

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИЯЭ О.Н. Шишова

АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

«Ядерные энергетические реакторы»

Разработчик	Кафедра "Проектирование и эксплуатация АЭС"
Направление (специальность) подготовки	14.05.01 Ядерные реакторы и материалы
Наименование ООП	14.05.01_01 Ядерные реакторы
Квалификация (степень) выпускника	инженер-физик
Образовательный стандарт	СУОС СПбПУ
Форма обучения	Очная

Руководитель ОП

Соответствует СУОС СПбПУ
Утверждена протоколом заседания
кафедры "ПиЭАЭС"
от «08» мая 2018 г. № 12

Аннотацию разработал:

Старший преподаватель А.С. Грицай

Цели освоения дисциплины

1. Сформировать знания общих принципов конструирования и конструктивных особенностей ядерных энергетических реакторов и теплофизических процессов, происходящих в активной зоне реактора, а также вспомогательных систем, обеспечивающих надежную и безопасную работу реакторов.
2. Сформировать умение выполнять теплогидравлические расчеты реакторов различных типов, оценочные расчеты при эксплуатации ядерных реакторов и их систем.

Результаты обучения выпускника

Код	Результат обучения (компетенция) выпускника ООП
ОПК-2	Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики
ИД-1 ОПК-2	Формулирует цели и задачи исследования, выбирает критерии оценки, выявляет приоритеты решения задач
ОПК-4	Способен оформлять результаты работы и научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ
ИД-1 ОПК-4	Оформляет результаты научно-исследовательской деятельности в виде статей, докладов, научных отчетов и презентаций с использованием систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ в области ядерной энергетики и технологий
ПК-11	Способен проводить критический анализ работы существующих ядерных установок и использовать его при проектировании перспективного оборудования
ИД-1 ПК-11	Проводит критический анализ работы существующих ядерных установок и использует его при проектировании перспективного оборудования
ПК-13	Способен проводить модернизацию существующих установок, разрабатывать и проектировать перспективные физико-энергетические установки
ИД-1 ПК-13	Разрабатывает и проектирует перспективные ядерные реакторы
ИД-2 ПК-13	Проводит модернизацию существующих установок
ПК-15	Способен к проведению предварительного технико-экономического анализа разработок текущих и перспективных ЯЭУ
ИД-2 ПК-15	Проводит предварительный технико-экономический анализ разработок текущих и перспективных ЯЭУ в области перспективных ядерных реакторов

ПК-6	Способен рассчитывать основные характеристики ядерных реакторов и энергетических установок
ИД-1 ПК-6	Рассчитывает основные характеристики ядерных реакторов в области их конструирования
ПК-7	Способен проводить нейтронно-физический и теплогидравлический расчет ядерных установок
ИД-1 ПК-7	Проводит теплогидравлический расчет ядерных реакторов

Планируемые результаты изучения дисциплины

знания:

- Знает современные проблемы ядерной энергетики для решения профессиональных задач
- Знает методики расчета основных характеристик ядерных реакторов в области их конструирования
- Знает методики теплогидравлического расчета ядерных реакторов
- Знает методы критического анализа работы существующих ядерных установок и использует их при проектировании перспективного оборудования
- Знает методы разработки и проектирования перспективных ядерных реакторов
- Знает методы модернизации существующих установок
- Знает конструкции перспективных ЯЭУ

умения:

- Умеет использовать накопленные знания для формулирования целей и задач исследования, критически оценивать, выявлять приоритеты решения задач
- Умеет оформлять результаты научно-исследовательской деятельности в области ядерной энергетики и технологий
- Умеет выполнять расчеты основных характеристик ядерных реакторов в области их конструирования
- Умеет выполнять теплогидравлический расчет ядерных реакторов
- Умеет выполнять критический анализ работы существующих ядерных установок и использовать его при проектировании перспективного оборудования
- Умеет использовать методы разработки и проектирования перспективных ядерных реакторов
- Умеет использовать методы модернизации существующих установок
- Умеет применять методы расчета перспективных ЯЭУ

навыки:

- Владеет навыками использования систем компьютерной верстки и пакетов офисных программ для представления результатов научно-исследовательских работ
- Владеет навыками интерпретации результатов расчетов основных характеристик ядерных реакторов в области их конструирования
- Владеет навыками интерпретации результатов теплогидравлического расчета ядерных реакторов
- Владеет навыками интерпретации результатов критического анализа работы существующих ядерных установок и использовать их при проектировании перспективного оборудования
- Владеет навыками интерпретации результатов выполнения модернизации существующих установок

Виды учебной работы

Виды учебной работы	Трудоемкость по семестрам
	Очная форма
Лекционные занятия	64
Практические занятия	80
Самостоятельная работа	135
Часы на контроль	117
Общая трудоемкость освоения дисциплины	396, ач
	11, зет

Формы текущего контроля и промежуточной аттестации

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

Содержание разделов и результаты изучения дисциплины

Раздел дисциплины	Содержание
1. Введение в курс	Основные предпосылки и перспективы развития ядерных энергетических установок. Запасы ядерного топлива. Фрагменты истории создания стационарных, транспортных и космических ядерных реакторов. Конкурентоспособность ядерных энергетических установок. Цивилизация и ядерная безопасность.
2. Классификация ядерных реакторов	Классификация ядерных реакторов. Энергия нейтронов. Виды замедлителя. Влияние свойств замедлителя на компоновку активной зоны. Теплоносители. Влияние свойств теплоносителя на затраты мощности на прокачку. Влияние свойств теплоносителя на конструкцию активной зоны. Знания на уровне доказательств и выводов. Ядерное топливо для реакторов. Умения в решении типовых задач.
3. Компоновочные схемы ядерных реакторов	Основные компоновочные принципы размещения оборудования реакторных, их сравнительный анализ. Принципы размещения активной зоны. Конструктивные особенности ядерных реакторов. Тепловыделяющие элементы.
4. Водо-водяные энергетические реакторы с водой под давлением (ВВЭРД)	Конструкция ВВЭРД. Технология изготовления основных элементов. Организации движения теплоносителя. Конструктивные особенности твэлов. Основные принципы конструирования тепловыделяющих сборок. Подвесная шахта. Блок защитных труб. Корпус и крышка реактора. Контроль состояния корпуса реактора и коммуникаций первого контура в процессе эксплуатации. Особенности конструкции кассет СУЗ. Особенности размещения топлива в активной зоне и перегрузка топлива. Знания на уровне на уровне доказательств и выводов. Оценка гидравлических характеристик циркуляционного контура. Расчет парового и газового компенсаторов объема. Умения в решении типовых задач.
5. Водо-водяные кипящие энергетические реакторы (ВВЭРК)	Основные достоинства и недостатки реакторов. Особенности конструктивного исполнения в сопоставлении с ВВРД. Сепарационные устройства. Знания на уровне доказательств и выводов. Организация движения теплоносителя. Естественная циркуляция теплоносителя в ВВРК. Умения в решении типовых задач.

6. Канальные водо-графитовые реакторы	<p>Нейтронно-физические характеристики графита с водой. Достоинства и недостатки водографитовых реакторов. Основные характеристики реакторов типа РБМК. Активная зона реактора. Устройство технологических каналов. Каналы СУЗ. Графитовая кладка реактора. Распределения температур в каналах и графитовых кольцах. Ремонт графитовой кладки. Материалы, используемые в реакторах типа РБМК. Принципиальная схема включения реактора типа РБМК на АЭС. Контур многократной принудительной циркуляции. Особенности конструкции реактора РБМК-1000. Особенности перегрузки топлива на РММК. Процессы, происходящие в топливной ячейке и графитовой кладке в течение эксплуатации. Эксплуатационный мониторинг циркуляционного контура. Умения в решении типовых задач.</p>
7. Реакторы на быстрых нейтронах	<p>Нейтронно-физические процессы в реакторах. Коэффициент воспроизводства. Ядерное топливо. Теплоноситель для реакторов. Основные достоинства и недостатки реакторов. Принципиальная схема реактора БН-600, БРЕСТ ОД - 300 Особенности активной зоны. Зона воспроизводства. Управление и защита. Перегрузка ядерного топлива. Сопоставление характеристик реакторов на быстрых нейтронах. Знание на уровне доказательств и выводов. Умения в решении типовых задач.</p>
8. Газоохлаждаемые реакторы	<p>Газ, как теплоноситель. Специфические особенности конструкции газоохлаждаемых реакторов. Низкотемпературные и высокотемпературные реакторы. Принципиальная схема высокотемпературного реактора с стержневыми твэлами. Принципиальная схема реактора с шаровыми твэлами. Сопоставление характеристик газоохлаждаемых реакторов. Умения в решении типовых задач.</p>
9. Тяжеловодные реакторы	<p>Нейтронно-физические свойства тяжелой воды. Сравнение свойств тяжелой и обычной воды. Реакторы типа CANDU, устройство, особенности эксплуатации. Преимущества и недостатки реакторов CANDU. Умения в решении типовых задач.</p>

