

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1156182	Тепломеханическое оборудование АЭС

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Проектирование и эксплуатация атомных станций	<b>Код ОП</b> 1. 14.05.02/33.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.05.02

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Климова Виктория Андреевна	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	атомные станции и возобновляемые источники энергии
2	Ташлыков Олег Леонидович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	атомные станции и возобновляемые источники энергии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Тепломеханическое оборудование АЭС

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Тепломеханическое оборудование АЭС» формирует представление как о процессах, происходящих в основном оборудовании атомной станции, так и о конструктивных особенностях оборудования и систем, что необходимо для формирования способности решения профессиональных задач. Модуль состоит из трех дисциплин. Дисциплина «Парогенераторы и теплообменники атомных станций» направлена на изучение основных процессов, происходящих в парогенераторах и теплообменниках атомных станций, методов выбора и оптимизации теплогидравлических, технологических и технико-экономических параметров парогенераторов и теплообменников. Студенты получают практические навыки по тепловому, гидравлическому и прочностному расчету элементов парогенератора, изучают конструкции и режимы эксплуатации парогенераторов и теплообменников атомных станций с реакторами различных типов. Дисциплина «Турбомашин АЭС» посвящена изучению турбинного оборудования, используемого на атомных электрических станциях. Рассматриваются основные показатели турбоустановок, принципы преобразования энергии в турбинной ступени, конструкции элементов многоступенчатой турбины и вспомогательного оборудования турбоустановки. Изучаются общие принципы регулирования, защиты и маслоснабжения турбин. Студенты приобретают практические навыки по расчету параметров цикла паротурбинной и газотурбинной установки, определению кинематических и геометрических характеристик ступеней, распределению теплового перепада турбины по ступеням и определению числа ступеней. Дисциплина «Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций» формирует знание основных параметров, особенностей конструкции и характеристик насосного оборудования атомных станций. Рассматриваются основы теории лопастных центробежных насосов, режимы течения жидкости и способы регулирования работы насосной установки. Студенты приобретают способность выполнять гидравлический расчет проточной части центробежного колеса различных типов насосного оборудования. Изучаются особенности конструкции и работы арматуры и трубопроводов атомных станций

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Парогенераторы и теплообменники атомных станций	8
2	Турбомашин атомных станций	6
3	Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций	4
ИТОГО по модулю:		18

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Материаловедение</li><li>2. Механика и прикладная физика</li><li>3. Основы термодинамики, гидравлики и теплотехники</li></ol>
---------------------	--

<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физика и конструкции ядерных реакторов</li> <li>2. Атомные станции</li> <li>3. Монтаж, ремонт и модернизация оборудования атомных станций</li> <li>4. Контроль и управление ядерными энергетическими установками</li> </ol>
---	---

**1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю**

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций	ПК-3 - Способен в составе рабочей группы проводить испытания основного и вспомогательного оборудования атомных станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации, проводить физические эксперименты на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	П-4 - Выполнить оценку устойчивости работы насоса в сети и основных параметров насоса при параллельном и последовательном включении
	ПК-4 - Способен проектировать в составе рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом	З-11 - Изложить порядок и методику расчета рабочего колеса насоса  У-11 - Выполнять расчет проточной части рабочего колеса насоса

	<p>требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий</p>	<p>У-12 - Выбирать толщину стенки трубопровода с учетом режима работы, используя расчетные методы</p> <p>П-4 - Выполнять в рамках учебных заданий конструкторские расчеты насосных агрегатов атомных станций</p> <p>П-6 - Иметь практический опыт выполнения прочностных расчетов элементов конструкций, оборудования и трубопроводов атомных станций</p>
	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p>	<p>3-5 - Описывать конструкции и эксплуатационные характеристики основного насосного оборудования атомных станций</p> <p>3-7 - Описывать особенности конструкции и эксплуатации арматуры атомных станций</p> <p>3-8 - Характеризовать конструктивные особенности и материалы трубопроводов атомных станций</p>
<p>Парогенераторы и теплообменники атомных станций</p>	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта</p>	<p>3-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого оборудования и реализуемых технологических процессов</p> <p>3-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов</p>
	<p>ПК-4 - Способен проектировать составе рабочей группы</p>	<p>3-9 - Изложить порядок и методы теплового, гидравлического и прочностного расчета</p>

