

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теплообменные аппараты энергетических установок**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Тищенко В.А.
	Идентификатор	R4ea77783-TishchenkoVA-c16aaeb

В.А. Тищенко

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Митрохова О.М.
	Идентификатор	R1d0f453c-FichoriakOM-ee811867

О.М.
Митрохова

Заведующий
выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Грибин В.Г.
	Идентификатор	R44612ca0-GribinVG-8231e2ff

В.Г. Грибин

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-2 Способен к проектно-конструкторской деятельности в сфере энергетического машиностроения

ИД-1 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

ИД-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Теплообмен в конденсаторах» (Контрольная работа)
2. Контрольная работа «Теплообмен при конденсации пара» (Контрольная работа)
3. Тест «Конденсационные установки» (Тестирование)
4. Тест «Особенности эксплуатации конденсаторов» (Тестирование)
5. Тест «Сетевые подогреватели» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Выполнение п.1 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа)
2. Выполнение п.2 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа)
3. Выполнение п.3 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %								
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	3	7	9	11	12	13	14	15
Особенности процессов теплообмена при изменении агрегатного состояния теплоносителей									
Особенности процессов теплообмена при изменении агрегатного состояния теплоносителей	+								
Конденсационная установка. Основные компоненты. Классификация конденсаторов.									

Особенности конструкции конденсаторов								
Конденсационная установка. Основные компоненты. Классификация конденсаторов. Особенности конструкции конденсаторов		+					+	
Особенности процессов, протекающих в конденсаторах. Расчет коэффициентов теплопередачи								
Особенности процессов, протекающих в конденсаторах. Расчет коэффициентов теплопередачи			+					
Конструкторский расчет конденсаторов								
Конструкторский расчет конденсаторов				+				
Особенности эксплуатации конденсаторов и переменные режимы работы								
Особенности эксплуатации конденсаторов и переменные режимы работы					+	+		
Сетевые подогреватели ТЭЦ. Теплофикация. Теплофикационные турбины. Особенности конструкции, эксплуатации и расчета								
Сетевые подогреватели ТЭЦ. Теплофикация. Теплофикационные турбины. Особенности конструкции, эксплуатации и расчета		+					+	
Основы проектирования теплообменных аппаратов в пакетах САПР								
Основы проектирования теплообменных аппаратов в пакетах САПР								+
Вес КМ:	10	20	10	20	10	10	10	10

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

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-2	ИД-1ПК-2 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: физические аспекты процессов теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества одного из теплоносителей конструктивные особенности двухфазных теплообменных аппаратов тепловых электростанций Уметь: проводить конструкторский расчет двухфазного теплообменного аппарата подготавливать эскизную модель теплообменного аппарата в пакете САПР	Контрольная работа «Теплообмен при конденсации пара» (Контрольная работа) Тест «Конденсационные установки» (Тестирование) Выполнение п.1 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа) Тест «Сетевые подогреватели» (Тестирование) Выполнение п.3 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности	Знать: особенности эксплуатации двухфазных теплообменных аппаратов и режимов их работы Уметь: обосновывать выбор	Контрольная работа «Теплообмен в конденсаторах» (Контрольная работа) Тест «Особенности эксплуатации конденсаторов» (Тестирование) Выполнение п.2 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора» (Расчетно-графическая работа)

		оптимальных параметров работы двухфазного теплообменного аппарата проводить расчет переменного режима работы двухфазного теплообменного аппарата	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Контрольная работа «Теплообмен при конденсации пара»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контрольная работа содержит одну задачу. Время выполнения – 45 минут.

Краткое содержание задания:

Давление отработанного пара в конденсаторе $P_k = 3,5$ кПа, его энтальпия 2400 кДж/кг, температура охлаждающей воды на входе в конденсатор $t_{1в}$, кратность охлаждения m , удельная паровая нагрузка $dk=40$ кг/(м²·ч). Значения параметров см. таблицу

N	$t_{1в}$, К	m
1.1	278	90
1.2	281	100
1.3	284	110
1.4	287	120
1.5	290	130
1.6	293	140

Найти:

1. Осредненный коэффициент теплопередачи в конденсаторе
2. Площадь теплообмена конденсатора
3. Температуру охлаждающей воды после конденсатора

Контрольные вопросы/задания:

Знать: физические аспекты процессов теплообмена при изменении агрегатного состояния вещества одного из теплоносителей	1.Определить осредненный коэффициент теплопередачи в конденсаторе. 2.Определить площадь теплообмена конденсатора 3.Определить температуру охлаждающей воды после конденсатора.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если получены корректные значения по 3 вопросам.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если получены корректные значения по 2 из 3 вопросов.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если получены корректные значения по 1 из 3 вопросов.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если ни по одному из вопросов студентом не были получены корректные значения.

