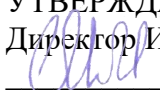
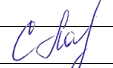


УТВЕРЖДАЮ
Директор ИШЭ
 А.С. Матвеев
30.06.2020 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ ИТОГОВОЙ АТТЕСТАЦИИ
ПРИЕМ 2016 г.
ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

Направление подготовки/ специальность	14.05.02 «Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг»
Образовательная программа (направленность (профиль))	Nuclear power plants: design, operation and engineering / Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг
Специализация	Design and operation of nuclear power plants / Проектирование и эксплуатация атомных станций
Уровень образования	высшее образование – специалитет
Заведующий кафедрой - руководитель НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры Руководитель ООП	 А.С. Заворин
	 С.В. Лавриненко

2020 г.

1. Паспорт государственного экзамена

1.1. Обобщенная структура государственного экзамена по специальности 14.05.02
Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг:

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (описатели компетенции)		Вопросы государственного экзамена
		Код	Наименование	
ПК(У)-8	способностью проводить анализ и оценку степени экологической опасности производственной деятельности человека на стадиях исследования, проектирования, производства и эксплуатации технических объектов, владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	ПК(У)- 8.B1	Владеет опытом анализа радиационной, ядерной и экологической безопасности АЭС	Вопрос 1. Объясните алгоритм определения предельно допустимого выброса радиоактивных примесей в атмосферу
		ПК(У)- 8.У1	Умеет проводить оценку экологического воздействия при строительстве и эксплуатации АС АЭС	Вопрос 1. Определите допустимую концентрацию Ag-41 при заданном составе смеси газоаэрозольного выброса АЭС.
		ПК(У)- 8.31	Знает виды экологического воздействия при строительстве и эксплуатации АС, принципы обеспечения безопасности АС при нормальной работе и в аварийных ситуациях	Вопрос 1. Назовите основные принципы Норм радиационной безопасности. Объясните условие оправданного риска.
		ПК(У)- 8.B4	Владеет опытом выбора рационального способа снижения воздействия атомных станций на окружающую среду	Вопрос 1. Перечислите технологии снижения активности выброса АЭС в заданных условиях.
		ПК(У)- 8.У4	Умеет анализировать технологические схемы и рассчитывать оборудование для снижения экологического воздействия АС	Вопрос 2. Изобразите радиохроматографическую систему на АЭС с ВВЭР
ПК(У)-9	способностью формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач	ПК(У)-9.B1	Владеет опытом постановки, формализации и решения задач исследования физических процессов	Вопрос 1. Опишите алгоритм работы системы регулирования паровой турбины при снижении нагрузки на электрогенераторе.
		ПК(У)-9.У1	Умеет формулировать цели и задачи исследований в области создания и повышения эффективности эксплуатации АС	Вопрос 2. Определите тепловую мощность ядерного реактора с заданными геометрическими характеристиками.
		ПК(У)-9.31	Знает принципы постановки, формализации и решения задач исследования физических процессов	Вопрос 1. Объясните понятие гидродинамической характеристики (ГДХ) парогенерирующего канала. Какую ГДХ называют неоднозначной, а какую - однозначной?
ПК(У)-16	способностью анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	ПК(У)- 16.B2	Владеет опытом анализа нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов	Вопрос 1. Приведите основные особенности сечений поглощения и деления уранового топлива. Вопрос 2. Прокомментируйте особенности спектра большого реактора с водяным замедлителем и его изменение от водородного отношения
		ПК(У)- 16.У2	Умеет анализировать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов	Вопрос 1. Объясните суть шлакования ядерного топлива. Количественные меры шлакования. Какова кинетика роста потерь запаса реактивности за счёт шлакования? Вопрос 2. Приведите пример определения альбедо тепловых нейтронов в диффузионном приближении
		ПК(У)- 16.32	Знает закономерности протекания нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерного реактора	Вопрос 1. Назовите основные составляющие энергии деления. Какие составляющие относятся к локализованной, какие к рассеянной энергии? Вопрос 2. В чем состоит смысл

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (описатели компетенции)		Вопросы государственного экзамена
		Код	Наименование	
				эффекта Доплера и его роль в обеспечении и оценки безопасности работы реактора.
ПК(У)-17	способностью проводить нейтронно-физические и тепло-гидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы	ПК(У)- 17.B1	Владеет опытом расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов	Запишите выражение, описывающее в общем виде теплоотдачу в каналах и в пучках стержней для водяного теплоносителя при турбулентном режиме. Какие параметры при этом являются определяющими?
		ПК(У)- 17.Y1	Умеет рассчитывать нейтронно-физические процессы в активной зоне ядерных реакторов	Запишите выражение, описывающее в общем виде теплоотдачу в каналах и в пучках стержней для водяного теплоносителя при турбулентном режиме. Какие параметры при этом являются определяющими?
		ПК(У)- 17.31	Знает методы расчета нейтронно-физических процессов в активной зоне ядерных реакторов	Вопрос 1. Какие факторы влияют на неравномерность энерговыделения в ядерном реакторе и какие мероприятия используют для его выравнивания.
ПК(У)-20	способностью демонстрировать основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности	ПК(У)- 20.Y1	Умеет разрабатывать программу управления жизненным циклом станции	Вопрос 1. Прокомментируйте особенности спектра большого реактора с водяным замедлителем и его зависимость от водоразного отношения.
		ПК(У)- 20.31	Знает основные меры обеспечения способности конструкций, систем и элементов выполнять свои проектные функции	Вопрос 1. Объясните понятие гидродинамической характеристики (ГДХ) парогенерирующего канала. Какую ГДХ называют неоднозначной, а какую - однозначной? Вопрос 2. Приведите основные характеристики рабочего колеса центробежного насоса.
ПСК(У)-1.1	способностью составлять тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию	ПСК(У)-1.1.B1	Владеет опытом составления тепловых схем и математических моделей основных процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию	Вопрос 1. В чем состоит различие формального и концептуального методов математической постановки инженерных задач теплообмена?
		ПСК(У)-1.1.Y1	Умеет составлять тепловые схемы и математические модели основных процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию	Вопрос 1. Изобразите в h-s диаграмме процесс расширения влажного пара в турбинной ступени реактивного типа.
		ПСК(У)-1.1.31	Знает состав тепловых схем и математические модели основных процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию	Вопрос 1. Изобразите принципиальную схему паротурбинной установки, работающей по циклу с двукратной сепарацией. Объясните назначение элементов
ПСК(У)-1.4	способностью выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств	ПСК(У)-1.4.B1	Владеет опытом анализа и расчета термодинамических процессов и циклов атомных станций, зависимостей их эффективности от параметров теплоносителя	Вопрос 1. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при свободной конвекции от горизонтальной трубы?
		ПСК(У)-1.4.Y1	Умеет определять термодинамические параметры рабочего тела, анализировать и рассчитывать термодинамические процессы и циклы атомных станций	Вопрос 1. Определите параметры рабочей точки системы насосов-сетей в заданных условиях. Вопрос 2. Найдите технологические характеристики парогенератора