10. Энерговыведение в активной зоне	<p>Энергонапряженность различных активных зон. Основные источники энерговыведения в активной зоне. Неравномерность размещения топлива в активной зоне. Неравномерность размещения выгорающего поглотителя в активной зоне. Изменение полей энерговыведения в течение кампании. Перемещение стержней активной зоны в процессе эксплуатации. Перестановка ТВС при перегрузке топлива. Знание на уровне доказательств и выводов. Тепловыведение в реакторных материалах и биологической защите. Полная мощность реактора. Распределение удельного тепловыведения в активной зоне. Коэффициент неравномерности энерговыведения. Выравнивание энерговыведения в активной зоне. Умения в решении типовых задач.</p>
11. Остаточное тепловыведение в ядерном реакторе	<p>Источники остаточного тепловыведения. Изменение величины остаточного тепловыведения во времени. Зависимость величины остаточного выделения от кампании реактора. Навыки решения типовых задач.</p>
12. Тепловой расчет реакторов с однофазным теплоносителем	<p>Определение геометрических характеристик кассеты и активной зоны. Ограничение максимального теплового потока. Определение основных теплотехнических характеристик активной зоны. Распределение температур по длине твэл в гомогенной активной зоне. Распределение температур по длине ТВС в гетерогенной активной зоне. Оценка распределения температуры теплоносителя оболочки и топлива по высоте активной зоны при симметричном косинусоидальном поле энерговыведения. Распределение температур по радиусу твэл. Оценка распределения температур по сечению твэл. Гидравлическая характеристика активной зоны. Основные принципы гидравлического профилирования активных зон. Умения в решении типовых задач.</p>
13. Особенности расчета кипящих реакторов	<p>Определение координат начала поверхностного и объемного кипения. Массовое паросодержание вдоль испарительного канала. Теплогидравлические процессы в каналах с двухфазным теплоносителем. Изменение гидравлического сопротивления вдоль обогреваемого канала. Гидравлическая разверка по обогреваемым каналам и гидродинамическая неустойчивость. Влияние тепловой неравномерности в активной зоне на гидравлические характеристики каналов. Взаимное влияние теплогидравлических и нейтронно-физических характеристик активной зоны. Умения в решении типовых задач.</p>

14. Основные принципы построения систем безопасности реакторных установок	Барьеры безопасности. Критерии безопасности. Основные принципы, используемые при построении систем безопасности. Примеры систем безопасности.
15. Устройство системы аварийного охлаждения активной зоны (САОЗ) ВВЭР	Назначение системы САОЗ. Устройство САОЗ. Система активного впрыска с насосами высокого давления. Система активного впрыска с насосами низкого давления. Система пассивного впрыска с гидроаккумуляторами.
16. Устройство системы защитной оболочки	Назначение защитной оболочки. Спринклерная система, система дожигания водорода, система пассивного отвода тепла от защитной оболочки. Принцип действия указанных систем.
17. Концепции удержания расплава при тяжелых авариях	Тяжелые аварии - протекание, возможные последствия. Расплав активной зоны (кориум), его свойства. Технические решения по удержанию расплава в корпусе реактора. Внекорпусное устройство локализации расплава, отечественные и зарубежные концепции.
18. Устройство системы аварийного охлаждения реактора (САОР) РБМК	Назначение и устройство системы САОР. Принцип действия системы при авариях с большой и малой течью теплоносителя.