КМ-2. Тест «Конденсационные установки»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 45 минут.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 18 вопросов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: конструктивные особенности двухфазных теплообменных аппаратов тепловых электростанций	1. Что не может происходить с первичным теплоносителем в двухфазном теплообменнике: a. Испарение b. Первичный теплоноситель не меняет свою температуру по мере движения в теплообменнике c. Конденсация Сначала температура снижается, затем остается постоянной, после чего продолжает снижаться. 2. Величина, характеризующая процесс переноса теплоты от одного теплоносителя к другому через стенку, называется: a. Коэффициент теплоотдачи b. Коэффициент теплопроводности c. Коэффициент эксергии Коэффициент теплопередачи 3. Что такое температурный напор в теплообменнике? a. Разница между температурой теплоносителя на входе и выходе b. Разница между температурами теплоносителей в конкретной рассматриваемой точке c. Разница между средними температурами теплоносителей d. Разница между максимальной и минимальной температурой теплоносителей 4. Какой теплоноситель как правило поступает на вход в межтрубное пространство теплообменников ПТУ? a. Вода b. Пар c. Может и вода и пар 5. Что такое двухфазный теплообменный аппарат? a. В нем первичный и вторичный теплоносители находятся в различных агрегатных состояниях. b. В нем первичный и вторичный теплоносители представляют собой различные вещества – фазы. c. В нем происходит изменение агрегатного состояния хотя бы одного теплоносителя d. Первичный и вторичный теплоносители являются фазовыми компонентами одного и того же вещества 6. Конденсация пара на поверхности может проходить
---	---

	a. Когда температура стенки ниже температуры насыщения b. Когда температура стенки равна температуре насыщения c. Когда пар существенно переохлажден d. Когда температура стенки находится вблизи критической точки для данного термодинамического состояния пара 7.Какой тип конденсации является наиболее предпочтительным с точки зрения эффективности теплообмена a. Пленочная конденсация b. Капиллярная конденсация c. Капельная конденсация d. Однозначного ответа не существует 8.Выберите верное утверждение. a. Пленочная конденсация возникает только на криволинейных поверхностях b. Пленочная конденсация возникает на смачиваемых поверхностях c. Пленочная конденсация возникает на не смачиваемых поверхностях d. Пленочная конденсация является следствием капельной конденсации-когда расход сконденсировавшегося пара достигает такого значения, что отдельные капли собираются и формируют сплошную водяную пленку 9.Какой тип передачи теплоты превалирует в ламинарной водяной пленке? a. Теплопроводность (как в твердых телах). b. Конвекция. c. Теплопроводность и конвекция. d. Адиабатная эксергия. 10.По значению какого параметра пленки можно судить о режиме ее течения? a. Число Рейнольдса пара. b. Соотношение удельных импульсов пленки и пара. c. Число Маха пленки. d. Число Рейнольдса пленки. 11.Выберите неверное утверждение: a. С увеличением давления в конденсаторе уменьшается электрическая мощность ПТУ. b. С уменьшением давления в конденсаторе увеличивается термический КПД ПТУ. c. Конденсатор – элемент тепловой схемы ПТУ с самыми большими потерями. d. Здесь все утверждения неверные. 12.Верно ли утверждение «Снижение давление в конденсаторе будет всегда приводить к росту мощности турбоустановки»: a. Да, абсолютно верно.
--	---

	b. Нет, абсолютно неверно – мощность будет уменьшаться. c. Не совсем верно – при некотором значении давления в конденсаторе в последней ступени паровой турбины установится сверхзвуковой режим по всей высоте рабочей лопатки, после чего снижение давления уже не будет приводить к росту мощности. d. Не совсем верно – это зависит от геометрии выхлопного патрубка, соединяющего последнюю ступень с горловиной конденсатора. Если он диффузорный, то утверждение верно, если конфузорный, то утверждение не всегда выполняется. 13. Какой элемент не входит в состав конденсационной установки: a. Циркуляционный насос b. Подогреватель низкого давления c. Пусковой эжектор d. Конденсатосборник 14. Что характерно для двухпоточного конденсатора. a. Охлаждающая вода сначала движется в одном направлении, потом разворачивается и движется в обратном направлении, таким образом пар взаимодействует с прямым и обратным потоком воды. b. Пар после последней ступени турбины разделяется на два независимых потока, что позволяет эффективно его сконденсировать. c. Конденсатор представляет собой два соединенных между собой по пару и охлаждающей воде конденсатора. d. Два независимых подвода и отвода охлаждающей воды в одном конденсаторе. 15. Для чего в промежуточных перегородках организуют окна: a. Для вывода ПВС b. Для снижения их массы c. Для обеспечения равномерного распределения параметров пара в объеме межтрубного пространства d. Для организации удобного монтажа и демонтажа трубной системы 16. Что такое удельная паровая нагрузка? a. Это отношение расхода пара к площади теплообмена. b. Это отношение расхода пара к расходу охлаждающей воды. c. Это тепловая мощность на единицу площади теплообменника. d. Это отношение теплоты, отданной паром к величине переохлаждения конденсата. 17. Чем характерна зона воздухоохладителя в пространстве конденсатора с точки зрения изменения
--	--

	агрегатного состояния пара. а. В зоне воздухоохладителя происходит интенсивная конденсация, так как там движется самая холодная вода. б. Принципиально ничем не отличается от остального объема конденсатора. Здесь максимальная массовая концентрация воздуха. с. Здесь возможен процесс обратного испарения конденсата при контакте переохлажденного конденсата с паром из ЦНД. д. Здесь конденсация пара (кг/с) ниже, чем в остальном объеме конденсатора, т.к. температура пара резко снижается и растет концентрация воздуха. 18. Причины уменьшения температуры образующегося конденсата в конденсаторе по мере движения пара в межтрубном пространстве: а. Уменьшение парциального давления пара б. Уменьшение давления ПВС вследствие гидравлического сопротивления объема межтрубного пространства с. Варианты а и б плюс рост растворимости воздуха в образующемся конденсате д. Варианты а и б
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 95% заданий.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 85% заданий.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 70% заданий.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено менее 70% заданий.