Код компетенции	Наименование компетенции	Составляющие результатов освоения (описатели компетенции)		Вопросы государственного экзамена
		Код	Наименование	
				нератора с заданными геометрическими характеристиками
		ПСК(У)-1.4.31	Знает функции термодинамических параметров рабочего тела, закономерности термодинамических процессов и циклов атомных станций, факторы, определяющие их эффективность	Вопрос 1. Дайте определение понятию радиального коэффициента неравномерности энерговыделения Вопрос 2. Изобразите принципиальную конструкцию паровой турбины. Приведите назначение основных элементов.
ПСК(У)-1.5	готовностью к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий	ПСК(У)-1.5.B1	Владеет опытом использования знаний по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании	Вопрос 1. Дайте математическую постановку стационарной задачи теплопроводности для неограниченной пластины толщиной δ и теплопроводностью λ , если температуры на противоположных поверхностях равны T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$).
		ПСК(У)-1.5.Y1	Умеет применять знания по теоретическим основам функционирования, технологическим схемам, конструкциям и характеристикам оборудования основных типов АС при проектировании	Вопрос 1. Модуль-экономайзер прямоточного парогенератора с известными геометрическими и режимными характеристиками. Рабочее тело (вода) движется в трубках. Необходимо найти площадь поверхности теплообмена, m^2 .
		ПСК(У)-1.5.31	Знает теоретические основы функционирования, технологические схемы, конструкции и характеристики оборудования основных типов АС	Вопрос 1. Модуль-экономайзер прямоточного парогенератора с известными геометрическими и режимными характеристиками. Рабочее тело (вода) движется в трубках. Необходимо найти площадь поверхности теплообмена, m^2 .
ПСК(У)-1.7	способностью осуществлять подготовку исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ	ПСК(У)-1.7.B1	Владеет опытом подготовки исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ	Вопрос 1. Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним внешним сепаратором. Необходимо составить тепловую схему; рассчитать термический КПД; проверить энергетический баланс.
		ПСК(У)-1.7.Y1	Умеет составлять комплект исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ	Вопрос 1. Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним регенеративным подогревателем смешивающего типа. Найдите все параметры, необходимые для определения внутренней мощности турбины.
		ПСК(У)-1.7.31	Знает состав исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ	Вопрос 1. Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним внешним сепаратором и промпрегревателем (свежим паром). Перечислите, какие факторы определяют КПД турбоустановки.
ПСК(У)-1.10	способностью формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования элементов и систем ЯЭУ	ПСК(У)-1.10.B1	Владеет навыками формулирования исходных данных для составления технического задания на проектирование технологического процесса	Вопрос 1. Дайте математическую постановку стационарной задачи теплопроводности для неограниченного полого цилиндра при заданных условиях и геометрических размерах.
		ПСК(У)-1.10.31	Знает основы проектирования технологических процессов, используемых в профессиональной деятельности	Вопрос 1. Модуль-испаритель прямоточного парогенератора. Рабочее тело (вода) движется в трубках. Какие геометрические и режимные характеристики необходимо использовать, чтобы найти площадь поверхности теплообмена?

1.2. Примеры экзаменационных билетов

1.2.1. Пример билета в традиционной форме, методики и критериев оценки:

Экзаменационный билет № 1

к государственному экзамену по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (Специализация: «Design and operation of nuclear power plants / Проектирование и эксплуатация атомных станций»)

Вопросы первого уровня

1. Перечислите основные виды радиоактивного распада и их характеристики. (5 баллов)
2. Как классифицируют ядерные реакторы по энергии нейтронов. На нейтронах преимущественно каких энергий работают реакторы типа РБМК, ВВЭР и РБН? (5 баллов)
3. Дайте определение понятию радиального коэффициента неравномерности энерговыделения. (5 баллов)
4. Способы осуществления промежуточного перегрева пара на АЭС. (5 баллов)
5. Назначение и состав системы компенсации давления. (5 баллов)
6. Принципиальная конструкция паровой турбины. Основные элементы и их назначение. (5 баллов)
7. Понятие предельной мощности паровой турбины. Факторы, влияющие на ее величину. (5 баллов)
8. Принципиальная схема паротурбинной установки, работающей по циклу Ренкина. Состав и назначение основных элементов. (5 баллов)
9. Пути попадания коррозионно-активных газов в замкнутый контур паротурбинной установки АЭС. Отрицательные последствия этого. (5 баллов)
10. Понятие «предельного» и «теоретического» регенеративных циклов. (5 баллов)

Вопросы второго уровня

1. Прокомментируйте особенности спектра большого реактора с водяным замедлителем и его изменение от водо-уранового отношения. (10 баллов)
2. Запишите выражение, описывающее в общем виде теплоотдачу в каналах и в пучках стержней для водяного теплоносителя при турбулентном режиме. Какие параметры при этом являются определяющими? (10 баллов)
3. Изобразите и поясните схему генерации пара на АЭС с реактором РБМК. Сформулируйте ее достоинства и недостатки. Приведите параметры теплоносителя и рабочего тела. (10 баллов)
4. Задание 1 (10 баллов)
5. Задание 2 (10 баллов)

Утверждаю

Заведующий кафедрой - руководитель

НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры _____ А.С. Заворин

1.2.1.1 Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Дидактические единицы дисциплины «Тепломассообмен в энергетическом оборудовании»:
 - a. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при свободной конвекции от горизонтальной трубы? Расшифруйте и объясните составляющие.
 - b. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при свободной конвекции от вертикальной трубы? Расшифруйте и объясните составляющие.
 - c. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при вынужденном обтекании горизонтальной пластины потоком газа? Расшифруйте и объясните составляющие.
 - d. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при вынужденном по-

перечном обтекании труб и пучков труб? Расшифруйте и объясните составляющие.

е. Какой вид имеет уравнение подобия при расчете теплоотдачи при вынужденном течении жидкости в трубах? Расшифруйте и объясните составляющие.

ф. В чем состоит различие уравнений подобия при вынужденной и свободной конвекции при расчете теплоотдачи от цилиндра?

г. В чем состоит различие чисел подобия Нуссельта и Био?

h. Какие правила необходимо выполнять при прямом моделировании процессов тепло-массообмена?

i. Чем отличаются методы прямого моделирования процессов тепломассообмена от метода аналогий?

ж. Напишите выражения градиентных законов используемых в задачах тепломассообмена.

к. Что понимают под уравнением подобия при расчете процессов тепломассообмена?

l. Перечислите и охарактеризуйте методы экспериментального определения коэффициента теплоотдачи.

m. Поясните методику получения эмпирических уравнений подобия

n. Поясните методику определения коэффициента теплопроводности.

o. Поясните методику определения интегральной степени черноты калориметрическим методом.

p. В чем состоит различие формального и концептуального методов математической постановки инженерных задач тепломассообмена?

2. Дидактические единицы дисциплины «Теория переноса нейтронов»:

a. Перечислите основные виды радиоактивного распада и их характеристики.

b. Какие типы ядерных реакций необходимо учитывать в расчетах реакторов.

c. Приведите примеры сечений наиболее важных в физике ядерных реакторов.

d. Дайте классификацию нейтронов встречающихся в ядерном реакторе.

e. Основные особенности сечений поглощения и деления уранового топлива.

ф. Классификация реакторов по спектру первичных нейтронов, вызывающих деление, поясните рисунком.

г. Определение основных характеристик спектра нейтронов.

h. Кривая выхода осколков деления (в чем ее важность и как она зависит от энергии нейтрона, вызывающего деление).

i. Дайте оценку теплотворной способности ядерного горючего.

ж. Прокомментируйте особенности спектра большого реактора с водяным замедлителем и его изменение от водо-уранового отношения.

к. Вывод элементарного кинетического уравнения и где оно применяется.

l. Какие основные эффекты учитывает формула 4-х сомножителей.

m. Поясните слагаемые уравнения диффузии тепловых нейтронов и какие граничные условия чаще всего используются для его решения.

n. Дайте определение альбедо тепловых нейтронов и пример его определения в диффузионном приближении.

o. Поясните составляющие стационарного уравнения замедления.

p. Особенности спектров на водороде и в тяжелых замедлителях.

q. Запишите уравнение замедления в поглощающей среде через переменную возраста и поясните смысл его слагаемых.

г. Физический смысл и вычисление возраста в простейших случаях.

3. Дидактические единицы дисциплины «Физика ядерных реакторов»:

a. Сделайте оценку влияния обогащения топлива на составляющие формулы четырех сомножителей.

b. Критические размеры и распределение потока нейтронов в ЯР в форме неограничен-

ного цилиндра.

с. Записать математическую постановку критической задачи для сферического реактора с бесконечным отражателем, используя метод эффективных граничных условий.

d. Покажите графиком зависимость эффективной добавки отражателя от его толщины и прокомментируйте его.

е. В чем физический смысл эффективного коэффициента размножения.

f. Смысл эффекта Доплера и его роль в обеспечении и оценки безопасности работы реактора.

g. Дайте математическую формулировку критической задачи в возрастном приближении и прокомментируйте ее.

h. В чем суть многогруппового метода?

i. Поясните особенности блокировки в учете размножения на быстрых нейтронах.

j. Поясните особенности блокировки в учете резонансного поглощения.

k. Поясните особенности блокировки в учете использования тепловых нейтронов.

l. Дайте определение интегральной характеристики поглощающего стержня, и как она будет выглядеть для легких и тяжелых стержней.

m. Дайте определение дифференциальной поглощающего стержня, и как она будет выглядеть для легких и тяжелых стержней.

n. Каков принцип выбора эффективности группы компенсирующих стержней.

o. Каков принцип выбора эффективности группы стержней АЗ.

p. Каков принцип выбора эффективности стержней АР.

q. Особенности расчета мощностного эффекта ВВЭР и ВК.

