

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физико-технические проблемы атомной энергетики

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Атомные электростанции**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В. Аникеев

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Мелихов О.И.
	Идентификатор	Re9797a97-MelikhovOI-83f385d8

(подпись)

О.И.

Мелихов

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Аникеев А.В.
	Идентификатор	R64fa5fd7-AnikeevAV-ee466b65

(подпись)

А.В.

Аникеев

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические и технологические процессы, используемые в атомной энергетике

ИД-1 Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам

2. ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования тепло-гидравлических и нейтронно-физических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-1 Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем

3. ПК-3 Способен самостоятельно определять направление и характер проводимых научно-практических работ, учитывать современные тенденции развития атомной энергетики

ИД-3 Знает современные тенденции развития атомной энергетики

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС.

Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС. (Контрольная работа)

2. Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. (Тестирование)

3. Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС (Контрольная работа)

4. Паротурбинные установки (ПТУ) АЭС (Контрольная работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС					
Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС		+			+
Паротурбинные установки (ПТУ) АЭС					

Паротурбинные установки (ПТУ) АЭС		+		
Вспомогательные технологические системы реакторной установки				
Вспомогательные технологические системы реакторной установки			+	+
Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС				
Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС			+	
Вес КМ:	15	30	15	40

2 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %
	Индекс КМ:
	Срок КМ:
Вес КМ:	

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

БРС курсовой работы/проекта

2 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Выбор основных параметров принципиальной тепловой схемы блока АЭС		+		+	
Выбор параметров и разработка принципиальной тепловой схемы ПТУ		+		+	
Расчет тепловой схемы ПТУ			+	+	
Расчет расходных характеристик низкопотенциальной части энергоблока			+	+	
Расчет тепловой схемы паропроизводительной установки			+	+	
Расчет показателей тепловой экономичности энергоблока АЭС			+	+	
Разработка схемы какого-либо элемента или системы одной из установок АЭС				+	
Разработка развернутой тепловой схемы энергоблока				+	
Оформление пояснительной записки					+
Выполнение графической части проекта					+
Вес КМ:		20	30	40	10

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам	Знать: – назначение и основные характеристики технологических установок АЭС Уметь: – разрабатывать структуру тепловых схем основных технологических установок и АЭС в целом, а также обоснованно выбирать значения управляемых параметров тепловых схем АЭС	Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. (Тестирование) Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС (Контрольная работа)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем	Знать: – основные термины и основы современной методологии исследования и проектирования технологических схем АЭС Уметь: – составлять уравнения материальных и энергетических балансов	Паротурбинные установки (ПТУ) АЭС (Контрольная работа) Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС. (Контрольная работа)

			применительно к элементам оборудования тепловых схем, определять способ решения системы уравнений, составляющих расчет тепловой схемы	
ПК-3	ИД-3ПК-3 современные тенденции развития атомной энергетики	Знает	Знать: – основные источники научно-технической информации по технологическим схемам АЭС и используемому в них оборудовании Уметь: – ставить и решать задачи исследования и проектирования технологических (тепловых) схем	Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС. (Контрольная работа) Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС (Контрольная работа)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: – назначение и основные характеристики технологических установок АЭС	1.Основные особенности паротурбинной установки одноконтурной АЭС и её вспомогательные технологические системы 2.Основные особенности реакторов типа ВВЭР и РБМК, как основного элемента оборудования АЭС. 3.Основные особенности кипящих реакторов, как основного элемента оборудования АЭС. 4.Особенности паропроизводительной установки с водо-водяным реактором сверхкритического давления. 5.Особенности паропроизводительных установок с реакторами, охлаждаемыми жидкометаллическим (щелочным) теплоносителем, и выбор параметров таких ППУ 6.Особенности паропроизводительной установки с реактором со свинцовым теплоносителем 7.Выбор параметров паропроизводительной установки БРЕСТ, требования к паротурбинной установке, основные преимущества по сравнению с ППУ с натриевым теплоносителем 8.Особенности паропроизводительной установки с реактором, охлаждаемым газом, и выбор значений ее управляемых параметров (на примере ППУ с реактором магникового типа) 9.Особенности паропроизводительных установок с реакторами типа АGR и с гелиевым охлаждением
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Паротурбинные установки (ПТУ) АЭС