КМ-3. Контрольная работа «Теплообмен в конденсаторах»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время на выполнение контрольной работы 90 минут.

Краткое содержание задания:

Работа состоит из 3 задач.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: обосновывать выбор	1.Задача 1
---------------------------	------------

оптимальных параметров работы двухфазного теплообменного аппарата	Найти осредненный коэффициент теплопередачи в конденсаторе, если давление отработанного пара $P_k = 3,5$ кПа, его энтальпия 2400 кДж/кг, температура охлаждающей воды на входе в конденсатор $t_{1в}$, кратность охлаждения m, удельная паровая нагрузка $dk=50$ кг/м²·ч. 2.Чему равен расход охлаждающей воды W, подаваемой в конденсатор, если $p_k = 3,5$ кПа, $t_{1в}=12^{\circ}\text{C}$, $t_{2в}=20^{\circ}\text{C}$, F, K. 3.Давление паровоздушной смеси на входе в трубный пучок p, G_{k0}, $G_v = 300$ кг/ч. Сопротивление пучка 0,4 кПа. Найти переохлаждение конденсата на выходе, где содержание пара в ПВС составляет $0,01 \cdot G_{k0}$.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если полностью решено первые 3 задачи.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если 2 задачи решены полностью, а в одной присутствуют арифметические ошибки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если одна задача полностью решена, во второй присутствуют арифметические ошибки, а третья задача либо не решена, либо ход решения неверен.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в двух и более задачах ход решения неверен.

КМ-4. Выполнение п.1 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения раздела "Конструкторский и гидравлический расчета" типового расчета.

Краткое содержание задания:

Выполнить конструкторский расчет и гидравлический расчет конденсатора на параметры, указанные в таблице. Недостающими параметрами задаться самостоятельно.

№п/п	Маркировка конденсатора	Тип турбин	P_k , кПа	$d_n/d_{вн}$, мм/мм	z	$t_{1в}$, °C	m	G_k т/ч	w_v , м/с	x – сухость пара	X-ка конденсатора
1	K-150-9115	K-160-130	3,43	28/26	2	12	62,9	330,9	1,5	0,9	
2	K-10120	K-220-44	3,43	30/28	2	12	60,4	360	1,8	0,91	
3	K-15240	K-300-	3,6	30/28	2	14	61,	562,	1,6	0,9	

		240					7	4			
4	K-11520	K-500-240	4,4 2	28/26	2	15	53, 6	479, 5	1,9	0,89	
5	K-12150	K-500-65/3000	4,9	28/25	2	18	53, 8	439	1,8	0,9	
6	K-10120	K-500-60/3000	3,9 2	28/28	2	12	51, 6	410	1,6	0,9	
7	K-22550	K-500-60/1500	5,8 8	28/26	2	22	53, 8	440	2,0	0,9	
8	K-16560	K-750-65/3000	4,4 1	28/26	2	15	48, 3	632	1,9	0,9	
9	50-КЦС-3	K-50-90-1	2,9 5	26/24	2	10	57, 1	140	2,0	0,88	
10	50-КЦС-4	ПТ-50-90	5,9 8	26/24	2	20	48, 5	165	1,9	0,88	
11	50-КЦС-5	K-50-90-3	3,4 3	26/24	2	10	57, 1	140	1,8	0,9	
12	K-150-9115	K-160-130	4	28/26	2	12	62, 9	330, 9	1,5	0,9	
13	K-10120	K-220-44	3,4 3	30/28	2	10	60, 4	360	1,8	0,91	
14	K-15240	K-300-240	3,6	30/28	2	14	55	562, 4	1,6	0,9	
15	K-11520	K-500-240	4,4 2	30/28	2	15	53, 6	479, 5	1,9	0,89	
16	K-12150	K-500-65/3000	4,9	28/26	2	18	53, 8	450	1,8	0,9	
17	K-10120	K-500-60/3000	3,9 2	28/28	2	12	51, 6	410	2	0,9	
18	K-22550	K-500-60/1500	5,8 8	28/26	2	22	53, 8	440	2,0	0,88	
19	K-16560	K-750-65/3000	3	28/26	2	15	48, 3	632	1,9	0,9	
20	50-КЦС-3	K-50-90-1	2,9 5	26/24	2	22	57, 1	140	2,0	0,88	
21	50-КЦС-4	ПТ-50-90	5,9 8	26/24	2	20	48, 5	175	1,9	0,88	
22	50-КЦС-5	K-50-90-3	3,4 3	26/24	2	12	57, 1	140	1,8	0,9	

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить конструкторский расчет двухфазного теплообменного аппарата	1.Определить площадь теплообмена, габаритные характеристики конденсатора, количество трубок, а также гидравлическое сопротивление как по паровой, так и по водяной сторонам.
---	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел выполнен без ошибок и оформлен в соответствии с требованиями или присутствуют мелкие (орфографические, пунктуационные) ошибки в оформлении.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел выполнен без ошибок, но присутствуют существенные недоработки в оформлении – пропущены пояснения, размерности, отсутствуют выводы.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в представленном решении присутствуют ошибки методологического характера, не приводящие к существенному отклонению итогового ответа (менее чем на 10 % от правильного решения).