г. Поясните смысл критической концентрации содержания борной кислоты в реакторах с борным регулированием.

4. Дидактические единицы дисциплины «Кинетика ядерных реакторов»:

a. Дайте определение ценности и эффективной доли запаздывающих нейтронов.

b. Особенности кинетики при положительных и отрицательных реактивностях.

с. Перечислите источники нейтронов в свежем и проработавшем реакторе типа ИРТ-М.

d. Перечислите известные вам единицы реактивности.

е. Записать уравнения выгорания для теплового реактора и пояснить его слагаемые.

f. Записать уравнения шлакования для теплового реактора и пояснить его слагаемые.

g. Основы методики расчета шлакования.

h. Единицы измерения глубины выгорания, приведите примеры максимальной глубины выгорания для разных реакторов.

i. Смысл непуниевского коэффициента реактивности и его значения.

j. Записать матпостановку задачи отравления теплового реактора ксеноном и пояснить смысл слагаемых.

k. Записать матпостановку задачи отравления теплового реактора самарием и пояснить смысл слагаемых.

l. Особенности влияния на реактивность гомогенного размещения выгорающего поглотителя, пояснить графиком.

m. Особенности влияния на реактивность гетерогенного размещения выгорающего поглотителя, пояснить графиком.

n. В чем суть метода скачка плотности нейтронов и где он применяется.

o. Суть методики экспериментального определения температурного эффекта и температурного коэффициента реактивности.

p. Запишите общий вид уравнений кинетики и поясните физический смысл слагаемых

q. Как найти выражения для равновесной концентрации ^{135}I и ^{135}Xe .

г. Принцип определения кампании топлива.

5. Дидактические единицы дисциплины «Ядерные энергетические реакторы»:

- a. Как классифицируют ядерные реакторы по энергии нейтронов?
- b. На нейтронах преимущественно каких энергий работают быстрые реакторы?
- c. В виде какой конструкции может быть выполнен водографитовый реактор (корпусного, канального или бассейнового типа) ?
- d. В чем принципиальное отличие петлевой компоновки реактора от интегральной?
- e. Преимущества и недостатки корпусных реакторов?
- f. Преимущества и недостатки канальных реакторов?
- g. Изобразите принципиальную конструкцию реактора типа ВВЭР.
- h. Изобразите принципиальную конструкцию реактора типа РБМК.
- i. Изобразите принципиальную конструкцию реактора типа БН.
- j. Ядерные реакторы какого типа используются в отечественной атомной энергетике?
- k. Реакторы какого типа имеют наиболее широкое распространение в мировой атомной энергетике?
- l. Какие материалы используются в качестве топливных материалов ядерных реакторов?
- m. Достоинства и недостатки двуокиси урана как топливного материала.
- n. Какие материалы используют для изготовления оболочек ТВЭлов ядерных реакторов?
- o. Какой из легирующих элементов применяется для улучшения механических свойств циркониевых изделий в отечественной ядерной энергетике?
- p. Какие материалы используют для изготовления корпусов ядерных энергетических реакторов?
- q. Достоинства и недостатки аустенитной нержавеющей стали как конструкционного материала?
- r. Расшифруйте состав аустенитной нержавеющей стали типа 0X18H9T.
- s. Какие материалы используются в качестве замедлителя в ядерных энергетических реакторах?
- t. Область применения графита в реакторной технике.
- u. Достоинства и недостатки реакторного графита.
- v. Назовите основные элементы конструкции ТВС.
- w. Какая форма поперечного сечения ТВС характерна для реакторов с графитовым замедлителем?
- x. Какая форма поперечного сечения ТВС характерна для реакторов с легководным замедлителем?
- y. Перечислите основные элементы конструкции стержневого ТВЭла.
- z. Изобразите схематически стержневой ТВЭл.
- aa. С какой целью в ТВЭлах с двуокисью урана предусматривается свободный объем?
- bb. Перечислите основные составляющие энергии деления.
- cc. Какие из составляющих энергии деления относятся к “локализованной” ?
- dd. Какие из составляющих энергии деления относятся к “рассеянной” ?
- ee. Охарактеризуйте основные показатели энергонапряженности.
- ff. Запишите выражение, связывающее основные показатели энергонапряженности.
- gg. Дайте определение понятию радиального коэффициента неравномерности.
- hh. Дайте определение понятию осевого (аксиального) коэффициента неравномерности.
- ii. Запишите выражение для расчета косинусоидального распределения энерговыделения.
- jj. Какие мероприятия используют для выравнивания энерговыделения.
- kk. Какие значения линейной мощности ТВЭлов характерны для отечественных ядерных энергетических реакторов.
- ll. Запишите основное выражение для расчета тепловой мощности реактора.
- mm. Запишите выражение для расчета расхода теплоносителя через реактор.
- nn. Назовите характерные участки теплообмена по длине ТВС кипящего реактора.
- oo. Изобразите качественно картину распределения основных параметров теплоносителя.

- ля (температуры, энтальпии, массового паросодержания) по длине ТВС кипящего реактора.
- pp. Чем ограничена температура на выходе реактора с некипящим теплоносителем?
- qq. Изобразите качественно картину распределения температуры по радиусу топливной композиции.
- гг. Запишите выражение, описывающее в общем виде теплообмен в пучках стержней для водяного теплоносителя при турбулентном режиме.
- ss. Дайте определение понятию кризис теплообмена в ядерном реакторе.
- tt. От каких факторов зависит коэффициент трения при ламинарном режиме течения?
- uu. От каких факторов зависит коэффициент трения при турбулентном режиме течения?
- vv. От каких параметров зависит нивелирная составляющая потерь давления?
- ww. Общее выражение для расчета потерь давления от трения.
- xx. Общее выражение для расчета потерь давления на местных сопротивлениях.
6. Дидактические единицы дисциплины «Парогенераторы и теплообменники»:
- Изобразите и поясните схему генерации пара на АЭС с реактором РБМК.
 - Изобразите и поясните схему генерации пара на АЭС с реактором ВВЭР.
 - Изобразите и поясните схему генерации пара на АЭС с реактором БН.
 - Способы осуществления промежуточного перегрева пара на АЭС.
 - Как классифицируют ПГ АЭС по способу циркуляции рабочего тела в испарителе.
 - Сравнительные достоинства и недостатки парогенераторов с естественной циркуляцией и прямоточных ПГ.
 - Дайте понятие кратности циркуляции.
 - Основные элементы поверхности теплообмена, входящие в самом общем случае в состав ПГ АЭС.
 - Какие способы компенсации разности температурных расширений трубок и корпуса используются в ПГ АЭС. Приведите примеры.
 - Какие способы крепления теплообменных трубок используются в ПГ АЭС. Приведите примеры.
 - Сравнительные достоинства и недостатки корпусных и секционно-модульных ПГ.
 - Достоинства и недостатки воды как теплоносителя ПГ АЭС.
 - Достоинства и недостатки жидкометаллических теплоносителей ПГ АЭС.
 - Достоинства и недостатки газообразных теплоносителей ПГ АЭС.
 - Чем ограничена температура теплоносителя на входе в ПГ.
 - Чем ограничена температура теплоносителя на выходе из ПГ.
 - Изобразите теплотехническую схему и соответствующую QT-диаграмму для прямоточного парогенератора АЭС.
 - Изобразите теплотехническую схему и соответствующую QT-диаграмму для парогенератора АЭС с естественной циркуляцией в испарителе.
 - Изобразите принципиальную конструкцию горизонтального ПГ энергоблока типа ВВЭР.
 - Изобразите принципиальную конструкцию вертикального ПГ энергоблока типа БН.
 - В чем заключается положительный эффект от применения противоточной схемы взаимного движения теплоносителя и рабочего тела?
 - В чем заключается положительный эффект от применения прямоточной схемы взаимного движения теплоносителя и рабочего тела?
 - Назовите характерные участки теплообмена по длине парогенерирующего канала.
 - Дайте определение понятию “участок ухудшенного теплообмена”.
 - Дайте определение понятию “участок поверхностного кипения”.
 - Дайте определение понятию “кризис теплообмена 1-го рода”.
 - Дайте определение понятию “кризис теплообмена 2-го рода”.
 - Изобразите картину изменения характерных температур (стенки, рабочего тела) по длине парогенерирующего канала.

