

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
Высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»



УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
Бурковский А.В.
«31» августа 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины**

Технологии эксплуатации атомных электростанций

Направление подготовки 27.04.04 "Управление в технических системах"

Профиль «**Управление процессами ресурсобеспечения атомных станций**»

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2018

Программу составил: А. Данилов д.т.н. Данилов А.Д.

Зав. кафедрой ЭАУТС В.Л. Бурковский В.Л. Бурковский

Воронеж 2018

1. Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины (модуля) является формирование у обучающихся определенного состава компетенций (результатов освоения) для подготовки к профессиональной деятельности (в соответствии с п. 3).

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина «Атомные электростанции» относится к междисциплинарному профессиональному модулю вариативной части. учебного плана ООП.

Пререквизиты:

1. Механика жидкости и газа,
2. Термодинамика,
3. Тепломассообмен в энергетическом оборудовании,
4. Термодинамические циклы АЭС,
5. Турбомашины АЭС,
6. Парогенераторы и теплообменники,
7. Нагнетатели АЭС,
8. Математические методы моделирования физических процессов,
9. Информатика,
10. Основы проектирования и САПР,
11. Обработка воды на АЭС.

Кореквизиты:

1. Ядерные энергетические реакторы,
2. Нагнетатели АЭС,
3. Тепломеханическое и вспомогательное оборудование электростанций,
4. Автоматизированные системы управления АЭС,
5. Эксплуатация АЭС,
6. Основы проектирования электростанций,
7. Природоохранные технологии на АЭС

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

В соответствии с требованиями ООП освоение дисциплины (модуля) направлено на формирование у студентов следующих компетенций (результатов освоения ООП), в т.ч. в соответствии с ФГОС ВО и профессиональными стандартами (табл.1):

Таблица 1

Составляющие результатов освоения ООП

Результаты освоения ООП	Компетенции по ФГОС, СУОС	Составляющие результатов освоения					
		Код	Владение опытом	Код	Умения	Код	Знания
Р7	УК-2, УК-3, ОК-5, 13, 14, ПК-3			У7.1	эффективно работать индивидуально и в коллективе, в том числе при выполнении междисциплинарных проектов		
Р9	ПК-4	В9.1	решения уникальных задач в области проектирования и эксплуатации АС				
Р12	ПК-12; 17, 20	В12.5	использования методов расчета тепловых схем и технико-экономической эффективности АС	У12.10	выявлять достоинства и недостатки известных технических решений и решений инновационных задач, находить пути устранения недостатков	312.13	комплексных критериев результативности и эффективности технических решений
Р13	ОПК-3, ПК-18	В13.1	выбора оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок с использованием справочной литературы			313.3	основ управления технологическими объектами, основ теории автоматического управления, принципов и особенностей построения АСУ АС
		В13.2	проектирования оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок				
Р14	ПК-20 – 25, ПСК-1.5, 1.6, 1.8, 1.10			У14.3	выполнять <i>инновационные</i> инженерные проекты с применением <i>базовых и</i> специальных знаний, современных методов проектирования для		

					достижения оптимальных результатов с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности		
P16	ПК-6, ПСК-1.4			У16. 1	проводить нейтронно-физические, теплогидравлические и прочностные расчеты оборудования АС и его элементов в стационарных и нестационарных режимах работы		
P20	ПСК-1.9			У20. 2	размещать технологическое оборудование АЭС		
P23	ПСК-1.1, 1.3, 1.7			У23. 2	готовить исходные данные для расчета тепловых схем различных типов	323.1	принципы составления схем установок, систем и математических моделей процессов

В результате освоения дисциплины (модуля) студентом должны быть достигнуты следующие результаты (табл. 2):

Таблица 2

Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)

№ п/п	Результат
РД1	Применять знания процессов в оборудовании и его устройства для формулирования задач в области физических основ функционирования АС.
РД2	Использовать методы тепловых и гидравлических расчетов основного оборудования и тепловых схем АС, показателей экономичности АЭС для анализа их эффективности и поиска путей совершенствования атомных станций
РД3	Владеть первичными навыками проектирования схем, основных аппаратов и узлов; уметь выбирать тепломеханическое оборудование АС.