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в разделе присутствуют грубые ошибки, приводящие к существенному отклонению от правильного ответа (более чем на 10%).

КМ-5. Тест «Особенности эксплуатации конденсаторов»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест состоит из 22 вопросов. Время выполнения 45 минут.

Краткое содержание задания:

Текущий контроль предназначен для оценки достижения обучающимися части запланированных результатов обучения по дисциплине и этапа формирования запланированной компетенции

Контрольные вопросы/задания:

Знать: особенности эксплуатации двухфазных теплообменных аппаратов и режимов их работы	1. Выберите верное утверждение: a. Рост скорости воды в трубах приводит к уменьшению гидравлического сопротивления. b. Рост скорости воды в трубах приводит к увеличению коэффициента теплопередачи конденсатора c. Увеличение скорости воды в трубах приводит к уменьшению коэффициента теплопередачи конденсатора d. Рост скорости воды в трубах не приводит ни к чему из вышеописанного. 2. Почему необходимо снижать переохлаждение конденсата в конденсаторе? a. С увеличением переохлаждения температура конденсата может оказаться ниже температуры охлаждающей воды. b. С ростом переохлаждения увеличивается растворимость газов. c. Возникают дополнительные тепловые потери, связанные с перемешиванием конденсата различной температуры. d. Чем ниже температура образовавшегося конденсата, тем большую работу должны выполнить насосы, чтобы протолкнуть его по тепловой схеме ПТУ. 3. С точки зрения компоновки конденсатора, что
---	---

	является положительным решением при организации движения пара? a. Увеличение суммарного пути, который проходит пар в межтрубном пространстве. Т.к. в этом случае большая его часть сконденсируется. b. Паровой поток двигается сначала сверху вниз, разворачивался на 180 градусов и только после этого контактирует с трубками. Таким образом создается естественная самотяга, что положительно сказывается на коэффициенте теплопередачи и гидравлическом сопротивлении. c. Обеспечить омывание самых низких трубок потоком пара из горловины конденсатора, тем самым подогревая конденсат и уменьшая переохлаждение. d. Направить пар равномерно по всему верхнему фронту трубных пучков. Обеспечивается равномерное распределение параметров по фронту, а также увеличивается путь контакта потока с трубной системой, что положительно сказывается на эффективности теплообмена 4.Почему в конденсаторах турбин большой мощности предпочитают использовать ленточную компоновку трубных пучков? a. Ее технологически проще организовать, при этом увеличиваются габариты трубных досок. b. Ленточная компоновка позволяет оптимально распределить потоки пара по трубкам, тем самым уменьшив гидравлическое сопротивление и обеспечив оптимальное распределение параметров пара в паровой объеме. c. Это связано с необходимостью использования многоходовых компоновок по охлаждающей воде. d. Ленточная компоновка позволяет управлять потоками пара за счет температуры трубок. Увеличение или уменьшение расхода охлаждающей воды на ту или иную группу трубок позволяет перенаправлять потоки пара в межтрубном пространстве. 5.Какие особенности можно выделить для группы трубок воздухоохладителя? a. Они располагаются в самом низу конденсатора. b. Они располагаются только по центру конденсатора и отделены от остальных трубок пароотбойными щитами. c. В различных конденсаторах они располагаются в разных местах, но отделяются от остальных трубок пароотбойными щитами. d. Конструктивно они никак не выделяются, по ним течет самая холодная вода. 6.Какие требования НЕ предъявляют к трубкам конденсаторов? a. У них должен быть высокий коэффициент
--	--

	теплопроводности. b. Они должны быть коррозионно стойкими. c. Они должны выдерживать периодические динамические нагрузки. d. У них должна быть максимально возможная длина. 7.Выберите список материалов, из которых преимущественно изготавливают трубки конденсаторов: a. Нержавеющая сталь, сплавы на основе латуни, медь. b. Титан, медь, нержавеющая сталь. c. Медь, сплавы на основе латуни, титан, нержавеющая сталь. d. Сплавы на основе латуни, титан, нержавеющая сталь. 8.Почему трубные доски конденсаторов не рекомендуется исполнять с толщиной меньше 25 мм? a. Подобных ограничений нет. b. Тогда их может насквозь «проесть» коррозия, что приведет к нарушению герметичности парового пространства. c. Они теряют свою жесткость, что может привести к их деформации и разрушению под действием перепада давления. d. Невозможно плотно закрепить трубки. 9.Для чего при установке трубных досок и промежуточных перегородок используются распорки? a. К ним потом приваривается корпус конденсатора b. Они предотвращают прогиб трубных досок и обеспечивают их жесткость. c. Распорки позволяют организовать модульность трубной системы и транспортировать трубные пучки в виде компактных элементов. d. Распорки используются для ужесточения трубок и демпфирования вибраций. 10.Какого типа крепления к трубным доскам НЕ существует? a. Вальцевание b. Вальцевание + сварка c. Приклепывание d. Вальцевание на двойной трубной доске 11.Какой элемент НИКОГДА не присутствует в конденсационной установке? a. Струйный паровой эжектор. b. Барботажный паровой эжектор. c. Струйный водяной эжектор. d. Конденсатосборник. 12.Выберите ответ, в котором перечислены ВСЕ возможные места организации деаэрации конденсата
--	---