- сс. Изобразите качественно картину распределения температуры по радиусу трубки поверхности теплообмена в самом общем случае.
- dd. Дайте определение понятию “контур естественной циркуляции”.
- ее. Дайте определение понятию “движущий напор”.
- ff. Иллюстрируйте графически решение уравнения циркуляции.
- gg. Дайте определение понятию “барботаж”.
- hh. Основные режимы течения двухфазных потоков.
- ii. Какие скорости двухфазной смеси называют действительными?
- jj. Какие скорости двухфазной смеси называют приведенными?
- kk. Дайте определение понятию “истинное объемное паросодержание”.
- ll. Дайте определение понятию “относительная энтальпия”.
- mm. Что называют тепловой разверкой?
- nn. Перечислите практические мероприятия, используемые для предотвращения тепловой разверки.
- oo. Дайте определение понятию “гидродинамическая характеристика”.
- pp. Какую гидродинамическую характеристику называют неоднозначной?
- qq. Требования, предъявляемые к качеству пара, вырабатываемому ПГ АЭС.
- rr. Какой способ сепарации называют гравитационным?
- ss. От каких факторов зависит эффективность гравитационной сепарации?
- tt. С помощью каких устройств осуществляется вынужденная сепарация?
- uu. От каких факторов зависит эффективность жалюзийных сепараторов?
- vv. Конструкция и принцип действия жалюзийного сепаратора.
- ww. Конструкции и принцип действия центробежного сепаратора.
- xx. Содержание каких примесей нормируется в продувочной воде парогенераторов ВВЭР.
- yy. Что называют продувкой ПГ?
7. Дидактические единицы дисциплины «Турбомашины АЭС»:
- Принципиальная конструкция паровой турбины. Основные элементы и их назначение.
 - Понятие о турбинной ступени. Основные элементы и их назначение.
 - Уравнение неразрывности для одномерного потока.
 - Уравнение количества движения для одномерного потока.
 - Уравнение сохранения энергии для одномерного потока.
 - Типы сопел.
 - Газодинамические и режимные параметры турбинных решеток.
 - Понятие о критическом режиме течения, критическая скорость.
 - Критическое отношение давлений. Критический расход. Роль критического отношения давлений при выборе типа сопел.
 - Переменный режим суживающихся сопел. Сетка относительных расходов для суживающихся сопел.
 - Степень реактивности. Классификация ступеней в зависимости от степени реактивности.
 - Треугольники скоростей турбинной ступени.
 - Треугольники скоростей в ступени для паровой фазы и для капель.
 - Потери в соплах. Физический смысл. Формула для расчета.
 - Потеря на рабочих лопатках ступени. Физический смысл. Формула для расчета.
 - Потеря с выходной скоростью. Физический смысл. Формула для расчета.
 - Потеря от влажности в турбинной ступени. Физический смысл. Простейшая формула для оценки.
 - Причины, вызывающие увеличение потерь энергии в турбинных решетках при течении влажного пара.
 - Потеря от утечек в проточной части ступени. Физическая картина.

- t. Потеря на трение диска в паре. Физическая сущность.
 - u. Работа лабиринтового уплотнения: физическая картина, изображение процесса в h_s -диаграмме.
 - v. Потеря на выколачивание. Физический смысл. Понятие о степени парциальности турбинной ступени.
 - w. Относительный лопаточный КПД турбинной ступени. Физический смысл. Формула для вычисления.
 - x. Относительный внутренний КПД турбинной ступени. Физический смысл. Формула для вычисления.
 - y. Оценка КПД ступени при отклонении от расчетного режима.
 - z. Изображение в h_s -диаграмме процесса расширения влажного пара в реактивной ступени.
 - aa. Изображение в h_s диаграмме процесса расширения пара в чисто активной ступени.
 - bb. Понятие эрозии. Факторы, влияющие на эрозию.
 - cc. Влияние эрозии на экономичность и надежность паровой турбины. Методы борьбы с эрозией.
 - dd. Основные преимущества многоступенчатых турбин.
 - ee. Схема проточной части многоступенчатой турбины, графики изменения давления, абсолютной скорости пара вдоль проточной части.
 - ff. Изображение в h_s диаграмме теплового процесса расширения пара в многоступенчатой турбине.
 - gg. Факторы, влияющие на выбор частоты вращения ротора у турбин влажного пара АЭС.
 - hh. Понятие о предельной мощности паровых турбин. Факторы, влияющие на ее величину.
 - ii. Осевые усилия в многоступенчатых турбинах и методы их уменьшения.
 - jj. Универсальная кривая паровой турбины.
 - kk. Понятие о номинальной, максимальной и экономической мощностях конденсационных турбин.
 - ll. Дроссельное парораспределение паровых турбин. Достоинства и недостатки.
 - mm. Сопловое парораспределение паровых турбин. Достоинства и недостатки.
 - nn. Изменение давления в ступенях при изменении расхода пара на турбину (дозвуковой и сверхзвуковой режимы течения).
 - oo. Виды защит паровых турбин. Роль защит в обеспечении надежной работы турбоустановки.
 - pp. Назначение системы маслоснабжения паровой турбины. Ее основные элементы.
 - qq. Назначение системы регулирования паровой турбины. Ее основные элементы.
 - rr. Статическая характеристика регулирования.
 - ss. Энергетические характеристики турбины.
8. Дидактические единицы дисциплины «Нагнетатели АЭС»:
- a. Работа насоса на сеть. Условия совместной работы. Ответ иллюстрируйте рис.
 - b. Дайте определение понятию кавитации центробежного насоса. Перечислите пути предотвращения кавитации.
 - c. Изобразите схему рабочего колеса центробежного насоса. Охарактеризуйте его основные геометрические характеристики.
 - d. Изобразите один из треугольников скоростей (входной или выходной) в рабочем колесе центробежного насоса. Расшифруйте характерные скорости и углы.
 - e. Гидравлический КПД. Физический смысл. Факторы, определяющие гидравлический КПД.
 - f. Объемный КПД. Физический смысл. Факторы, определяющие объемный КПД.
 - g. Запишите уравнение Эйлера для определения теоретического напора центробежного

насоса и поясните физический смысл составляющих.

h. Параллельная работа насосов. Цель. Иллюстрируйте ответ рисунком $H = f(Q)$ для группы насосов. Графический и аналитический методы определения рабочей точки.

i. Группа последовательно включенных насосов. Цель. Иллюстрируйте ответ рисунком $H = f(Q)$ для группы насосов. Графический и аналитический методы определения рабочей точки.

j. Принцип дроссельного регулирования насоса. Иллюстрируйте ответ рисунком $H = f(Q)$. Практическая реализация. Достоинства и недостатки.

k. Принцип регулирования насоса изменением частоты вращения. Иллюстрируйте ответ рисунком $H = f(Q)$. Достоинства и недостатки. Практическая реализация.

9. Дидактические единицы дисциплины «Атомные электростанции»:

Общие вопросы. Экономичность

a. Принципиальная схема паротурбинной установки.

b. Термический КПД цикла; физический смысл, формулы для вычисления.

c. Относительный и абсолютный внутренний КПД паровой турбин: физический смысл, формулы для вычисления.

d. Механический КПД турбины. Относительный и абсолютный эффективные КПД.

e. Относительный и абсолютный электрические КПД турбогенераторной установки: физический смысл, формулы для вычисления.

f. КПД энергоблока одноконтурной и двухконтурной АЭС: физический смысл, формулы для вычисления.

g. Энергетическое уравнение турбины (формула для вычисления электрической мощности ПТУ).

h. Факторы, влияющие на выбор начального давления (давления пара перед турбиной) влажнопаровых турбин.

i. Влияние на экономичность ПТУ начальной температуры. Анализ иллюстрируйте рис. в TS-диаграмме.

j. Влияние на экономичность влажнопаровых ПТУ начального давления. Анализ иллюстрируйте рис. в TS-диаграмме.

k. Влияние начальной влажности на экономичность и надежность паровых турбин.

l. Факторы, влияющие на выбор давления в конденсаторе турбин АЭС.

m. Внешняя сепарация в ПТУ АЭС: необходимость, схема простейшей установки, цикл в TS-диаграмме.

n. Факторы, влияющие на выбор давления в сепараторе ПТУ АЭС.

o. Применение внешней сепарации с одноступенчатым промпрегревом свежим паром: схема установки, цикл в диаграмме TS-диаграмме.