	<p>элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий</p>	<p>парогенераторов и теплообменников атомных станций</p> <p>У-9 - Выполнять теплогидравлические и прочностные расчеты узлов и элементов теплообменного оборудования с использованием современных методик и средств автоматизированного проектирования</p> <p>П-3 - Иметь практический опыт теплогидравлических и прочностных расчетов теплообменного оборудования атомных станций</p>
	<p>ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты АС</p>	<p>З-1 - Описывать технологический процесс производства тепловой и электрической энергии на атомных станциях</p> <p>З-2 - Характеризовать тепловые схемы атомных станций с разными типами реакторов</p> <p>З-4 - Описывать конструкции и технические характеристики парогенераторов и теплообменного оборудования атомных станций с разными типами реакторов</p> <p>З-13 - Характеризовать методы расчета и рациональной организации тепловых процессов в оборудовании и технологических системах атомных станций</p> <p>У-3 - Анализировать теплогидравлические процессы, происходящие в парогенераторах и теплообменном оборудовании атомных станций</p> <p>У-9 - Проводить физические, теплофизические, и теплогидравлические расчеты и измерения для обоснования и контроля режимов эксплуатации ядерных энергоблоков</p> <p>Д-1 - Демонстрировать готовность соблюдать принципы культуры безопасности при эксплуатации систем и оборудования атомных станций</p>
	<p>ОПК-6 - Способен планировать и организовать работы по</p>	<p>З-1 - Перечислить основные технические параметры и технологические характеристики эксплуатируемого</p>

Турбомашин атомных станций	эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов в сфере своей профессиональной деятельности с учетом энерго- и ресурсоэффективности производственного цикла и продукта	оборудования и реализуемых технологических процессов  З-2 - Назвать имеющиеся ограничения режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов  У-1 - Технически грамотно формулировать задания по эксплуатации технологического оборудования и обеспечению технологических процессов с учетом имеющихся ограничений режимов эксплуатации оборудования и регламенты технологических процессов
	ПК-4 - Способен проектировать составе рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	З-10 - Изложить порядок и теплого и прочностного расчета турбомашин атомных станций  У-10 - Выполнять тепловой и прочностной расчеты энергетических турбомашин  П-5 - Выполнять в рамках учебных заданий расчеты паротурбинных установок атомных станций
	ПК-6 - Способен в составе рабочей группы организовывать безопасную и экономичную эксплуатацию реакторной установки или оборудования и технологических систем блока атомной электростанции, в том числе проводить нейтронно-физические, теплогидравлические расчеты, анализировать технологические процессы и алгоритмы	З-6 - Описывать технические характеристики, конструкцию и особенности эксплуатации энергетических турбомашин, их элементов и узлов  У-4 - Анализировать процессы, происходящие в оборудовании турбоустановки атомной станции

	контроля, управления и защиты АС	
--	----------------------------------	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Парогенераторы и теплообменники**  
**атомных станций**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ташлыков Олег Леонидович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	атомные станции и возобновляемые источники энергии

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Ташлыков Олег Леонидович, Доцент, атомные станции и возобновляемые источники энергии