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Решить задачу

Краткое содержание задания:

Контрольная работа

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: – составлять уравнения материальных и энергетических балансов применительно к элементам оборудования тепловых схем, определять способ решения системы уравнений, составляющих расчет тепловой схемы

1. Система регенерации ПТУ состоит из трех ПВД, деаэратора и четырех ПНД, обогреваемых паром из отборов турбины с давлениями 4,05, 1,9, 1,27 (ПВД3 и Д), 0,53, 0,35, 0,13 и 0,024 МПа. Недогревы воды в подогревателях поверхностного типа равны соответственно 4,0, 4,0, 6,0, 4,0, 3,0, 2,0, 2,0 оС. Температура воды на входе в систему регенерации 32оС; давление в деаэраторе 0,7 МПа. Определить температуры воды на выходе из подогревателей и сравнить полученные значения с температурами, рассчитанными по упрощенной формуле распределения подогрева, оптимального по тепловой экономичности

2. Работа энергоблока с ВВЭР-1000 на номинальной мощности характеризуется следующими значениями параметров: $N_{Э}=1050$ МВт; $h_3=0,34$; $p_{ПГ}=6,5$ МПа; $p_P=15,7$ МПа; $t_{p'}=320^{\circ}\text{C}$; $t_{p''}=290^{\circ}\text{C}$ $D_{pГЦН}=0,75$ МПа. Задать значения коэффициентов, определяющих тепловые потери в элементах ППУ и определить мощность, переданную теплоносителю в реакторе, и мощность, переданную теплоносителем в парогенераторе

3. В парогенераторе конструктивно выделены «чистый» и «солевой» отсеки, последний – паропроизводительностью 20%. Определить относительное содержание примесей ($S_{п.в.}=1$) в каждом отсеке, если известно: влажность отводимого пара 0,4%, относительный расход продувки, выводимой из солевого отсека $p=1\%$ полной паропроизводительности парогенератора

4. Бустерный насос забирает воду из бака деаэратора, давление в котором 0,7 МПа, и подает ее на всас основного питательного насоса расходом 870 кг/с. Определить кавитационный запас, высоту установки деаэратора над бустерным насосом и подогрев воды в насосе, если известны: число оборотов (1800 об/мин),

	напор (210 м.вод.ст.) и кпд (0,84) насоса; гидравлические потери в трубопроводе от деаэратора до насоса равны 20кПа. 5.Один пиковый и два основных сетевых подогревателя должны обеспечить температурный график теплосети 150/60°C при изменении мощности паротурбинной установки в пределах 70-100%. Задать распределение подогрева сетевой воды между подогревателями ТфУ, а также другие необходимые для решения задачи исходные данные и определить давления в отборах турбины на сетевые подогреватели
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС.

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 15

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: — основные термины и основы современной методологии исследования и проектирования технологических схем АЭС	1.Особенности теплофикационных установок одноконтурных АЭС 2.Основное оборудование теплофикационных установок АЭС, особенности его работы и способы регулирования тепловой нагрузки. 3.Основные управляемые параметры системы регенеративного подогрева питательной воды ПТУ и рекомендации по выбору их значений. 4.Тепловые схемы теплофикационных установок АЭС, виды подогревателей сетевой воды, выбор значений их управляемых параметров. 5.Теплофикация, тепловые нагрузки и температурные
--	---

	графики систем теплоснабжения 6.Назначение питательной установки. Определение требуемых давления питательного насоса и условий на всасе.
Знать: — основные источники научно-технической информации по технологическим схемам АЭС и используемому в них оборудовании	1.Назначение системы регенеративного подогрева питательной воды. Типы и виды регенеративных подогревателей. Выбор значений управляемых параметров. Способы включения пароохладителя в подогревателях высокого давления. 2.Каким образом и при каких основных допущениях может быть обосновано равномерное распределение подогрева воды между подогревателями системы регенерации ПТУ? 3.Какие факторы необходимо учитывать при оптимизации температуры питательной воды по общей экономичности и при выборе числа регенеративных подогревателей?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Паропроизводительные установки (ППУ) АЭС. Вспомогательные технологические системы и системы безопасности АЭС. Компоновка главного корпуса и генеральный план АЭС