Регенеративный подогрев воды

p. Понятие о регенеративном подогреве питательной воды. Схема простейшей ПТУ с одним регенеративным подогревателем.

q. Понятие о “предельном” и “теоретическом” регенеративных циклах?

r. Типы регенеративных подогревателей. Их сравнительные достоинства и недостатки.

s. Понятие недогрев воды в поверхностном регенеративном подогревателе. Факторы, определяющие недогрев при эксплуатации.

t. Тепловой баланс и тепловая диаграмма поверхностного подогревателя.

u. Тепловой и материальный балансы смешивающего подогревателя.

v. Как влияет на выбор оптимальных значений недогрева стоимость топлива и материала поверхности нагрева поверхностного регенеративного подогревателя?

w. Дать определение термодинамически оптимальной температуры питательной воды.

- х. Дать определение экономически оптимальной температуры питательной воды.
- у. Как тепловая экономичность регенеративного цикла зависит от числа ступеней регенеративного подогрева и температуры питательной воды? Качественная зависимость.
- z. Назначение и принципиальная схема включения охладителей дренажа.
- aa. Схемы слива дренажей регенеративных подогревателей. Какая из схем соответствует наибольшей тепловой экономичности?
- bb. Основные схемы включения смешивающих регенеративных подогревателей.
- cc. Какие регенеративные подогреватели называют подогревателями низкого давления, а какие - высокого?
- dd. Почему в регенеративных подогревателях необходимо иметь большее давление воды по сравнению с греющим паром?
- ее. Чем опасны отклонения уровня конденсата греющего пара в поверхностных подогревателях от нормального?
- ff. Почему в тепловых схемах одноконтурных АЭС часто отсутствуют ПВД?
- gg. Какая арматура устанавливается на линии отборного пара на регенеративный подогреватель?
- hh. Изобразите схематически конструкцию регенеративного подогревателя высокого давления.
- ii. Изобразите схематически конструкцию регенеративного подогревателя низкого давления

Деаэрационно-питательные установки

- jj. Пути попадания коррозионно-активных газов в замкнутый контур паротурбинной установки АЭС?
- kk. Какие газообразные примеси и почему необходимо удалять из питательной воды в первую очередь?
- ll. Что называют термической деаэрацией питательной воды?
- mm. Какие функции выполняет деаэратор питательной воды на АЭС, кроме удаления коррозионно-агрессивных газов?
- nn. Принцип действия термического деаэратора (законы Генри и Дальтона).
- oo. Изобразите схематически конструкцию термического деаэратора питательной воды.
- pp. Охарактеризуйте основные схемы включения деаэраторов питательной воды.
- qq. Основные условия эффективной деаэрации питательной воды?
- rr. Какими регуляторами оснащают деаэраторы питательной воды?
- ss. Какие схемы привода питательных установок используются на современных АЭС?
- tt. Сравнительные достоинства и недостатки одно- и двухподъемных схем включения питательных установок.
- uu. Назначение бустерных (предвключенных) насосов.
- vv. Какие насосы используются на АЭС в качестве питательных?

Конденсационная установка. Техводоснабжение

- ww. Основной потребитель технической воды на АЭС. Типы систем технического водоснабжения на АЭС.
- xx. Основные достоинства и недостатки прямоточной системы техводоснабжения.
- yy. Основные достоинства и недостатки оборотной системы техводоснабжения с прудами-охладителями.
- zz. Основные достоинства и недостатки оборотных систем техводоснабжения с градирнями.
- aaa. Функции, выполняемые конденсаторами на АЭС.
- bbb. Схема конденсационной установки. Основные элементы и их назначение
- ccc. Конструктивная схема поверхностного конденсатора современной ПТУ.
- ddd. Как влияет давление в конденсаторе на экономичность и надежность паротурбинной установки АЭС?
- eee. Объясните, в результате чего в конденсаторе возникает давление значительно ниже

атмосферного.

fff. Назовите факторы, влияющие на температуру насыщения в конденсаторе.

ggg. Что называют кратностью охлаждения в конденсаторе?

hhh. Главное назначение эжектора как элемента конденсационной установки.

iii. Работа пароструйного эжектора.

jjj. Материалы, используемые для конденсаторных трубок. Их сравнительные достоинства и недостатки.

Отпуск тепла

kkk. Дайте определение понятию "теплофикация".

lll. Что называют "температурным графиком теплосети". Изобразите его качественно.

mmm. Что называют "коэффициентом теплофикации"?

nnn. Основной способ регулирования температуры прямой сетевой воды на современных АЭС.

ooo. Принципиальное различие схем отпуска тепла внешним потребителям у одно- и двухконтурных АЭС.

ppp. Запишите уравнение для расчета расхода сетевой воды.

qqq. Изобразите принципиальную конструкцию сетевого подогревателя.

Система компенсации давления ВВЭР

rrr. Назначение и состав системы компенсации давления.

sss. Какого типа компенсаторы давления используют на современных АЭС с реакторами ВВЭР?

ttt. Опишите алгоритм работы системы компенсации давления при росте давления в ГЦК.

uuu. Назначение барботера в системе компенсации давления.

10. Дидактические единицы дисциплины «Природоохранные технологии на АЭС»:

a. Схема влияния эксплуатации АЭС на окружающую среду.

b. Основные принципы НРБ. Условие оправданного риска.

c. Нормирование жидких и газоаэрозольных радиоактивных отходов.

d. Расчет допустимых концентраций.

e. Определение предельно допустимых выбросов и допустимых сбросов.

f. Образование газоаэрозольных отходов на АЭС, их характеристики.

g. Способы снижения активности РБГ.

h. Газгольдеры на АЭС. Назначение, устройство, расчет.

i. Радиохроматографический способ очистки газов.

j. Процессы в адсорбционной системе, уравнения описывающие их.

k. Режимы работы угольной колонны. Вечная колонна.

l. Эффективность очистки угольной колонной. Способы повышения эффективности очистки.

m. Радиохроматографические системы на АЭС с ВВЭР и РБМК.

n. Схема угольной системы очистки для реактора на быстрых нейтронах.

o. Очистка технологических газов от изотопов йода и аэрозолей.

p. Ступенчатая система организации вентиляции.

q. Газоочистка в системах вентиляции. Фильтры тонкой и грубой очистки.

r. Схема обработки и удаления газообразных отходов на АЭС.

s. Турбулентная диффузия примесей в атмосферном воздухе.

t. Практическое решение задачи рассеивания примесей в атмосферном воздухе.

u. Обращение с жидкими РАО на АЭС. Концептуальные основы.

v. Переработка и кондиционирование жидких радиоактивных отходов.

w. Характеристики твердых радиоактивных отходов.

x. Обращение с твердыми радиоактивными отходами.

y. Хранение отходов на АЭС. Хранилища. Захоронение РАО.

- z. Радиационный мониторинг.
- aa. Снижение теплового загрязнения окружающей среды на АЭС.
- bb. Меры снижения шума на АЭС.

Примеры заданий в билете

Задание №1

Дать математическую постановку стационарной задачи теплопроводности для неограниченной пластины толщиной δ и теплопроводностью λ , если температуры на противоположных поверхностях равны T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$).

Задание №2

Дать математическую постановку стационарной задачи теплопроводности для неограниченного полого цилиндра с внутренним радиусом R_1 и наружным R_2 с теплопроводностью λ , если температуры на противоположных поверхностях равны T_1 и T_2 ($T_1 > T_2$).

Задание №6

Ядерный реактор с известными геометрическими характеристиками.

Необходимо найти:

- тепловую мощность реактора, МВт;
- среднюю мощность твэлов, кВт.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Количество твэлов, шт.	$60 \cdot 10^3$
Минимальный запас до кризиса теплообмена	1,2
Объемный коэффициент неравномерности энерговыделения	2,5
Высота а.з., м	2
Допустимый линейный тепловой поток, Вт/(см твэла)	420

Задание №7

Кольцевой твэл состоит из внутренней и наружной оболочек, между которыми располагается топливный сердечник. Теплоотвод производится только с внутренней поверхности.

Необходимо найти:

- удельное энерговыделение в топливе, МВт/м³;
- линейный тепловой поток, Вт/см.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Наружный диаметр оболочки твэла, мм	45
Внутренний диаметр оболочки твэла, мм	15
Толщина оболочки, мм	1
Высота а.з., м	2
Тепловая мощность твэла, кВт	40

Задание №8

Стержневой твэл состоит из топливного сердечника и оболочки, между которыми имеется газовый зазор. Сердечник выполнен с центральным отверстием.