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*  
*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Конструкции и режимы работы парогенераторов и теплообменного оборудования АЭС	
P1.T1	Тепловые схемы АЭС	Принципиальные схемы производства пара на атомных станциях. Одно-, двух- и трехконтурные схемы. Общие характеристики парогенераторов АЭС. Требования, предъявляемые к парогенераторам и теплообменникам атомных станций.
P1.T2	Конструкционные схемы и конструкции парогенераторов и теплообменников АЭС	Первичные теплоносители. Требования к теплоносителям АС. Жидкие теплоносители. Газообразные теплоносители. Классификация парогенераторов. Конструкционные схемы и конструкции парогенераторов, обогреваемых водой под давлением, органическими и газовыми теплоносителями, жидким металлом. Конструкционные схемы теплообменного оборудования АЭС.
P1.T3	Процессы, протекающие в парогенераторах и теплообменном оборудовании АЭС	Гидродинамика и теплообмен. Физико-химические процессы. Влияние процессов, протекающих в парогенераторе, на надежность и экономичность основного оборудования АЭС. Теплообмен в парогенераторах при движении однофазных сред, при конденсации, при кипении воды. Лучистый теплообмен в парогенераторах, обогреваемых газовым теплоносителем. Гидродинамические процессы в

		парогенераторах. Сопротивление движению однофазного потока. Основные закономерности гидродинамики двухфазного потока. Безнапорное движение пароводяной смеси.
<b>P1.T4</b>	Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена	Температурный режим работы поверхностей теплообмена. Тепловая разверка в поверхностях теплообмена. Тепловые и гидродинамические условия работы поверхностей теплообмена с однофазной средой. Тепловые и гидродинамические условия работы испарительных поверхностей теплообмена с принудительным движением рабочего тела. Испарительные поверхности с естественной циркуляцией.
<b>P1.T5</b>	Закономерности перехода примесей в пар	Требования к чистоте пара. Переход примесей из воды в пар. Растворимость веществ в паре. Механический унос примесей с насыщенным паром. Методы получения чистого пара.
<b>P1.T6</b>	Водный режим парогенераторов АЭС	Коррозия поверхностей теплообмена со стороны рабочего тела. Отложения примесей воды. Питательная вода парогенераторов. Водный режим прямоточных парогенераторов. Водный режим парогенераторов с многократной циркуляцией.
<b>P2</b>	Проектирование парогенераторов и теплообменного оборудования АЭС	
<b>P2.T1</b>	Тепловой, конструкционный и гидродинамический расчеты ПГ и теплообменного оборудования	Задачи проектирования парогенераторов и виды расчетов. Общие положения теплового, конструкционного и гидродинамического расчетов. Методика теплового, конструкционного и гидродинамического расчетов. Парогенераторы, обогреваемые водой под давлением, конденсирующимся насыщенным паром, органическими теплоносителями, жидкими металлами, газовыми теплоносителями. Особенности расчета прямоточных парогенераторов.
<b>P2.T2</b>	Расчет водного режима и сепарационных устройств	Расчет водного режима прямоточных парогенераторов, парогенераторов с многократной циркуляцией. Расчет сепарационных и промывочных устройств.
<b>P2.T3</b>	Конструкционные материалы и расчет на прочность	Выбор материалов для корпусов и теплообменных поверхностей парогенератора. Расчет на прочность трубных досок, корпуса, крышек, днищ.
<b>P2.T4</b>	Режимы эксплуатации парогенераторов	Режимы пуска парогенератора, работа на номинальной мощности, переходные режимы, режим останова и расхолаживания.
<b>P2.T5</b>	Надежность работы парогенераторов и теплообменного оборудования АЭС	Особенности эксплуатации парогенераторов и теплообменников различных типов. Анализ надежности горизонтальных и вертикальных парогенераторов, обогреваемых водным теплоносителем. Анализ надежности парогенераторов, обогреваемых жидкометаллическим теплоносителем.