	a. В конденсатосборнике. b. Вблизи воздухоохладителя, в конденсатосборнике. c. В паровом пространстве конденсатора под трубными пучками, в конденсатосборнике. d. В паровом пространстве конденсатора под трубными пучками, вблизи воздухоохладителя, в конденсатосборнике. 13. За счет чего в струйном эжекторе создается разрежение, которое позволяет удалять из конденсатора паровоздушную смесь? a. Пар за эжектором конденсируется, что создает разрежение, необходимое для отсоса ПВС. b. Пар поступает в сопло Лавала, ускоряется до сверхзвуковой скорости, что приводит к уменьшению его давления. В зоне разрежения подмешивается ПВС. c. За эжектором ставится диффузор с большим углом раскрытия, следовательно перед ним давление снижается, что позволяет удалять ПВС. d. ПВС направляется в сопло Лавала, где ускоряется до сверхзвуковых скоростей, что приводит к уменьшению давления. 14. Почему пароструйные эжекторы на ТЭС как правило многоступенчатые? a. Меньшее количество ступеней не сможет удалить весь необходимый расход ПВС из пространства конденсатора. b. Чем больше ступеней у эжектора, тем меньший суммарный расход пара необходимо через него пропустить. c. Требуется плавно повышать давление ПВС, что можно сделать только с помощью многоступенчатой системы, в противном случае могут возникнуть гидроудары и нестабильная работа эжектора. d. В сверхзвуковом сопле происходит «запирание потока» - каждое сопло ограничено по пропускаемому через него расходу пара и ПВС. 15. Выберите САМУЮ распространенную из приведенных причин повреждения конденсатора, приводящую к остановке на ремонт. a. Низкое качество соединения трубок с трубной доской. b. Общее утонение стенок трубок c. Разрушение трубок из-за вибрации. d. Фрагменты лопаток, попадающие в паровое пространство конденсатора 16. Что происходит при увеличении скорости воды в трубках? a. Увеличивается гидравлическое сопротивление, трубка загрязняется быстрее, замедляется процесс износа трубки твердыми частицами.
--	---

	b. Увеличивается гидравлическое сопротивление, увеличивается интенсивность износа трубки твердыми частицами, уменьшается загрязнение трубки. c. Уменьшается гидравлическое сопротивление, трубка загрязняется медленнее, ускоряется процесс износа трубки твердыми частицами. d. Увеличивается гидравлическое сопротивление, увеличивается интенсивность износа трубки твердыми частицами, трубка загрязняется быстрее. 17. Какого типа загрязнения трубок НЕ существует? a. Биологическое b. Пульваногическое c. Механическое d. Накипное 18. По какому параметру можно сравнивать материалы трубок на их способность сопротивляться процессу механической эрозии? a. Предельно допустимая длина трубок. b. Минимально допустимая толщина стенки новой трубки. c. Предельная скорость течения воды в трубках. d. Минимально допустимая скорость течения воды в трубках. 19. Какому эрозионно-коррозионному процессу подвержены все трубки на основе латуни a. Обесникивание. b. Разъедание с участием образующейся на поверхности сернистой кислоты. c. Обесцинкивание d. Процессы, характерные для конкретных сплавов отсутствуют. 20. При проведении конструкторского расчета задаются исходя из опыта проектирования: a. Длиной трубок b. Количеством ходов. c. Количеством конденсатосборников. d. Давлением в конденсаторе. 21. Известно количество ходов в конденсаторе z, суммарное количество трубок в конденсаторе n_0, площадь проходного сечения одной $S_{вн}$, скорость воды в трубках w плотность воды R. Как определить расход воды? a. $W = n_0 \cdot z \cdot S_{вн} \cdot w \cdot R$ b. $W = n_0 / z \cdot S_{вн} \cdot w \cdot R$ c. $W = n_0 / z \cdot S_{вн} \cdot w \cdot R$ d. $W = n_0 / z \cdot S_{вн} \cdot w$ 22. В ОСНОВНОМ конденсаторы основных производителей турбин имеют компоновку: a. Подвальную продольную. b. Подвальную продольно-поперечную. c. Подвальную осевую.
--	--

	d. Подвальную поперечную.
--	---------------------------

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 20 заданий

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 18 заданий

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 16 заданий

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено менее 16 заданий

КМ-6. Выполнение п.2 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения раздела "Расчет переменных режимов работы конденсатора" типового расчета.

