики в мире. Виды реакторов.
2. Контроль основных технологических параметров первого контура энергоблока АЭС с реактором типа ВВЭР-1200.

Билет 2.

1. Тепловая схема энергоблока АЭС с двумя технологическими контурами.
2. Контроль мощности нейтронного потока ядерного реактора.

#### 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.