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-4 - Способен проектировать составе рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	П-3 - Иметь практический опыт теплогидравлических и прочностных расчетов теплообменного оборудования атомных станций

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Парогенераторы и теплообменники атомных станций**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

##### **Печатные издания**

1. Кириллов, П. Л., Бобков, В. П., Юрьев, Ю. С.; Справочник по теплогидравлическим расчетам (ядерные реакторы, теплообменники, парогенераторы; Энергоатомиздат, Москва; 1990 (19 экз.)
2. Ташлыков, О. Л., Щеклеин, С. Е.; Парогенераторы АЭС : учебник для студентов вуза, обучающихся по направлению подготовки 14.05.02 "Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг".; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2019 (15 экз.)
3. Маргулова, Т. Х.; Водные режимы тепловых и атомных электростанций : Учеб. для вузов.; Высш. шк., Москва; 1987 (22 экз.)
4. Рассохин, Расохин, Н. Г.; Парогенераторные установки атомных электростанций; Атомиздат, Москва; 1987 (20 экз.)

##### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека eLibrary

Реферативная БД Scopus

## Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

ТЕХЭКСПЕРТ. Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты). URL: <http://www.cntd.ru/>.

РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов). URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Парогенераторы и теплообменники атомных станций

Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Учебно-тренировочный комплекс кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», оснащенный макетами парогенераторов АЭС.	Не требуется

4	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	<b>Не требуется</b>
7	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Турбомашинны атомных станций**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Целищев Максим Федорович	кандидат технических наук, без ученого звания	Доцент	турбин и двигателей

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Целищев Максим Федорович, Доцент, турбин и двигателей

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Тепловые циклы и принципиальные схемы турбоустановок. Место и назначение паровых и газовых турбин в схемах атомных электростанций. Энергетическая программа о развитии атомной энергетики. Современное состояние турбиностроения в России и за рубежом. Вопросы охраны окружающей среды АЭС.
P2	Тепловые схемы турбоустановок АЭС и их экономичность	Особенности схем турбин для АЭС. Коэффициенты полезного действия турбины и всей турбоустановки. Пути повышения экономичности турбоустановок. Влияние эффективности работы турбомашин на экономичность АЭС; влияние начальных и конечных параметров пара; влияние влажности. Промежуточная сепарация и перегрев пара. Выбор разделительного давления в турбинах АЭС. Регенерация тепла. Перспективы применения на АЭС ГТУ. Типы турбин и их классификация. Стандартизация основных параметров турбин.
P3	Преобразование энергии рабочего тела в турбинной ступени	Ступень турбины. Тепловой процесс в турбинной ступени. Активный и реактивный способы расширения в ступени. Степень реакции. Треугольники скоростей и давления. Усилия, действующие на лопатки. Классификация решеток; основные обозначения. Потери энергии в турбинной ступени. Конструктивные характеристики сопловых и рабочих решеток. Коэффициент полезного действия ступени и его зависимость от соотношения скоростей. Расход через ступень и ее размеры. Полный и парциальный подвод рабочего тела к ступени. Дополнительные потери в ступенях турбин (потери на трение,