Краткое содержание задания:

Рассчитать конденсатор на переменный режим работы. Расчет одной из следующих характеристик конденсатора (указана в таблице исходных данных):

$$P_k = f(t_{is}), P_k = f(d_k), P_k = f(W), \alpha = f(t_{is}), \alpha = f(d_k), \alpha = f(W)$$

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить расчет переменного режима работы двухфазного теплообменного аппарата	1.Определить, как меняются основные характеристики конденсатора в случае изменения заданного параметра.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел выполнен без ошибок и оформлен в соответствии с требованиями или присутствуют мелкие (орфографические, пунктуационные) ошибки в оформлении.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если раздел выполнен без ошибок, но присутствуют существенные недоработки в оформлении – пропущены пояснения, размерности, отсутствуют выводы.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в представленном решении присутствуют ошибки методологического характера, не приводящие к существенному отклонению итогового ответа (менее чем на 10 % от правильного решения).

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в разделе присутствуют грубые ошибки, приводящие к существенному отклонению от правильного ответа (более чем на 10%).

КМ-7. Тест «Сетевые подогреватели»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Время выполнения 20 минут.

Краткое содержание задания:

Тест состоит из 10 вопросов.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: конструктивные особенности двухфазных теплообменных аппаратов тепловых электростанций	1. Какой вид генерации энергии наиболее эффективный с точки зрения использования топлива? 1. Выработка электроэнергии 2. Раздельная выработка электроэнергии и теплоты 3. Выработка теплоты 4. Когенерация 2.. Каким образом регулируется расход пара на сетевые подогреватели в теплофикационной турбине? 1. Задвижкой 2. Отбор не регулируемый 3. С помощью поворотной диафрагмы 4. За счет уменьшения расхода охлаждающей воды в конденсатор 3. Какой параметр в первую очередь определяет температуру прямой сетевой воды? 1. Давление в конденсаторе 2. Температура окружающей среды 3. Расход пара в голову турбины 4. Количество потребителей тепла 4.. Используется ли конденсатор для подогрева сетевой воды? 1. Нет, в конденсаторе низкопотенциальное рабочее тело, которое не может использоваться для подогрева сетевой воды 2. Да, вместо охлаждающей воды по всем трубкам движется сетевая вода и частично подогревается. 3. Да, в конденсаторе может быть специально выделенный теплофикационный пучок, через который проходит часть расхода сетевой воды. 4. Да, но здесь нет правильной схемы использования. 5. Какие сетевые подогреватели используются для повышенных тепловых нагрузок? 1. Вертикальные
---	---

	2. Горизонтальные 3. Обе конфигурации 4. Здесь нет правильного ответа 6. Промежуточный перегрев в теплофикационной турбине: 1. Более эффективен чем конденсационной 2. Менее эффективен чем в конденсационной турбине 3. Также эффективен, что и в конденсационной турбине 4. Нет однозначного ответа, зависит от условий 7. При малых объемных расходах пара черкз ЦНД теплофикационной турбины: 1. Температура в первой ступени практически неизменна и существенно подрастает к последним ступеням, где несколько снижается 2. Температура проточной части растет от входа к выходу 3. Температура уменьшается от входа к выходу 4. Здесь нет правильного ответа - изменение температуры не имеет определенной тенденции 8. В маркировке сетевого подогревателя ПСВ и ПСГ определяют: 1. Подогреватель Сетевой Водяной или Подогреватель Сетевой Газовый 2. Подогреватель Сетевой Вихревой или Подогреватель Сетевой Гладкий 3. Подогреватель Сетевой Вертикальный или Подогреватель Сетевой Горизонтальный 4. Подогреватель Сетевой Водяной, а маркировки ПСГ не существует 9. Что происходит с паром. Отобранным в теплофикационном отборе турбины после прохождения сетевого подогревателя: 1. Пар возвращается обратно в турбину 2. Пар отправляется на конденсацию в конденсатор 3. Пар конденсируется и подмешивается к основному конденсату за конденсатором 4. Сетевой подогреватель - смешивающий теплообменник, сконденсировавшийся пар вместе с сетевой водой направляется потребителю 10. На какой диапазон параметров пара и сетевой воды рассчитаны современные сетевые подогреватели? 1. Вакуум по пару и воде 2. Вакуум по пару и избыточное давление по воде 3. По пару от вакуума до избыточного давления, по воде под разрежением
--	--

	4. По пару от вакуума до избыточного, по воде избыточное
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 9 заданий.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 8 заданий.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено не менее 6 заданий.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено менее 6 заданий.

КМ-8. Выполнение п.3 типового расчета «Конструкторский расчет конденсатора»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка выполнения раздела "Эскизное проектирование конденсатора" типового расчета.

Краткое содержание задания:

Создать эскизную модель геометрии конденсатора, выполненную в 3D CAD пакете.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: подготавливать эскизную модель теплообменного аппарата в пакете САПР	1.Создать твердотельную модель конденсатора на основе результатов конструкторского расчета.
---	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если модель построена корректно, КД выполнены в соответствии с ЕСКД.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в модели есть ошибки, которые не приводят к изменению габаритных характеристик конденсатора (диаметр трубной доски, длина трубок, количество трубок), КД выполнены в соответствии с ЕСКД.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в модели есть ошибки, которые приводят к изменению одной из габаритных характеристик конденсатора (диаметр трубной доски, длина трубок, количество трубок), КД выполнены в соответствии с ЕСКД.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в модели есть ошибки, которые приводят к изменению более чем одной из габаритных характеристик конденсатора (диаметр трубной доски, длина трубок, количество трубок).