4. Структура и содержание дисциплины (модуля)

Введение

Содержание и построение курса. Познавательная карта курса. Рекомендуемая литература. Атомная энергетика и ее роль в энергетике России и мира. Перспективы развития атомной энергетике в регионе.

Раздел 1. Типы и классификация атомных электростанций

Принципиальные технологические схемы основных типов АЭС: с реакторами водо-водяного типа (ВВЭР), быстрыми реакторами (БР), с канальными водографитовыми реакторами; атомной теплоэлектроцентрали (АТЭЦ) и атомной станции теплоснабжения (АСТ). Основные требования, предъявляемые к АЭС: экономичность, надежность, экологичность. Пути их реализации.

Раздел 2. Показатели тепловой и общей экономичности АЭС

Показатели тепловой экономичности конденсационной турбоустановки и энергоблока АЭС. Особенности определения показателей тепловой экономичности по выработке электроэнергии на атомной теплоэлектроцентрали. Показатели общей экономичности атомных электростанций.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование тепловой экономичности циклов паротурбинных установок АЭС.

Раздел 3. Параметры пара на атомных электростанциях

Выбор и обоснование начальных параметров пара на АЭС. Схемы внешней сепарации пара и промежуточного перегрева на атомных электростанциях. Особенности выбора начальных параметров и применения промперегрева на АТЭЦ.

Раздел 4. Регенеративный подогрев питательной воды (РППВ)

Схемы включения поверхностных регенеративных подогревателей. Каскадный слив дренажа. Применение охладителей дренажа. Применение

пароохладителей (схемы Виолена и Рикара). Схемы включения смешивающих подогревателей.

Структурные схемы тракта высокого и низкого давления АЭС. Конструкции регенеративных подогревателей: поверхностных ПВД и ПНД, смешивающих.

Названия лабораторных работ:

1. Влияние числа ступеней и параметров РППВ и на эффективность ПТУ.
2. Анализ схем и условий работы систем регенеративного подогрева (ПВД и ПНД).

Раздел 5. Конденсационные установки АЭС

Факторы, определяющие вакуум в конденсаторе (температура охлаждающей воды, вакуум в конденсаторе и др.). Эжекторные установки: назначение, состав и схемы включения пускового и основных эжекторов. Организация деаэрации рабочего тела в конденсаторе.

Названия лабораторных работ:

1. Построение универсальной поправочной кривой.

Раздел 6. Балансы пара и воды, способы восполнения потерь

Балансы пара и воды на АЭС. Назначение и функции, выполняемые испарителем на АЭС. Конструкция испарителей и конденсаторов испарителей. Продувка парогенераторов и ее использование.

Раздел 7. Отпуск теплоты от АЭС внешним потребителям

Системы теплоснабжения от электростанций. Отпуск теплоты из нерегулируемых отборов конденсационных ПТУ. Включение сетевых подогревателей в ПТУ с нерегулируемыми и регулируемые отборами пара.

Названия лабораторных работ:

1. Испытание сетевого теплообменника.

Раздел 8. Деаэрационные и питательные установки

Пути поступления газов в тракты АЭС. Способы дегазации питательной воды (химическая и термическая деаэрация). Состав деаэрационной установки питательной воды (ДПВ). Питательные насосные установки.

Раздел 9. Составление и методика расчета принципиальной тепловой схемы (ПТС) паротурбинной электростанции

Содержание ПТС. ПТС серийных энергоблоков АЭС. Основы составления ПТС энергоблока АЭС. Расчет ПТС методом коэффициентов изменения мощности (КИМ). Расчет принципиальной тепловой схемы энергоблока и показателей тепловой экономичности в условиях эксплуатации.

Названия лабораторных работ:

1. Анализ схем и условий работы систем технологической схемы 1-го контура АЭС с ВВЭР.
2. Изучение тепловой схемы АЭС на тренажере.

Раздел 10. Выбор оборудования АЭС

Установленная, располагаемая, рабочая и резервная мощности электростанций. Виды резерва. Надежность работы оборудования. Выбор теплообменников и насосов турбинного отделения.

Раздел 11. Полная тепловая схема АЭС. Трубопроводы АЭС

Содержание развернутой (полной) тепловой схемы атомной электростанции (РТС). Технологические структуры АЭС и их сравнение. Классификация станционных трубопроводов. Арматура. Классификация арматуры по типам и параметрам. Назначение, конструкция и схемы включения редуционно-охладительных установок (РОУ, БРОУ). Методика теплового расчета РОУ.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование характеристик теплоизоляционных конструкций.