Необходимо найти:

- тепловую мощность твэла, кВт;
- линейный тепловой поток.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Диаметр сердечника, мм	10
Диаметр отверстия, мм	2
Толщина оболочки, мм	0,65
Толщина газового зазора, мм	1

Плотность теплового потока, МВт/м ²	0,7
Высота а.з., м	3

Задание №11

Парогенератор с известными геометрическими характеристиками. Некипящий теплоноситель продольно омывает пучок трубок, скомпонованных по квадратной решетке в круглом корпусе

Необходимо найти:

- скорость теплоносителя, м/с;
- абсолютный шаг решетки, мм.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Расход теплоносителя, кг/с	100
Внутренний диаметр корпуса, м	0,6
Наружный диаметр трубок, мм	16
Количество трубок в пучке, шт.	330
Плотность теплоносителя	860

Задание №12

Парогенератор с известными геометрическими характеристиками. Некипящий теплоноситель движется в трубках.

Необходимо найти:

- скорость теплоносителя (м/с), обеспечивающую заданную величину потерь на трение;
- расход теплоносителя в пучке трубок, соответствующей найденной скорости.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Потери на трение, кПа	30
Количество трубок, шт.	500
Внутренний диаметр трубок, мм	0,6
Длина трубок, м	14
Коэффициент потерь на трение	0,035
Плотность теплоносителя, кг/м ³	950

Задание №13

Модуль-экономайзер прямоточного парогенератора с известными геометрическими и режимными характеристиками. Рабочее тело (вода) движется в трубках.

Необходимо найти площадь поверхности теплообмена, м².

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Тепловая мощность, МВт	77
Температура теплоносителя на входе/выходе модуля, °С/°С	360/280
Температура питательной воды, °С	240
Температура насыщения, °С	330
Коэффициент теплоотдачи от теплоносителя к трубкам, Вт/(м ² ·К)	15·10 ³
Коэффициент теплоотдачи от трубок к рабочему телу, Вт/(м ² ·К)	19·10 ³
Теплопроводность материала трубок, Вт/(м·К)	25
Толщина стенки трубок, мм	1

Задание №16

Для центробежного насоса, качающего воду плотностью ρ , известны значения ряда параметров: H , G , ΔQ .

Необходимо найти полезную мощность и объемный КПД насоса.

Исходные данные

Параметр, обозначение, единица измерения	Значение
Напор H , м	50
Расход, подаваемый насосом в напорный трубопровод G , кг/с	40
Расход, циркулирующий через зазоры ΔQ , м ³ /ч	17
Плотность воды ρ , кг/м ³	980

Задание №17

Для центробежного насоса, качающего воду плотностью ρ , известны значения ряда параметров: Q , H_T , Δp .

Необходимо найти полезную мощность и гидравлический КПД насоса.

Исходные данные

Параметр, обозначение, единица измерения	Значение
Производительность Q , л/с	35
Теоретический напор H_T , м	50
Гидравлические потери в насосе Δp , МПа	0,05
Плотность воды ρ , кг/м ³	980

Задание №18

Группа из двух одинаковых последовательно включенных насосов работает на сеть.

Известны коэффициенты аппроксимации характеристики сети (a_c, b_c) и напорной характеристики насоса (a_n, b_n):

$$H_c = a_c + b_c \cdot Q^2;$$

$$H_n = a_n + b_n \cdot Q^2.$$

Необходимо найти параметры рабочей точки системы насосы-сеть.

Исходные данные

Параметр, обозначение, единица измерения	Значение
Коэффициент a_c , м	47
Коэффициент b_c , м·ч ² /м ⁶	0,23
Коэффициент a_n , м	124,08
Коэффициент b_n , м·ч ² /м ⁶	-0,0995

Примечание. Задачу решить аналитически.

Задание №19

При испытании центробежного насоса, качающего воду плотностью $\rho = 1000$ кг/м³, получены значения ряда параметров: p_{2u} , p_1 , Q и др.

Необходимо определить КПД насосного агрегата.

Исходные данные

Параметр, обозначение, единица измерения	Значение
Избыточное давление на выходе из насоса p_{2u} , МПа	0,4
Абсолютное давление на входе в насос p_1 , МПа	0,06
Подача Q , л/с	7,5

Мощность на зажимах электродвигателя $N_{эд}$, кВт	5
---	---

Задание №21

Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним внешним сепаратором. Дренаж сепаратора закачивается в линию питательной воды.

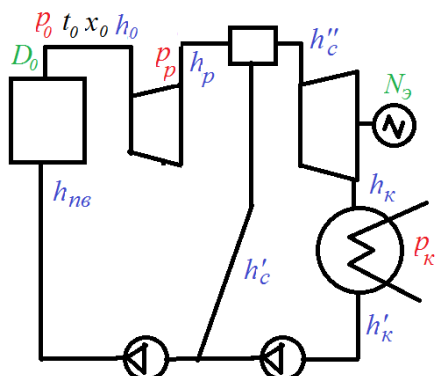


Рис. 1. Схема ПТУ с однократной внешней сепарацией

Необходимо:

- составить тепловую схему;
- рассчитать термический КПД;
- проверить энергетический баланс.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Энтальпия свежего пара, кДж/кг	2773
Энтальпия пара на выходе ЦВД, кДж/кг	2329
Энтальпия отработавшего пара, кДж/кг	2073
Энтальпия насыщенного пара при разделительном давлении (давлении в сепараторе), кДж/кг	2751
Энтальпия насыщенной воды при разделительном давлении (давлении в сепараторе), кДж/кг	650
Энтальпия насыщенной воды при давлении в конденсаторе, кДж/кг	138

Примечание. Сжатием в насосах пренебречь.

Задание №22

Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним внешним сепаратором и промперегревателем (свежим паром). Дренажи сепаратора и пароперегревателя закачиваются в линию питательной воды.

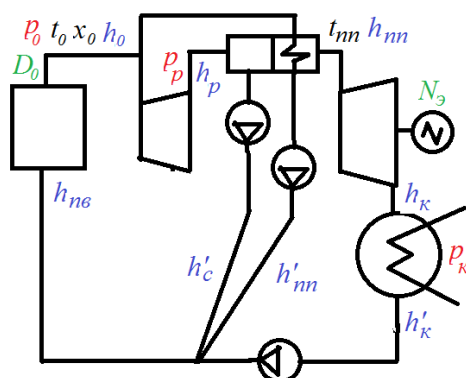


Рис. 2. Схема ПТУ с внешней сепарацией и паровым промперегревом

Необходимо:

- составить тепловую схему;
- рассчитать термический КПД;
- проверить энергетический баланс.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Энтальпия свежего пара, кДж/кг	2773
Энтальпия насыщенной воды при давлении свежего пара, кДж/кг	1267
Энтальпия пара на выходе ЦВД, кДж/кг	2329
Энтальпия перегретого пара, кДж/кг	3003
Энтальпия отработавшего пара, кДж/кг	2234
Энтальпия насыщенного пара при разделительном давлении (давлении в сепараторе), кДж/кг	2751
Энтальпия насыщенной воды при разделительном давлении (давлении в сепараторе), кДж/кг	650
Энтальпия насыщенной воды при давлении в конденсаторе, кДж/кг	138

Примечание. Сжатием в насосах пренебречь.

Задание №25

Паротурбинная установка насыщенного пара работает с одним регенеративным подогревателем смешивающего типа.

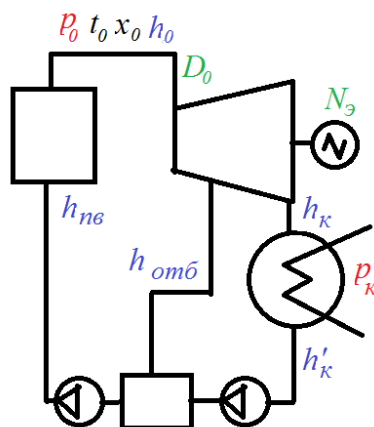


Рис. 1. Схема ПТУ с регенеративным подогревателем смешивающего типа

Необходимо:

- составить тепловую схему;
- рассчитать термический КПД;
- проверить энергетический баланс.

Исходные данные

Параметр, единицы измерения	Значение
Энтальпия свежего пара, кДж/кг	2773
Энтальпия пара в регенеративном отборе, кДж/кг	2329
Энтальпия насыщенной воды при давлении в регенеративном отборе, кДж/кг	650
Энтальпия отработавшего пара, кДж/кг	1771
Энтальпия насыщенной воды при давлении в конденсаторе, кДж/кг	138

Примечание. Сжатием в насосах пренебречь.