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 40

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа

Краткое содержание задания:

Решить задачи

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: — разрабатывать структуру тепловых схем основных технологических установок и АЭС в целом, а также обоснованно выбирать значения управляемых	1.Нарисовать схему включения охладителя (конденсатора) пара основного эжектора конденсационной установки, его t, Q – диаграмму и записать для него уравнение теплового баланса. Определить температуру основного конденсата на выходе из охладителя при следующих исходных
---	--

параметров тепловых схем АЭС	данных: расход рабочего пара эжектора, отводимый из деаэратора с давлением 0,69 МПа, 1,3 кг/с; расход пара, отсасываемого эжектором с паровоздушной смесью из конденсатора турбины с давлением 5 кПа, 3,0 кг/с; давление конденсации пара в охладителе эжектора 0,1 МПа; расход основного конденсата через охладитель 650 кг/с с давлением 1,0 МПа и температурой 35оС. 2.Определить температуру питательной воды, оптимальную по общей экономичности для ПТУ при следующих исходных данных: $p_0=7$ МПа, $p_k=4,5$ кПа, число подогревателей системы регенерации – 7. Нарисовать схему системы регенерации ПТУ и определить температуры воды на выходе из каждого подогревателя, при которых тепловую экономичность ПТУ можно считать максимальной. Недостающие исходные данные, включая типы подогревателей, обоснованно принять 3.Определить необходимую высоту установки деаэратора постоянного давления ($p_D=0,69$ МПа) для бустерного питательного насоса с частотой вращения 1800 об/мин и подачей 3800 м3/ч. Частота вращения основного питательного насоса 3500 об/мин, гидравлическое сопротивление трубопроводной системы подвода воды от деаэратора к насосу 12 кПа. Определить также подогрев воды в насосе и его мощность, приняв КПД насоса, равным 0,8. 4.Теплофикационная установка двухконтурной АЭС работает по температурному графику 160/70°С и состоит из трех сетевых подогревателей, подключенных к тем же отборам турбины, что и ПНД с температурами нагреваемого основного конденсата на выходе, равными 170, 134 и 105оС. Определить температуры воды на выходе из сетевых подогревателей и давления греющего пара в них, приняв значения минимальных температурных напоров в ПНД и СП. Определить также минимальную мощность ПТУ, при которой будет обеспечен заданный температурный график. 5.Расчетом тепловой схемы ПТУ для энергоблока АЭС с ВВЭР-1000 получено $h_э=0,335$. Определить мощность ГЦН и тепловую мощность, передаваемую оборудованием ППУ воздуху внутри защитной оболочки по следующим исходным данным; $p_{pГЦН}=0,7$ МПа, $t_{p'}=325^{\circ}\text{C}$; $\Delta t_p=30^{\circ}\text{C}$; $h_I=h_{пп}=0,996$; $h_p=h_{пг}=0,999$.
Уметь: – ставить и решать задачи исследования и проектирования технологических (тепловых) схем	1.Общая характеристика вспомогательных технологических систем. Системы нормальной эксплуатации на примере РУ с ВВЭР-1000. Система компенсации давления – назначение, схема и особенности установленного оборудования, принцип действия.