		<p>вентиляцию и выколачивание). Рабочий процесс в ступени влажнопаровой турбины. Процесс расширения влажного пара. Движение влаги в турбине. Потери энергии от влажности. КПД влажнопаровой ступени. Эрозия; активные и пассивные методы борьбы с ней. Сепарация влаги в турбине: внутреннее влагоудаление, влагоулавливание за направляющими лопатками и за рабочим колесом. Расчет турбинной ступени, работающей в перегретом паре. Особенности течения пара в ступенях с длинными лопатками; методы расчета этих ступеней. Особенности расчета турбинной ступени, работающей во влажном паре.</p>
<b>P4</b>	<p>Многоступенчатые турбины (МСТ)</p>	<p>Конструктивная схема МСТ и ее связь с процессом преобразования энергии. Преимущества МСТ. Основы выбора конструкции. Деление МСТ на цилиндры и отсеки. Регулирующая ступень. Ступени с короткими лопатками. Особенности ступеней с длинными лопатками. Процесс расширения пара в турбине. Коэффициент возврата тепла и его влияние на КПД. Характеристический коэффициент и его связь с числом ступеней. Влияние влажности на эффективность работы МСТ. Выбор числа оборотов турбины. Выбор разделительного давления и разбивка теплоперепада по цилиндрам. Расчет первой и последней ступени цилиндров. Осевые усилия в МСТ и способы их уравнивания. Потери от утечек пара в турбинах. Устройство и принцип действия концевых уплотнений МСТ. Расчет ступенчатого лабиринтового уплотнения. Особенности расчета и проектирования уплотнений турбин, работающих на радиоактивных средах.</p>
<b>P5</b>	<p>Работа турбины при переменном режиме</p>	<p>Переменный режим работы турбинной установки. Причины, обуславливающие переменный режим работы, классификация режимов. Работа сопел при переменном режиме. Расширение потока в косом срезе решеток. Переменный режим работы ступени. Влияние соотношения скоростей на КПД и реакцию ступени при переменном режиме. Изменение давлений и теплоперепадов по ступеням МСТ при переменном режиме работы. Тепловой процесс в паровой турбине при переменном расходе пара. Типы парораспределения МСТ. Выбор типа парораспределения для турбин АЭС. Влияние изменений параметров свежего пара и давления в конденсаторе на мощность и экономичность турбин. Диаграммы, характеризующие переменный режим работы турбины.</p>
<b>P6</b>	<p>Конструкция основных элементов турбин</p>	<p>Конструкция и материал рабочих лопаток. Растяжение, изгиб и вибрация рабочих лопаток. Обеспечение надежности облопачивания при колебаниях лопаток. Диски. Цельнокованные и комбинированные роторы. Посадка диска на вал, напряжение в диске. Критическое число оборотов ротора. Соединительные муфты; их типы, конструкции, материалы. Статоры турбин. Корпус цилиндра. Крепление корпуса и обеспечение тепловых расширений. Центровка. Фланцевое соединение. Диафрагмы. Прочность и прогиб диафрагм. Обоймы. Крепление в корпусах диафрагм и обойм. Подшипники. Принцип работы подшипников. Опорные, упорные и опорно-упорные подшипники. Общие принципы конструирования турбин АЭС. Типовые конструкции</p>