1.2.1.2 Методика оценки

Билеты к экзамену формируются из вопросов, примеры которых представлены в пункте 1.2.1.1. Билет содержит десять теоретических вопросов первого уровня и пять вопросов второго уровня, которые выбираются случайным образом из перечня вопросов в соответствии с тематикой дидактических единиц дисциплин «Тепломассообмен в энергетическом оборудовании», «Теория переноса нейтронов», «Физика ядерных реакторов», «Кинетика

ядерных реакторов», «Ядерные энергетические реакторы», «Парогенераторы АЭС», «Турбомашины АЭС», «Нагнетатели АЭС», «Атомные электростанции», «Природоохранные технологии на АЭС».

Экзамен проводится в письменном виде. Итоговая оценка за государственный экзамен выставляется в соответствии с критериями, приведенными в п. 1.2.1.3

1.2.1.3 Критерии оценки:

По результатам ответов студента на вопросы билета и дополнительные вопросы (уточняющие суть ответа) государственная экзаменационная комиссия оценивает сформированность компетенций:

Критерии оценки ГЭ	Соответствие традиционной оценке	Диапазон баллов
Студент правильно и полностью ответил на все вопросы экзаменационного билета, а также дополнительные вопросы, уточняющие суть ответа, чем показал владение всеми проверяемыми компетенциями	«Отлично»	90-100
Студент полностью ответил на все вопросы экзаменационного билета, но недостаточно развернуто, чем показал достаточное владение большинством проверяемых компетенций	«Хорошо»	70-89
Студент в целом правильно ответил минимум на два вопроса билета, знания не структурированы и поверхностны, чем показал недостаточное владение большинством проверяемых компетенций	«Удовл.»	55-69
Студент правильно ответил не более чем на один вопрос экзаменационного билета, чем показал отсутствие владения большинством проверяемых компетенций	«Неудовл.»	0-54

2. Паспорт выпускной квалификационной работы

Обобщенная структура защиты ВКР по специальности 14.05.02 Атомные станции: проектирование, эксплуатация и инжиниринг (специализация: «Проектирование и эксплуатация атомных станций»):

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
ОК(У)-1	Способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу	Обзор литературы, выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ОК(У)-2	Способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции	Выполнение ВКР
ОК(У)-3	Способностью анализировать основные этапы и закономерности исторического развития общества для формирования гражданской позиции	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ОК(У)-4	Способностью использовать основы экономических знаний в различных сферах жизнедеятельности	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ОК(У)-5	Способностью использовать основы правовых знаний в различных сферах жизнедеятельности	Доклад на защите ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР, вы-

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
		полнение ВКР
ОК(У)-6	Готовностью действовать в нестандартных ситуациях, нести социальную и этическую ответственность за принятые решения	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада к защите ВКР
ОК(У)-7	Готовностью к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ОК(У)-8	Способностью использовать методы и средства физической культуры для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности	Подготовка раздела ВКР «Социальная ответственность»
ОК(У)-9	Способностью использовать приемы оказания первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций	Подготовка раздела ВКР «Социальная ответственность»
ОПК(У)-1	Способностью решать задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада к защите ВКР
ОПК(У)-2	Готовностью к коммуникации в устной и письменной формах на русском и иностранном языках для решения задач профессиональной деятельности	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ОПК(У)-3	Готовностью руководить коллективом в сфере своей профессиональной деятельности, толерантно воспринимая социальные, этнические, конфессиональные и культурные различия	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада к защите ВКР
ПК(У)-1	готовностью использовать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области проектирования и эксплуатации ядерных энергетических установок	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада
ПК(У)-2	способностью проводить математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований	Выполнение расчетов, разработка комплекта проектно-конструкторской документации в составе ВКР
ПК(У)-3	готовностью к проведению исследования и участия в испытании основного оборудования атомных электрических станций и ядерных энергетических установок в процессе разработки, создания, монтажа, наладки и эксплуатации	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-4	готовностью использовать технические средства для измерения основных параметров объектов исследования, готовить данные для составления обзоров, отчетов и научных публика-	Подготовка расчетно-пояснительной записки и черте-

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
	ций	жей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-5	способностью составить отчет по выполненному заданию, готовностью к участию во внедрении результатов исследований и разработок в области проектирования и эксплуатации ЯЭУ	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-6	владением основами расчета на прочность элементов конструкций, механизмов и машин, подходами к обоснованному выбору способа обработки и соединения элементов энергетического оборудования;	Выполнение расчетов, подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-7	способностью обоснованно выбирать средства измерения теплофизических параметров, оценивать погрешности результатов измерений	Выполнение ВКР
ПК(У)-8	способностью проводить анализ и оценку степени экологической опасности производственной деятельности человека на стадиях исследования, проектирования, производства и эксплуатации технических объектов, владеть основными методами защиты производственного персонала и населения от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий	Подготовка раздела ВКР «Социальная ответственность»
ПК(У)-9	способностью формулировать цели проекта, выбирать критерии и показатели, выявлять приоритеты решения задач	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-10	готовностью к разработке проектов узлов и элементов аппаратов и систем в соответствии с техническим заданием с использованием средств автоматизации проектирования, к использованию в разработке технических проектов новых информационных технологий	Выполнение расчетов, подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-11	готовностью к разработке проектной и рабочей технической документации, к оформлению законченных проектно-конструкторских работ в области проектирования ЯЭУ	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-12	готовностью участвовать в проектировании основного оборудования, систем контроля и управления ядерных энергетических установок с учетом экологических требований и безопасной работы	Подготовка раздела ВКР «Социальная ответственность»
ПК(У)-13	готовностью к проведению предварительного технико-экономического обоснования проектных расчетов в области проектирования ядерных энергетических установок	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ПК(У)-14	готовностью подготовить исходные данные для выбора и обоснования научно-технических и организационных решений на основе экономического анализа существующих и проектируемых	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурс

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
		«собрание»
ПК(У)-15	способностью использовать информационные технологии при разработке новых установок, материалов, приборов и систем, готовностью осуществлять сбор, анализ и подготовку исходных данных для информационных систем проектов ЯЭУ и их компонентов	Выполнение расчетов, подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада
ПК(У)-16	способностью анализировать нейтронно-физические, технологические процессы и алгоритмы контроля, управления и защиты ЯЭУ с целью обеспечения их эффективной и безопасной работы	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-17	способностью проводить нейтронно-физические и тепло-гидравлические расчеты ядерных реакторов в стационарных и нестационарных режимах работы	Проведение расчетов по теме ВКР
ПК(У)-18	способностью провести оценку ядерной и радиационной безопасности при эксплуатации ядерных энергетических установок, а также при обращении с ядерным топливом и другими отходами	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПК(У)-19	готовностью использовать средства автоматизированного управления, защиты и контроля технологических процессов	Выполнение расчетно-пояснительной записки и чертежей
ПК(У)-20	способностью демонстрировать основы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока АС в целом при пуске, останове, работе на мощности и переходе с одного уровня мощности на другой с соблюдением требований безопасности	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ПК(У)-21	способностью анализировать технологии монтажа, ремонта и демонтажа оборудования АС (и ЯЭУ) применительно к условиям сооружения, эксплуатации и снятия с эксплуатации энергоблоков АС	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ПК(У)-22	готовностью к организации рабочих мест, их техническому оснащению, размещению технологического оборудования	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ПК(У)-23	готовностью к контролю соблюдения технологической дисциплины и обслуживанию технологического оборудования	Доклад на защите ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР, выполнение ВКР
ПК(У)-24	способностью составлять техническую документацию (графики работ, инструкции, планы, сметы, заявки на материалы, оборудование), а также установленную отчетность по утвержденным формам	Доклад на защите ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР, выполнение ВКР
ПК(У)-25	готовностью выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада к защите ВКР
ПК(У)-26	готовностью к организации работы малых коллективов исполнителей, планированию работы персонала и фондов опла-	Выполнение раздела «Финансо-