Раздел 12. Главный реакторный контур и его вспомогательные системы

Реакторные установки. Система компенсации давления первого контура АЭС с реактором ВВЭР. Системы продувки, подпитки и борного регулирования первого контура АЭС с реакторами ВВЭР. Системы реакторного отделения АЭС с РБМК и РБН.

Названия лабораторных работ:

1. Анализ условий и режимов работы систем технологической схемы 1-го контура АЭС с ВВЭР.
2. Анализ условий и режимов работы САОЗ.
3. Анализ условий и режимов работы САОР.
4. Изучение натриевых систем первого и второго контуров АЭС с РБН.

Раздел 13. Регулирование энергоблоков АЭС

Явление самовыравнивания реактора ВВЭР. Регулирование энергоблоков с реакторами ВВЭР: программы и схемы. Регулирование энергоблоков с реакторами РБМК: особенности программы регулирования и принципиальная схема. Регулирование энергоблоков с реакторами БН: особенности программы регулирования и принципиальная схема.

Названия лабораторных работ:

1. Исследование характеристик энергоблока с реактором ВВЭР.
2. Анализ и расчет программ регулирования энергоблоков.

Раздел 14. Техническое водоснабжение АЭС

Потребности технической воды на АЭС. Источники водоснабжения.

Сооружения и устройства систем технического водоснабжения. Выбор системы технического водоснабжения.

Раздел 15. Компонировка главного корпуса. Генплан электростанции

Требования к компоновке главного здания. Типы компоновок АЭС. Общие принципы компоновок главного здания. Компонировка оборудования реакторного отделения, машзала, деаэрационного отделений.

Выбор площади АЭС. Требования к площадкам. Генплан АЭС.

Технико-экономические показатели компоновок и генплана АЭС.

5. Организация самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа студентов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в видах и формах, приведенных в табл. 3.

Таблица 3

Основные виды и формы самостоятельной работы

Виды самостоятельной работы	Объем времени, ч
Работа с лекционным материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса	20
Изучение тем, вынесенных на самостоятельную проработку	20
Поиск, анализ, структурирование и презентация информации	10
Выполнение домашних заданий	10
Подготовка к лабораторным работам, к практическим и семинарским занятиям	10
Выполнение курсовой работы или проекта, работа над междисциплинарным проектом	140
Подготовка к контрольным работам и экзамену	18

6. Оценка качества освоения дисциплины (модуля)

Оценка качества освоения дисциплины (модуля) в ходе текущей и промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации студентов Томского политехнического университета».

Максимальное количество баллов по дисциплине (модулю) в семестре – 100 баллов, в т.ч.:

- в рамках текущего контроля – 60 баллов,
- за промежуточную аттестацию (экзамен/зачет) – 40 баллов.

Максимальное количество баллов за выполнение курсового проекта (работы) в семестре (при наличии) – 100 баллов, в т.ч.:

- в рамках текущего контроля – 40 баллов,
- за промежуточную аттестацию (защиту) – 60 баллов.

Оценка качества освоения дисциплины (модуля) производится по результатам оценочных мероприятий.

Оценочные мероприятия текущего контроля по разделам и видам учебной деятельности приведены в Приложении «Календарный рейтинг-план изучения дисциплины (модуля)», «Календарный рейтинг-план выполнения курсового проекта

(работы)» (при наличии).

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

7.1 Методическое обеспечение

Основная литература:

1. Антонова, Александра Михайловна. Атомные электростанции [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. М. Антонова, А. В. Воробьёв; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд., перераб. и доп.. — 1 компьютерный файл (pdf; 3.9 МВ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2010. — Заглавие с титульного экрана. — Электронная версия печатной публикации. — Доступ из сети НТБ ТПУ. — Системные требования: Adobe Reader.
2. Зорин В.М. Атомные электростанции : учебное пособие для вузов / В. М. Зорин. — М.: Изд-во МЭИ, 2012. — 670 с.
3. Тевлин, Семен Абрамович. Атомные электрические станции с реакторами ВВЭР-1000 : учебное пособие / С. А. Тевлин. — 2-е изд., доп. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. — 358 с.: ил.. — Библиогр.: с. 355-356.. — ISBN 978-5-383-00300-8 ((в пер.)).
4. Стерман, Лев Самойлович. Тепловые и атомные электрические станции: учебник для вузов / Л. С. Стерман, В. М. Лавыгин, С. Г. Тишин. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2008. — 463 с.: ил. — Список литературы: с. 459-460. — ISBN 978-5-383-00236-0.