		<p>влажнопаровых турбин. Паровые турбины для АЭС высоких начальных параметров. Методы расчета на прочность элементов турбин АЭС. Условия работы элементов турбин. Металлы, применяемые в турбинах АЭС.</p>
<b>P7</b>	<p>Система регулирования, защиты и маслоснабжения турбин</p>	<p>Общие принципы регулирования турбин. Схемы прямого и непрямого регулирования. Примеры принципиальных схем регулирования. Особенности регулирования турбин АЭС. Статическая характеристика регулирования. Нечувствительность регулирования. Параллельная работа турбоагрегатов. Регулирование и защита турбин АЭС. Конструкции органов парораспределения, регулирования и защиты турбины. Схема маслоснабжения турбин АЭС. Основные элементы системы подачи и распределения масла. Аварийная смазка подшипников. Вопросы пожарной безопасности. Физико-химические и эксплуатационные свойства турбинных масел. Обеспечение надежности систем регулирования, защиты и маслоснабжения турбин.</p>
<b>P8</b>	<p>Конденсационная установка (КУ)</p>	<p>Назначение, состав и схемы конденсационной установки (КУ). Взаимодействие основных потоков в конденсаторе. Водяная и паровая стороны конденсатора. Принципы рациональной компоновки трубного пучка конденсатора. Паровое сопротивление, присосы воздуха и его удаление. Обзор современных конструкций конденсаторов паровых турбин АЭС. Методики теплового и гидродинамического расчета конденсаторов. Насосы КУ. Принцип действия, конструкция воздушных насосов (эжекторов). Особенности работы и выбора конденсатных и циркуляционных насосов. Основы эксплуатации КУ. Обеспечение воздушной и гидравлической плотности конденсатора. Загрязнение труб конденсатора. Способы контроля состояния поверхности теплообмена и обеспечение оптимальных сроков чистки конденсаторов. Повышение эффективности работы КУ за счет интенсификации теплообмена в конденсаторах паровых турбин.</p>
<b>P9</b>	<p>Вспомогательное оборудование турбинной установки</p>	<p>Регенеративные подогреватели: смешивающие и поверхностного типа. Принцип действия и конструкция. Деаэраторы питательной воды, принцип действия и устройство. Питательные насосы и их привод. Сепараторы и промперегреватели. Конструкция и принцип действия.</p>
<b>P10</b>	<p>Основы эксплуатации паротурбинных установок</p>	<p>Пусковая схема турбоустановки. Подготовка к пуску и пуск турбоустановки из холодного состояния. Особенности пуска турбины из неостывшего состояния. Обслуживание турбоустановки при установившемся режиме работы. Разгрузка турбоагрегата. Выбег ротора. Аварии и неполадки турбин АЭС.</p>
<b>P11</b>	<p>Газотурбинные установки (ГТУ) на АЭС</p>	<p>Классификация ГТУ и стандартизация основных параметров. Циклы ГТУ при <math>P = \text{const}</math>. Выбор рабочего тела для ГТУ на диссоциирующих газах. Обзор конструкций современных ГТУ. Преимущества и недостатки современных газовых турбин в сравнении с другими тепловыми двигателями. Особенности конструкции газовых турбин. Перспективы применения ГТУ на АЭС.</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	проектная деятельность профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности  Технология самостоятельной работы	ПК-4 - Способен проектировать составе рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	П-5 - Выполнять в рамках учебных заданий расчеты паротурбинных установок атомных станций

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Турбомашинны атомных станций

#### Электронные ресурсы (издания)

#### Печатные издания

1. Трояновский, Б. М., Булкин, А. Е., Филиппов, Г. А.; Паровые и газовые турбины атомных электростанций : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1985 (25 экз.)
2. , Костюк, А. Г., Фролов, В. В., Булкин, А. Е., Трухний, А. Д.; Турбины тепловых и атомных электрических станций : учеб. для студентов вузов, обучающихся по специальности "Тепловые электр. станции".; МЭИ, Москва; 2001 (37 экз.)
3. Недошивина, Т. А., Урьев, Е. В.; Динамическая надежность и диагностика турбин : учебное пособие.; УрФУ, Екатеринбург; 2010 (20 экз.)
4. Щегляев, А. В., Трояновский, Б. М.; Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учебник для студентов энергомашиностр. и теплоэнергет. специальностей вузов : В 2 кн. Кн. 1. ; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (80 экз.)

5. Щегляев, А. В., Трояновский, Б. М.; Паровые турбины : Теория теплового процесса и конструкции турбин : Учебник для студентов энергомашиностр. и теплоэнергет. специальностей вузов : В 2 кн. Кн. 2. ; Энергоатомиздат, Москва; 1993 (80 экз.)

6. Косяк, Ю. Ф., Галацан, В. Н., Палей, В. А.; Эксплуатация турбин АЭС; Энергоатомиздат, Москва; 1983 (11 экз.)

### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека eLibrary

Реферативная БД Scopus

### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

ТЕХЭКСПЕРТ. Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты). URL: <http://www.cntd.ru/>.

РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов). URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Турбомашинны атомных станций**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		Доска аудиторная Периферийное устройство	
3	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
4	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная	<b>Не требуется</b>
5	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	<b>Не требуется</b>
6	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Шарипов Рамиль Нуриханович	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	атомные станции и возобновляемые источники энергии

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Уральский энергетический**

Протокол № 112 от 18.06.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Шарипов Рамиль Нуриханович, Старший преподаватель, атомные станции и возобновляемые источники энергии

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Трубопроводы атомных станций	Назначение и функции трубопроводов, арматуры и насосов. Основные требования к трубопроводам, конструктивные особенности исполнения, категории трубопроводов, материалы. Опоры и подвески трубопроводов. Техническое обслуживание.
P2	Арматура атомных станций	Классификация по функциональному назначению, по способу запираания потока. Требования, предъявляемые к арматуре. Основные правила эксплуатации. Конструктивное исполнение.
P3	Насосное оборудование атомных станций	
P3.T1	Основные параметры и характеристики насосов	Основное насосное оборудование АЭС. Главные циркуляционные насосы (ГЦН). Питательные насосы, схемы включения. Конденсатные насосы, схемы включения. Циркуляционные насосы. Параметры насосов: подача, давление, удельная работа, напор насоса, всасывающая способность; понятие кавитационного запаса, мощность, КПД насоса. Характеристики насосов.
P3.T2	Основы теории лопастных центробежных насосов	Основные уравнения насоса. Уравнения подобия, коэффициенты быстроходности, потери в насосах. Подводящие и отводящие устройства, рабочие колеса насосов. Осевые и радиальные силы, влияющие на работу насоса.

<b>РЗ.ТЗ</b>	Работа насосной установки	Характеристика системы «насос – сеть», устойчивость работы насоса в сети, явление помпажа. Регулирование работы насосной установки. Совместная работа насосов. Параллельное и последовательное включение.
<b>РЗ.Т4</b>	Насосные установки для АЭС	Главные циркуляционные насосы: устройство, характеристика. Насосы с механическим уплотнением вала, устройство, характеристика. Насосы для жидкометаллических теплоносителей.

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	профориентационная деятельность	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной профессиональной деятельности	ПК-4 - Способен проектировать состав рабочей группы элементы оборудования и технологических систем объектов использования атомной энергии с учетом требований ядерной, радиационной, пожарной, промышленной и экологической безопасности и с использованием современных информационных технологий	П-4 - Выполнять в рамках учебных заданий конструкторские расчеты насосных агрегатов атомных станций

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Лаптева, Н. Е.; Центробежные насосы : учебно-методическое пособие.; Издательство Уральского университета, Екатеринбург; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=239828> (Электронное издание)
2. Тихоненков, Б. П.; Насосы и насосные станции : учебное пособие. 1. Насосы; Альтаир : МГАВТ, Москва; 2005; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430699> (Электронное издание)



3. Тихоненков, Б. П.; Насосы и насосные станции : учебное пособие. 2. Насосные станции; Альтаир : МГАВТ, Москва; 2005; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430700> (Электронное издание)
4. Шерстюк, А. Н.; Насосы, вентиляторы и компрессоры : практическое пособие.; Высшая школа, Москва; 1972; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561897> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Локалов, Г. А., Аронсон, К. Э.; Центробежные насосы : конспект лекций.; УрФУ, Екатеринбург; 2011 (10 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Научная электронная библиотека eLibrary

Реферативная БД Scopus

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

#### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

ТЕХЭКСПЕРТ. Открытый фонд НТД (ГОСТ, СНИПов, СанПиНов, ВСН, РД, РДС, СП, ГЭСН, ФЕР, ТЕР, ГН, правовые акты). URL: <http://www.cntd.ru/>.

РОССТАНДАРТ (тексты новых стандартов). URL: <http://protect.gost.ru/default.aspx>; <http://libgost.ru/>.

### **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

#### **Насосы, трубопроводы и арматура атомных станций**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	WinEDUA3 ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство	Office 365 EDUA5 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES
3	Лабораторные занятия	Учебно-тренировочный комплекс кафедры «Атомные станции и возобновляемые источники энергии», оснащенный элементами трубопроводов с регулирующей арматурой и насосным оборудованием.	<b>Не требуется</b>
4	Курсовая работа/ курсовой проект	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
5	Консультации	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	<b>Не требуется</b>
7	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя	<b>Не требуется</b>