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
	ты труда	вый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ПК(У)-27	способностью организовывать экспертизу технической документации, готовностью к исследованию причин неисправностей оборудования, принятию мер по их устранению	Подготовка раздела ВКР «Социальная ответственность»
ПК(У)-28	способностью проводить анализ производственных и непроизводственных затрат на обеспечение необходимого качества продукции	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ПК(У)-29	способностью осуществлять и анализировать исследовательскую и технологическую деятельность как объект управления	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада к защите ВКР
ПСК(У)-1.1	способностью составлять тепловые схемы и математические модели процессов и аппаратов преобразования ядерной энергии топлива в тепловую и электрическую энергию	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПСК(У)-1.2	готовностью к проведению физических экспериментов на этапах физического и энергетического пуска энергоблока с целью определения нейтронно-физических параметров реакторной установки и АС в целом	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ПСК(У)-1.3	способностью использовать математические модели и программные комплексы для численного анализа всей совокупности процессов в ядерно-энергетическом и тепломеханическом оборудовании АС	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада
ПСК(У)-1.4	способностью выполнять теплогидравлические, нейтронно-физические и прочностные расчеты узлов и элементов проектируемого оборудования с использованием современных средств	Выполнение расчетов, разработка комплекта проектно-конструкторской документации в составе ВКР
ПСК(У)-1.5	готовностью к разработке проектов элементов и систем АС и ЯЭУ с целью их модернизации и улучшения технико-экономических показателей с использованием современных средств проектирования и новых информационных технологий	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПСК(У)-1.6	готовностью к проведению предварительного технико-экономического анализа разработок текущих и перспективных АС и ЯЭУ	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ПСК(У)-1.7	способностью осуществлять подготовку исходных данных для расчета тепловых схем различных типов АС и ЯЭУ	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР

Код компетенции	Наименование компетенции	Разделы и этапы ВКР
ПСК(У)-1.8	способностью проводить эскизное и предэскизное проектирование и конструирование элементов и систем ЯЭУ с учетом принципов и средств обеспечения ядерной и радиационной безопасности	Выполнение расчетов, подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПСК(У)-1.9	способностью проводить экспертизу технической документации основного оборудования АС и исследования причин неисправностей технологического оборудования, находить пути их устранения	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей
ПСК(У)-1.10	способностью формулировать исходные данные, выбирать и обосновывать научно-технические и организационные решения в области проектирования элементов и систем ЯЭУ	Выполнение раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»
ПСК(У)-1.11	способностью выполнять работы по стандартизации и подготовке к сертификации технических средств, систем и оборудования ядерных энергетических установок	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей
ПСК(У)-1.12	способностью применять на практике принципы организации эксплуатации АС, а также понимать принципиальные особенности стационарных и переходных режимов реакторных установок и энергоблоков при нормальной эксплуатации, при её нарушениях, при ремонте и перегрузках	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПСК(У)-1.13	способностью понимать причины накладываемых на режимы ограничений, связанных с требованиями по безопасности и особенностями конструкций основного оборудования и возможностями технологических схем АС	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР
ПСК(У)-1.14	способностью выполнять типовые операции по управлению реактором и энергоблоком на понятийном тренажере	Выполнение ВКР, ответы на вопросы при защите ВКР
ПСК(У)-1.15	готовностью применять принципы обеспечения оптимальных режимов работы ядерного реактора, тепломеханического оборудования и энергоблока в целом при различных режимах работы АС с соблюдением требований безопасности	Подготовка расчетно-пояснительной записки и чертежей, доклада и защита ВКР

3. Структура выпускной квалификационной работы

ВКР имеет следующую структуру:

- Титульный лист,
- Запланированные результаты обучения по программе,
- Задание на выполнение ВКР,
- Реферат,
- Определения, обозначения, сокращения, нормативные ссылки,
- Оглавление,
- Введение,
- Обзор литературы,
- Объект и методы исследования,

- Расчеты и аналитика (аналитический обзор, теоретический анализ, инженерные расчеты, разработка конструкции, технологическое, организационное, эргономическое проектирование и др.),
- Результаты проведенного исследования (разработки),
- Раздел «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»,
- Раздел «Социальная ответственность»,
- Заключение (выводы),
- Список публикаций студента,
- Список использованных источников,
- Приложения.

3. Методика оценки выпускной квалификационной работы

3.1. ВКР оценивается на заседании ГЭК. Члены ГЭК оценивают содержание работы и ее защиту, включающую доклад и ответы на вопросы, по критериям, приведенным в разделе 4.

3.2. Согласованная итоговая оценка выставляется на основании оценок членов ГЭК с учетом оценки руководителя ВКР. Итоговая оценка по результатам защиты ВКР выставляется в традиционной форме (в соответствии с действующим Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания ТПУ).

4. Критерии оценки выпускной квалификационной работы

На основании приведенных критериев при оценке ВКР делается вывод о сформированности соответствующих компетенций:

Критерии оценки ВКР	Соответствие традиционной оценке
– Структура и оформление ВКР соответствует предъявляемым требованиям, не имеет существенных недостатков; – В работе решается достаточно сложная задача исследования и проектирования атомной станции, ее технологических процессов и оборудования; – Работа содержит результаты экспериментальных и (или) численных исследований процессов теплообмена с описанием методики их обработки и интерпретации; – При выполнении работы студентом самостоятельно выполнялось конструирование /разработка физических и математических моделей с помощью специализированного программного обеспечения; – Качество разработки схемной документации на проектируемую АС оценивается как высокое; – Результаты работы на защите представлены в соответствии с требованиями к докладам по длительности и структуре; – Ответы на вопросы комиссии сформулированы с достаточной аргументацией и свидетельствуют о полном владении материалом исследования.	«Отлично»
– Структура и оформление ВКР соответствует большинству предъявленных требований; – В работе решается задача исследования и проектирования атомной станции, ее технологических процессов и оборудования; – Исследовательская составляющая работы ограничена выполнением анализа литературы и публикаций в периодических изданиях (отсутствуют результаты самостоятельной исследовательской работы); – Разработан полный комплект схемной документации с незначи-	«Хорошо»

тельными недочётами; – Ответы на вопросы комиссии сформулированы с недостаточной аргументацией, демонстрируют неполное владение материалом исследования.	
– Структура и оформление ВКР соответствует большинству предъявленных требований, но содержит некоторые недостатки, – В работе решается задача низкого уровня сложности (в работе не выполнялось исследование и проектирование атомной станции, ее технологических процессов и оборудования и т.п.); – В работе полностью отсутствует исследовательская составляющая; – Разработан полный комплект схемной документации с ошибками; – Представление работы (доклад) осуществлялось на невысоком уровне, не раскрыты цель, содержание или результаты работы; – Ответы на вопросы комиссии демонстрируют неполное владение материалом исследования, содержат ошибки.	«Удовл.»
– Структура и оформление ВКР не соответствует большинству предъявленных требований, – В работе задача не решена, либо решена с существенными ошибками, – Схемная документация не представлена или выполнена в неполном объеме; – При выступлении допущены грубые ошибки в изложении материалов работы, студент демонстрирует непонимание отдельных разделов ВКР; – Ответы на вопросы комиссии демонстрируют неполное владение материалом исследования, содержат грубые ошибки.	«Неудовл.»

Разработчики:

Должность	ФИО
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова, к.т.н.	А.В. Воробьев
Доцент НОЦ И.Н. Бутакова, к.т.н.	А.М. Антонова

ФОС одобрен на заседании кафедры АТЭС (протокол от 11.02.2016 г. № 2).

Заведующий кафедрой – Руководитель
НОЦ И.Н. Бутакова на правах кафедры
д.т.н, профессор

 /Завори А.С.
подпись

Лист изменений ФОС государственной итоговой аттестации:

Учебный год	Содержание /изменение	Обсуждено на заседании НОЦ И.Н. Бутакова (про- токол)
2016/2017 учебный год	1. В соответствии с развитием науки и техники в дисциплине «Термодинамические циклы АЭС» изменено содержание п. 4 рабочей программы.	Протокол №5 от 05 мая 2017 г кафедра АТЭС ЭНИН
2017/2018 учебный год	1. Изменена структура ТПУ: выпускающая кафедра Атомных и тепловых электростанций ЭНИН вошла в состав Научно-образовательного центра И.Н. Бутакова Инженерной школы энергетики	
2018/2019 учебный год	1. Изменена система оценивания во всех дисциплинах и практиках, реализация которых начнется с осеннего семестра 2018/19 учебного года и далее до завершения реализации программы	Протокол № 12 от 30.08.2018 г.
2019/2020 учебный год	1. В соответствии с развитием науки и техники в дисциплине «Атомные электростанции» изменено содержание п. 4 рабочей программы	№ 29 от 30.05.2019 г. (НОЦ И.Н. Бутакова)