	Система продувки-подпитки первого контура – назначение, схема, принцип действия. Назначение и краткая характеристика систем высокотемпературной байпасной очистки теплоносителя, организованных протечек, промконтура, продувки парогенераторов, боросодержащей воды и борного концентрата, дистиллята, подготовки химреагентов для ввода в теплоноситель. Системы, обеспечивающие отвод теплоты от оборудования вспомогательных систем в окружающую среду.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Для курсового проекта/работы

2 семестр

I. Описание КП/КР

Расчет тепловой схемы энергоблока АЭС

II. Примеры задания и темы работы

Пример задания

Расчет тепловой схемы РУ с ВВЭР-1000

Тематика КП/КР:

КМ-1. Соблюдение графика выполнения КР

Описание шкалы оценивания

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание преимущественно выполнено или выполнено в полном объеме

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-2. Соблюдение графика выполнения КР

Описание шкалы оценивания

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания:

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено

КМ-3. Оценка выполнения разделов КР (отсутствие/наличие ошибок)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

КМ-4. Оценка выполнения разделов КР (отсутствие/наличие ошибок)

Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Назначение системы регенеративного подогрева питательной воды. Виды регенеративных подогревателей, их конструктивные особенности, способы включения в тепловую схему, выбор значений управляемых параметров.
2. Основные параметры, характеризующие условия работы паровой турбины. Выбор давлений в точках отбора пара из турбины.
3. С помощью графической зависимости $p_{разд.опт}(p_0)$ и значений производных $p_{разд.опт}$ по влияющим параметрам определить оптимальное значение разделительного давления турбины, если задано: $p_0 = 4$ МПа, $p_k = 6$ кПа, h_{oi} ппЦВД = 0,84, h_{oi} пп ЦНД = 0,89, $авл = 0,8$, $\Delta h_{в.с.} = 48$ кДж/кг; $\delta t_2 = 23,2^\circ\text{C}$.

Процедура проведения

Проводится в устной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 60 минут.

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-1 Владеет навыками исследования и проектирования технологической схемы АЭС применительно как к основному технологическому процессу, так и к вспомогательным технологическим системам

Вопросы, задания

1. Основные особенности паротурбинной установки одноконтурной АЭС и её вспомогательные технологические системы.
2. Основные особенности реакторов типа ВВЭР и РБМК, как основного элемента оборудования АЭС.
3. Основные особенности кипящих реакторов, как основного элемента оборудования АЭС.
4. Работа энергоблока с ВВЭР-1000 на номинальной мощности характеризуется следующими значениями параметров: $N_{Э} = 1050$ МВт; $h_3 = 0,34$; $p_{ПГ} = 6,5$ МПа; $p_P = 15,7$ МПа; $t_P' = 320^\circ\text{C}$; $t_P'' = 290^\circ\text{C}$ $p_{рГЦН} = 0,75$ МПа. Задать значения коэффициентов, определяющих тепловые потери в элементах ППУ и определить мощность, переданную теплоносителю в реакторе, и мощность, переданную теплоносителем в парогенераторе.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Вспомогательные системы нормальной эксплуатации

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Система расхолаживания бассейна выдержки Система подачи сжатого воздуха Система дожигания водорода Система спецгазоочистки Система маслоснабжения реакторного отделения

2. Мероприятия радиационной безопасности АЭС

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Конструктивные мероприятия — инженерные решения, реализуемые в виде барьеров на пути возможного распространения радиоактивных веществ — ядер топлива и продуктов деления. Различают пять барьеров. Первый барьер создается видом применяемого ядерного топлива, в зависимости от которого меняется выход радиоактивных продуктов. Наименьший выход имеет так называемое матричное топливо. Второй барьер — оболочки твэлов. Третий — границы первого контура, которые для двухконтурной АЭС оказываются «размытыми» из-за подключения к первому контуру вспомогательных систем нормальной эксплуатации и систем безопасности. В случае одноконтурной АЭС этот барьер оказывается в определенной мере условным. Четвертый барьер — локализирующий, призванный не допустить распространения радиоактивных веществ в обслуживаемые помещения электростанции и в окружающую среду. Он создается в виде защитной герметичной оболочки, прочноплотных боксов или герметичных помещений, ограждения которых рассчитываются на повышенное избыточное давление. Пятый барьер предназначен для защиты населения и окружающей среды расстоянием: вокруг АЭС организуются санитарно-защитная зона и зона наблюдения.