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Особенности направления парового потока в межтрубном пространстве конденсатора. Основные схемы. Их достоинства и недостатки. Ленточная компоновка – назначение и основные особенности.
2. Горизонтальные сетевые подогреватели. Конструктивные особенности. Разбор примера конструкции горизонтального сетевого подогревателя.
3. Задача
Определить давление в двухходовом конденсаторе. Расход охлаждающей воды $W = 18000$ т/ч; расход пара $G_k = 100$ кг/с; скорость охлаждающей воды в трубках $w = 1,8$ м/с; внутренний диаметр трубок $d_{вн} = 18$ мм.
Наружный диаметр трубок $d_n = 20$ мм; температура охлаждающей воды на входе $t_{1в} = 15^\circ\text{C}$; коэффициент чистоты трубок $a = 0,8$; активная длина трубок конденсатора $L = 14$ м.

Процедура проведения

Экзамен проводится в устной форме по билетам согласно программе экзамена. Экзаменационный билет включает два теоретических вопроса и одну практическую задачу. Время подготовки студента для ответа – не более 90 минут.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Выполняет расчеты и разрабатывает конструкцию объекта профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Вопросы экзаменационной программы:
 1. Теплообмен. Основные понятия и определения. Коэффициент теплопередачи, термическое сопротивление, коэффициент теплоотдачи и теплопроводности.
 2. Уравнения теплового баланса и теплопроводности. Температурный напор в теплообменном аппарате, среднелогарифмический температурный напор.
 3. Двухфазные теплообменные аппараты. Примеры двухфазных теплообменников в цикле тепловой электростанции. Пленочная и капельная конденсация пара.
 4. Особенности пленочной конденсации на твердых стенках, режимы пленочного течения. Теплоотдача при турбулентном и ламинарном течении пленки.
 5. Особенности пленочной конденсации в пучке горизонтальных трубок, влияние вибрации и присосов воздуха на процесс конденсации в трубных пучках.
 6. Конденсатор паровой турбины. Основные функции и назначение, место в тепловой схеме. Влияние вакуума в конденсаторе на КПД цикла.
 7. Соединение конденсатора с паровой турбиной. Выхлопной патрубок. Влияние геометрии выхлопного патрубка на давление за последней ступенью. Диаграмма режимов работы конденсатора.

8. Конденсационная установка, основные элементы и принцип работы. Конденсатор, циркуляционные и конденсатные насосы, эжекторы, дренажи. Расположение оборудования конденсационной установки на электростанции
9. Основные элементы конструкции конденсатора и их назначение. Трубные доски, водяные камеры, поворотные камеры, воздухоохладитель, промежуточные перегородки.
10. Классификация конденсаторов по расположению относительно турбины. Основные преимущества и недостатки. Секционный конденсатор.
11. Особенности теплообмена в конденсаторе. Основные параметры.
12. Влияние присосов воздуха и гидравлического сопротивления трубного пучка на давление среды в конденсаторе. Парциальное давление пара, переохлаждение конденсата.
13. Расчет коэффициента теплопередачи в конденсаторе. Основная классификация методов. Методика ВТИ.
14. Особенности направления парового потока в межтрубном пространстве конденсатора. Основные схемы. Их достоинства и недостатки. Ленточная компоновка – назначение и основные особенности.
15. Достоинства и недостатки ленточной компоновки. Конструктивные особенности. Проектирование и изготовление трубных досок для ленточной компоновки.
16. Модульная компоновка трубных пучков конденсаторов. Преимущества и недостатки.
17. Трубки конденсаторов. Особенности и требования к ним. Основные материалы, применяемые к трубкам конденсаторов.
18. Трубные доски и промежуточные перегородки. Основные конструктивные особенности, материалы. Установка в корпусе конденсатора. Крепление трубок к трубным доскам.
19. Конденсатосборники. Основное назначение, конструктивные особенности, применение деаэрационных устройств в конденсатосборниках. Отсос ПВС, эжектор. Принцип работы струйного эжектора.
20. Повреждение трубок конденсаторов. Условия среды, в которых работают трубки конденсаторов. Эрозия, коррозия, загрязнение.
21. Влияние скорости движения охлаждающей воды на процессы загрязнения трубок. Механическое, накипное и биологическое загрязнения. Основные виды коррозии и эрозии трубок, их особенности.
22. Основные зоны повреждения трубок конденсаторов. Шариковая очистка. Схема СШО. Особенности ее работы. Преимущества и недостатки.
23. Конденсаторы УТЗ. Конструктивные особенности. Разбор примеров конструкций конденсаторов.
24. Конденсаторы ЛМЗ. Конструкция двухсекционного конденсатора.
25. Конденсаторы Турбоатом (ХТЗ). Основные конструктивные особенности. Разбор примера конструкции подвального поперечного конденсатора и конструкции продольного бокового конденсатора.
26. Конструкторский расчет конденсаторов. Основные задачи и этапы расчета. Гидравлический расчет.
27. Схемы конденсационных установок с поверхностным воздушным охлаждением. Достоинства и недостатки. Основные причины использования воздушных конденсаторов.
28. Конструкция воздушных конденсаторов. Основные элементы. Схемы организации движения воздуха. Преимущества и недостатки. Режим работы вентиляторов.
29. Сравнение методов раздельной генерации (электроэнергии и тепла) с комбинированной генерацией (когенерацией). Способы когенерации с использованием паротурбинной установки.

