ФГАОУ ВО
"СПБПУ"

Подписано цифровой подписью: ФГАОУ ВО "СПБПУ"
DN: 1.2.643.100.3=1208303637343137303034353 7,
1.2.643.100.1=1205313032373830323530353237 39,
1.2.643.3.131.1.1=120C303037383034303430303737, email=lubla6@mail.ru, c=RU,
st=78 г. Санкт-Петербург, l=город Санкт-Петербург, o=ФГАОУ ВО "СПБПУ",
ou=ИЯЭ СПбПУ, cn=ФГАОУ ВО "СПБПУ", street=улица Политехническая, 29,
1.2.840.113549.1.9.2=7804040077-472602001-7816149637 10, title=исполняющий
обязанности директора, givenName=Евгений Константинович, sn=Фещенко
Дата: 2021.08.27 12:17:27 +03'00'

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

УТВЕРЖДАЮ
И.о. директора ИЯЭ «СПбПУ» Е.К. Фещенко

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Парогенераторы АЭС»

Разработчик	Кафедра "Проектирование и эксплуатация АЭС"
Направление (специальность) подготовки	14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Наименование ООП	14.05.02_01 Проектирование и эксплуатация атомных станций
Квалификация (степень) выпускника	**инженер-физик**
Образовательный стандарт	**СУОС СПбПУ**
Форма обучения	**Очная**

Руководитель ОП А.В. Ельшин

Соответствует СУОС СПбПУ
Утверждена протоколом заседания кафедры "ПиЭАЭС"
от «30» июня 2021 г. № 10

Аннотацию разработали:
Доцент, к.т.н. А.С. Грицай

Цели освоения дисциплины

Ядерные энергетические установки любого назначения имеют в своем составе теплообменные аппараты (ТОА), в том числе парогенераторы (ПГ). В связи с этим, данный курс является одним из профилирующих при подготовке специалистов по данному направлению. Основной целью дисциплины «Парогенераторы АЭС» является освоение основных принципов и подходов, используемых при разработке конструкции ПГ, изучение теплогидродинамических процессов, протекающих в ПГ, изучение методик теплогидравлического и прочностного расчетов ПГ.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-1	**Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования**
ИД-4 ОПК-1	Применяет соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области моделирования процессов парообразования
ИД-8 ОПК-1	Применяет соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области теплогидравлических процессов
ПК-4	**Способен выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств**
ИД-2 ПК-4	Выполняет теплогидравлические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств в области конструирования парогенераторов
ПК-8	**Способен проводить эскизное и предэскизное проектирование и конструирование элементов и систем ЯЭУ с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности**
ИД-2 ПК-8	Проводит эскизное и предэскизное проектирование и конструирование элементов и систем ЯЭУ с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности в области конструирования парогенераторов

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знает основные закономерности физико-математического аппарата в области моделирования процессов парообразования
- Знает основные закономерности физико-математического аппарата в области теплогидравлических процессов
- Знает методики теплогидравлических и прочностных расчетов узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств в области конструирования парогенераторов
- Знает методы конструирования элементов ЯЭУ с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности в области конструирования парогенераторов

умения:

- Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области моделирования процессов парообразования
- Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач в области теплогидравлических процессов
- Умеет использовать методики теплогидравлических и прочностных расчетов узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств в области конструирования парогенераторов
- Умеет выполнять конструирование элементов ЯЭУ с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности в области конструирования парогенераторов

навыки:

- Владеет навыками интерпретации результатов исследований для решения профессиональных задач в области моделирования процессов парообразования
- Владеет навыками интерпретации результатов исследований для решения профессиональных задач в области теплогидравлических процессов
- Владеет навыками интерпретации результатов теплогидравлических и прочностных расчетов узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств в области конструирования парогенераторов
- Владеет навыками изображения конструкций элементов ЯЭУ в области конструирования парогенераторов

Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	48
Практические занятия	80
Самостоятельная работа	52
Часы на контроль	108
Общая трудоемкость освоения дисциплины	288, ач
	8, зет

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации	Количество по семестрам
	Очная форма
Текущий контроль	
Курсовые работы, шт.	1
Промежуточная аттестация	
Экзамены, шт.	3

Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Место парогенератора в тепловой схеме АЭС	Рассматриваются особенности применения ПГ в двухконтурных и трехконтурных схемах. Приводится классификация парогенерирующих установок и определение, группа и класс безопасности ПГ в соответствии с действующей нормативной документацией.
2. Требования, предъявляемые к парогенераторам	Рассматриваются основные требования к ПГ по паропроизводительности, параметрам, единичной мощности, прочности, плотности и герметичности, компактности и ремонтопригодности.
3. Принцип выбора конструкционных схем и конструкций парогенераторов	Излагаются вопросы выбора параметров и конструкций ПГ. Производится классификация ПГ по способу организации движения рабочего тела в испарителе, виду первичного теплоносителя, конструктивному исполнению и направлению передачи тепла.
4. Теплоносители АЭС	Рассматриваются наиболее распространенные (водяные, газовые и жидкометаллические) и органические теплоносители, а также влияние их теплофизических свойств на конструкционные особенности парогенераторов.
5. Общая характеристика процессов, протекающих в парогенераторах	Общая характеристика процессов передачи тепла в ПГ. Процессы теплообмена и гидродинамики. Зависимость надежности и экономичности основного оборудования АЭС от совокупности теплогидравлических и физико-химических процессов. Основные характеристики пароводяной смеси. Теплообмен при кипении. Особенности механизма кипения в испарительных элементах ПГ. Нарушение устойчивости охлаждения поверхности при кипении. Кризисы теплообмена. Практическое определение истинных параметров двухфазной смеси. Основные закономерности гидродинамики двухфазного потока. Режимы течения и гидравлическое сопротивление. Безнапорное движение пароводяной смеси. Барботаж и сепарация пара. Методы получения пара необходимой чистоты.

6. Температурный режим работы теплопередающих поверхностей парогенераторов	Показатели надежности температурного режима поверхностей нагрева. Изменение условий теплоотдачи по длине парогенерирующего канала. Кризис теплообмена II рода. Инженерные методы расчета теплообмена при движении однофазного потока (в том числе потока жидкого металла) и различных способов омывания элементов поверхности нагрева. Теплообмен при конденсации. Роль лучистого теплообмена в ПГ, обогреваемых газами. Пульсации температур в зоне перехода к ухудшенному теплообмену. Влияние конструктивных особенностей поверхности нагрева на температурный режим.
7. Гидродинамические процессы при течении одно- и двухфазных сред	Гидродинамическая характеристика испарительного канала. Гидродинамическая нестабильность и меры по ее предотвращению. Пульсации потока в парогенерирующих трубах. Тепловая разверка и методы ее предотвращения. Влияние на тепловую разверку коллекторного эффекта и нивелирного напора. Статическая и динамическая неустойчивость. Номограммный способ определения границы неустойчивости.
8. Естественная циркуляция	Испарительные поверхности с естественной циркуляцией (ЕЦ). Основные характеристики контура циркуляции. Простые и сложные контуры с ЕЦ. Уравнение и его решение для простого и сложного контура. Определение величин, входящих в уравнение циркуляции. Последовательность расчета контуров с ЕЦ. Надежность ЕЦ. Причины возникновения ненадежных режимов циркуляции. Предельно допустимые кратности циркуляции. Способы повышения надежности ЕЦ. Циркуляционные аварии. Особенности расчета ЕЦ для горизонтальных ПГ АЭС с ВВЭР.
9. Процессы сепарации пара	Применяемые сепарационные устройства. Требования к сепарационным системам. Гравитационная сепарация. Механизм капельного уноса влаги. Конструкция и расчет погружного дырчатого и пароприемного щита. Центробежные сепараторы. Теоретические основы расчета центробежных сепараторов и их конструкции. Жалюзийные сепараторы. горизонтальные и вертикальные жалюзийные сепараторы.
10. Примеси питательной и парогенераторной воды, их влияние на надежность и экономичность работы парогенератора и качество пара	Физико-химические процессы, протекающие в контурах ЯЭУ. Баланс примесей в ПГ и их удаление с продувкой. Внешняя организация продувочных линий и регламент продувки.

11. Водный режим парогенераторов	Химический состав воды второго контура. Обработка фосфатами. Обработка летучими реагентами. Выбор обобщающих параметров для описания эффектов водно-химического режима.
12. Расчет парогенераторов, особенности основных видов расчетов парогенераторов различного типа	Тепловой баланс парогенератора. Коэффициент теплопередачи и температурный напор. Расчет площади теплопередающей поверхности. Влияние отложений и запас поверхности теплообмена. Расчет распределений температур по длине парогенерирующего канала. Пульсации температур в зоне перехода к ухудшенному теплообмену. Гидравлический расчет. Расчет прочности основных узлов ПГ. Расчет по выбору основных размеров. Упрощенный поверочный расчет.
13. Надежность работы парогенераторов	Основные повреждающие факторы элементов ПГ. Опыт эксплуатации горизонтальных ПГ. Повреждения зарубежных вертикальных парогенераторов. Сценарий разрыва трубки ПГ в случае невмешательства персонала.
14. Вопросы экономики в парогенераторостроении	Основы расчета технико-экономических показателей ПГ. Выбор и оптимизация величин температурных напоров. Условия технико-экономической сопоставимости вариантов.