Дополнительная литература:

1. Рыжкин, Вениамин Яковлевич. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В. Я. Рыжкин; под ред. В. Я. Гиршфельда. — 4-е изд., стер. — Москва: АРИС, 2014. — 328 с.: ил. — Библиогр.: с. 320. — Предметный указатель: с. 321-325.. — ISBN 978-5-905616-07-5.
2. Атомные станции России/ Росэнергоатом, Открытое Акционерное Общество. — Москва: Росэнергоатом, 2007. — 135 с.: ил.
3. Зорин, Вячеслав Михайлович. Атомные электростанции: основной технологический процесс: учебное пособие для вузов / В. М. Зорин. — Москва: Изд. дом МЭИ, 2008. — 301 с.: ил.: 22 см. — Библиогр.: с. 298-299.. — ISBN 978-5-383-00322-0.
4. Габараев, Борис Арсентьевич. Атомная энергетика XXI века : учебное пособие / Б. А. Габараев, Ю. Б. Смирнов, Ю. С. Черепнин. — Москва: Изд-во МЭИ, 2013. — 251 с.: ил. — Библиография в конце глав.. — ISBN 978-5-383-00294-0.
5. Тепловые и атомные электростанции. Справочник / Под общ. ред. Чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М.Зорина. М.: Издательство МЭИ, 2003.
6. Тепловые электрические станции: учебник для вузов / В. Д. Буров [и др.]; под ред. В. М. Лавыгина, А. С. Седлова, С. В. Цанева. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва: Изд-во МЭИ, 2007. — 466 с.: ил. — Библиогр.: с. 464-465. — ISBN 978-5-903072-86-6

7.2 Информационное обеспечение

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. электронное учебное пособие «Атомные электростанции», разработанное в среде e-LMS MOODLE <http://mdl.lcg.tpu.ru:82/course/view.php?id=142>;
2. <http://e-le.lcg.tpu.ru/webct/public/home.pl>;
3. <http://rosenergoatom.ru/>;
4. <http://www.reactors.narod.ru/rbmk/index.htm>;
5. <http://www.library.ispu.ru/elektronnaya-biblioteka>;
6. <http://twt.mpei.ac.ru/ochkov/trenager/trenager.htm>;
7. <http://tes.power.nstu.ru/>;
8. <http://Teplota.org.ua/>

Используемое лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ¹**):

1. программа определения термодинамических и теплофизических параметров воды и водяного пара «H₂O»;
2. «regress» – программа регрессионного анализа для обработки результатов эксперимента;
3. «TABL1», «TFS», «TFM» – для расчета свойств теплоносителей.
4. WaterSteamPro – программа теплофизических и термодинамических свойств теплоносителей;
5. программа расчета блочного газоводяного подогревателя сетевой воды;
6. программа совместного расчета теплофикационной установки и сетевой подогревательной установки;
7. программа конструкторского расчета поверхностного пароводяного подогревателя;
8. программа поверочного расчета поверхностного пароводяного подогревателя;
9. программа моделирования тепловой изоляции;
10. программа расчета температурного графика теплосети;
11. программы автоматизированного контроля отдельных разделов курса.
12. Компьютерные тренажеры и обучающие системы для самостоятельной работы студентов:
13. статический тренажер «Технологическая схема первого контура АЭС»;
14. статический тренажер «Система аварийного охлаждения зоны»;
15. статический тренажер «Технологическая схема второго контура АЭС»;
16. локальный тренажер «Устройство ГЦН ВВЭР»;
17. имитационные программы работы деаэратора и конденсационной установки;
18. ситуационный тренажер регенеративной установки высокого давления;
19. ситуационный тренажер регенеративной установки низкого давления.

¹ - <http://portal.tpu.ru:7777/standard/design/samples/Tab5>