3. Все системы безопасности подразделяются на четыре вида

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: 1. Защитные системы предотвращают или ограничивают выход радиоактивных веществ за предусмотренные границы, защищают первые три барьера. 2. Локализирующие системы предотвращают или ограничивают распространение выделяющихся при аварии радиоактивных веществ внутри АЭС и за ее пределами. Защитные и локализирующие технологические системы безопасности будут рассматриваться далее. 3. Обеспечивающие системы снабжают системы безопасности рабочей средой, энергией, создают условия для их функционирования. К ним относятся: система воды промконтура и система технического водоснабжения ответственных потребителей; система аварийного электроснабжения, включая дизель-генераторы; системы вентиляции гермозоны, помещений К управляющим системам относятся: аварийная защита реактора; система выдачи сигналов для запуска в работу технологических систем безопасности; управляющая система по технологическим параметрам; система аварийного радиационного контроля РУ; система аварийного контроля реактора для запроектных аварий

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Владеет навыками постановки и решения задач исследования и проектирования технологических (тепловых) схем

Вопросы, задания

1. Определить давление в точке отбора пара из турбины на пиковый подогреватель теплофикационной установки, температурный график работы которой — 150/60°C, а работа турбины в течение суток теплофикационного периода изменяется в пределах 70-100%.
2. Промежуточные перегрев и сепарация пара для турбин АЭС: назначение, варианты структуры, влияние на тепловую экономичность ПТУ.
3. Сепараторы-пароперегреватели турбин АЭС: назначение, конструктивные особенности, основные предъявляемые к ним требования.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для чего предназначена система продувки-подпитки первого контура

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Система продувки-подпитки первого контура предназначена: • для плавного изменения концентрации в теплоносителе поглотителя нейтронов (борной кислоты) в целях регулирования реактивности по мере выгорания топлива; • для обеспечения требуемого качества теплоносителя, включая поддержание на возможно более низком уровне концентрации нежелательных примесей; • для очистки и возврата в контур организованных протечек (до 2 м³/ч); • для компенсации неорганизованных протечек теплоносителя (до 2 м³/ч).

2. Перечислите системы очистки вод и дайте их краткое описание

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: СВО — спецводоочистка, общее название установок для очистки вод, в которых содержатся или могут содержаться радиоактивные вещества. На АЭС с ВВЭР-1000 предусмотрено семь спецводоочисток: СВО-1 — высокотемпературная байпасная очистка воды первого контура; СВО-2 — очистка продувочной воды и воды оргпротечек первого контура; СВО-3 — переработка трапных вод (вод системы спецканализации) на выпарных аппаратах (может производиться и на СВО-7); СВО-4 — периодическая химическая очистка воды бассейна выдержки отработавших в реакторе тепловыделяющих сборок и воды контура охлаждения системы управления и защиты реактора; СВО-5 — очистка продувочной воды парогенератора; СВО-6 — очистка борсодержащих вод с концентрированием борной кислоты; СВО-7 — очистка вод спецпрачечной.

3. Система аварийного охлаждения активной зоны (активная часть)

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Система аварийного охлаждения состоит из двух частей: активной — системы аварийно-планового расхолаживания; пассивной — системы гидроемкостей. Система аварийно-планового расхолаживания является системой низкого давления: она начинает работу при давлении в первом контуре ниже 2,1 МПа. Нередко ее называют системой аварийного охлаждения зоны низкого давления (САОЗ НД). Активная часть САОЗ предназначена: • для аварийного расхолаживания активной зоны и длительного отвода остаточных тепловыделений при авариях с разуплотнением первого контура; • для расхолаживания во время планового останова РУ, а также для отвода остаточных тепловыделений при проведении перегрузки тепловыделяющих сборок с топливом; • для отвода остаточных тепловыделений при проведении ремонтных работ на оборудовании РУ со снижением уровня воды в реакторе до оси патрубков «холодных» ниток петель без выгрузки активной зоны.

3. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ПК-3} Знает современные тенденции развития атомной энергетики

Вопросы, задания

1. Назначение и состав технологических систем (частей) паротурбинной установки АЭС.
2. С помощью графической зависимости $r_{\text{опт}}(p_0)$, построенной при определенных значениях влияющих факторов, определить оптимальное значение разделительного давления при следующих исходных данных: $p_0 = 6,6$ МПа, $p_k = 4$ кПа, h_{0i} ппЦВД / h_{0i} ппЦНД = 0,9663, $\text{авл} = 0,88$, $\Delta h_{\text{в.с.}} = 40$ кДж/кг; $\delta t_2 = 25^\circ\text{C}$.
3. Определить возможную частоту вращения конденсатного насоса, установленного ниже уровня воды в конденсаторе на 2,6 м. Соппротивление всасывающего трубопровода 3 кПа, коэффициент запаса подпора на всасе 1,2, производительность насоса 420 кг/с.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Для чего предназначена система компенсации давления РУ с ВВЭР-1000

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Система компенсации давления РУ с ВВЭР-1000 предназначена: 1) для создания и поддержания давления в первом контуре в заданных пределах в стационарных режимах; 2) для ограничения отклонений давления в переходных и аварийных режимах; 3) для недопущения кипения теплоносителя в первом контуре (за исключением поверхностного кипения воды в активной зоне) в следующих режимах: • плановых изменений мощности в пределах от нагрузки собственных нужд (СН) до максимальной (предусмотренной проектом) в сторону как увеличения, так и уменьшения; • отключения одного или двух ГЦН без срабатывания аварийной защиты (АЗ) реактора; • сброса нагрузки турбогенератором до уровня СН без срабатывания АЗ реактора; при сбросе нагрузки от номинального уровня система получает максимальное положительное возмущение по скорости возрастания объема теплоносителя и его полному изменению; • срабатывания АЗ реактора в случае работы блока на номинальной мощности система получает максимальное отрицательное объемное возмущение вследствие резкого снижения температуры теплоносителя из-за падения тепловыделения в реакторе при сохранении теплоотвода в парогенераторе

2. Специфические условия, в которых находится вода-теплоноситель первого контура АЭС с ВВЭР

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Первое — это мощное ионизирующее излучение, под воздействием которого происходит радиолиз воды — достаточно сложные ее физические и химические превращения и разложение. Второе специфическое условие — применение в реакторах типа ВВЭР борного регулирования.

3. Поясните эффект «хайд-аут»

Ответы:

Изучение рекомендованной литературы

Верный ответ: Специфично поведение нерастворимых примесей. В пристенный слой они также поступают с водой и практически не уносятся с паром. Обладая конечными, хотя и малыми размерами, на границе ламинарного подслоя они оказываются в условиях, когда скорость воды со стороны ядра потока превосходит скорость в ламинарном подслое. Возникают вращение частиц и разность давлений (эффект Г. Магнуса), действующая на частицу в направлении от стенки и уравнивающая силу потока воды, движущейся к стенке. Большая часть нерастворимых примесей во время работы парогенератора скапливается в пристенном слое, а с продувкой выводится их незначительная часть. Только после останова парогенератора они оказываются в его водяном объеме. Когда циркуляция рабочего тела практически полностью прекращается, начинается их медленное осаждение на нижнюю образующую парогенератора и частично на теплопередающие трубы. Если слой осажденных частиц оказывается значительным, то после включения парогенератора в работу все частицы не успевают возобновить циркуляцию с водой, и часть их «прикипает» к поверхности, образуя отложения. Для уменьшения таких отложений предложен вариант парогенератора (ПГВ-1000МК) с увеличенным диаметром корпуса, увеличенным пространством под трубами и с коридорным (вместо шахматного) расположением труб в водяном объеме. Вероятность осаждения частиц на трубах при коридорном их расположении меньше

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной

Для курсового проекта/работы:

2 семестр

Форма проведения: Защита КП/КР

I. Процедура защиты КП/КР

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

В приложение к диплому выносится оценка за 1 семестр и за курсовой проект.