30. Суточный и годовой графики тепловой нагрузки. Особенности генерации тепла на ТЭЦ. Теплофикационная установка. Основные элементы теплофикационной установки. Тепловая схема генерации тепла на ТЭЦ.
31. Теплофикационная турбина. Особенности конструкции. Нижний и верхний теплофикационные отборы.
32. Поворотная диафрагма. Особенности конструкции и работы. Особенности работы турбины на различных режимах (теплофикационный и конденсационный).
33. Сетевые подогреватели. Классификация. Основные особенности. Вертикальные и горизонтальные сетевые подогреватели. Пути модернизации вертикальных сетевых подогревателей.
34. Вертикальные сетевые подогреватели. Конструктивные особенности. Разбор примера конструкции вертикального сетевого подогревателя.
35. Горизонтальные сетевые подогреватели. Конструктивные особенности. Разбор примера конструкции горизонтального сетевого подогревателя.
36. Расчет теплообмена в горизонтальном сетевом подогревателе. Основные этапы. Особенности расчета теплообмена в вертикальном сетевом подогревателе.
37. Конструкторский и гидравлический расчет сетевых подогревателей. Основные этапы и особенности.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-2 Демонстрирует понимание влияния отдельных факторов на работу и конструкцию объекта профессиональной деятельности

Вопросы, задания

1. Примеры экзаменационных задач:

Задача №1

Чему равна поверхность конденсатора F , если $p_k = 3,5$ кПа; $W = 35000$ м³/ч, $t_{1в} = 12^\circ\text{C}$, $t_{2в} = 20^\circ\text{C}$, $K = 3200$ Вт/(м²·К)

Задача №2

Найти расход пара давлением 2 бар и температурой 150°C , идущего на нагрев 15,0 кг/с воды от 80 до 120°C . Переохлаждение конденсата 5°C , коэффициент тепловых потерь $\eta = 0,97$.

Задача №3

При испытании конденсатора получены следующие значения параметров: $p_k = 3,5$ кПа; $W = 35000$ м³/ч, $t_{1в} = 12^\circ\text{C}$, $t_{2в} = 20^\circ\text{C}$, поверхность конденсатора $F = 15000$ м². Найти коэффициент теплопередачи.

Задача №4

Определить суммарную площадь теплообмена конденсатора. Исходные данные: $p_k = 5$ кПа, $G_k = 255$ кг/с, $t_{1в} = 12^\circ\text{C}$, размер трубок 26/24 мм/мм, энтальпия отработанного пара $h_k = 2560$ кДж/кг, коэффициент теплопередачи $K = 3560$ Вт/(м²·К). Остальными, необходимыми для расчета величинами, задаться самостоятельно.

Задача №5

Давление паровоздушной смеси на входе в трубный пучок 5 кПа, $G_{k0} = 150$ кг/с, $G_v = 300$ кг/ч. Сопротивление пучка 0,4 кПа. Найти переохлаждение конденсата на входе в трубный пучок и на выходе, где содержание пара в ПВС составляет $0,01 \cdot G_{k0}$.

Задача №6

Определить габариты конденсатора. Диаметр трубок $d_n/d_{вн} = 27/25$ мм/мм, суммарная площадь теплообмена $F = 15000$ м², объемный расход охлаждающей воды $W = 40000$ м³/ч, число ходов конденсатора $z = 1$, скорость охлаждающей воды в трубках $w_v = 1,9$ м/с. Коэффициент использования трубной доски $U_{тр} = 0,22$.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Задания формируются случайным образом из базы заданий. В тестирование включены теоретические вопросы, предполагающие либо выбор одного верного ответа из предложенных, либо нескольких верных ответов из предложенных вариантов, и задания свободного изложения и(или) небольшие вычислительные задачи на основе КМ

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся показал, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных процессов и явлений или решения задач.

Оценка: 4

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если правильно выполнено практическое задание или в нем допущено не более одной ошибки, которая была самостоятельно исправлена обучающимся, и при ответе на вопросы экзаменационного билета и на дополнительные вопросы обучающийся допускает негрубые ошибки.

Оценка: 3

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если в выполненном практическом задании допущены грубые ошибки, которые затем исправлены обучающимся при участии экзаменатора или практическое задание не выполнено в полном объеме, но обучающийся смог довести решение до конца при участии экзаменатора, и в ответах на вопросы экзаменационного билета допущены ошибки.

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: выставляется, если практическое задание не выполнено или не даны ответы на вопросы экзаменационного билета и не выполнены критерии для оценки 3 («удовлетворительно»).

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 составляющих.