

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

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок**

**Москва
2024**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ястребов А.К.
	Идентификатор	R0e5b2163-YastrebovAK-2523fea7

А.К. Ястребов

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

А.П.
Крюков

Заведующий
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю.
Пузина

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 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов

ИД-1 Владеет математическим аппаратом теплогидравлических расчетов при разработке схемных решений низкотемпературных систем

2. ПК-3 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных низкотемпературных установок

ИД-2 Знает принцип действия и характеристики оборудования и технологических схем низкотемпературных систем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Основы расчета теплообменных аппаратов (Контрольная работа)
2. Регенеративные теплообменные аппараты (Контрольная работа)
3. Рекуперативные теплообменные аппараты (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Конструкционные материалы низкотемпературной техники (Коллоквиум)
2. Основы расчета теплообменных аппаратов (Коллоквиум)
3. Регенеративные теплообменные аппараты (Коллоквиум)
4. Рекуперативные теплообменные аппараты (Коллоквиум)
5. Теплофизические свойства теплоносителей (Коллоквиум)

БРС дисциплины

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Теплофизические свойства теплоносителей (Коллоквиум)
КМ-2 Конструкционные материалы низкотемпературной техники (Коллоквиум)
КМ-3 Основы расчета теплообменных аппаратов (Коллоквиум)
КМ-4 Основы расчета теплообменных аппаратов (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4

	Срок КМ:	4	6	11	14
Основы расчета и конструирования теплообменных аппаратов					
Теплофизические свойства теплоносителей	+				
Конструкционные материалы низкотемпературной техники		+			
Основы расчета теплообменных аппаратов			+	+	
Вес КМ:	20	20	35	25	

8 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 Рекуперативные теплообменные аппараты (Коллоквиум)
КМ-6 Рекуперативные теплообменные аппараты (Контрольная работа)
КМ-7 Регенеративные теплообменные аппараты (Коллоквиум)
КМ-8 Регенеративные теплообменные аппараты (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	10	12
Виды, особенности и принцип действия теплообменных аппаратов					
Рекуперативные теплообменные аппараты	+	+			
Регенеративные теплообменные аппараты			+	+	
Вес КМ:	30	30	20	20	

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-1 _{ПК-2} Владеет математическим аппаратом теплогидравлических расчетов при разработке схемных решений низкотемпературных систем	Знать: особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета рекуперативных теплообменных аппаратов различных типов особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета регенеративных теплообменных аппаратов различных типов Уметь: выполнять теплогидравлический расчет регенеративных теплообменных аппаратов воздухоразделительных установок выполнять теплогидравлический расчет рекуперативных теплообменных аппаратов	КМ-5 Рекуперативные теплообменные аппараты (Коллоквиум) КМ-6 Рекуперативные теплообменные аппараты (Контрольная работа) КМ-7 Регенеративные теплообменные аппараты (Коллоквиум) КМ-8 Регенеративные теплообменные аппараты (Контрольная работа)
ПК-3	ИД-2 _{ПК-3} Знает принцип	Знать:	КМ-1 Теплофизические свойства теплоносителей (Коллоквиум)

	действия и характеристики оборудования и технологических схем низкотемпературных систем	особенности применения различных конструктивных материалов в оборудовании низкотемпературных систем особенности определения свойств теплоносителей для расчета оборудования низкотемпературных систем Уметь: вычислять площадь поверхности теплообмена и гидравлическое сопротивление для трубчатых поверхностей теплообмена в низкотемпературных системах вычислять характеристики теплообменного оборудования низкотемпературных систем (коэффициент теплопередачи, средний температурный напор и т.д.)	КМ-2 Конструкционные материалы низкотемпературной техники (Коллоквиум) КМ-3 Основы расчета теплообменных аппаратов (Коллоквиум) КМ-4 Основы расчета теплообменных аппаратов (Контрольная работа)
--	--	--	---

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

7 семестр

КМ-1. Теплофизические свойства теплоносителей

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Особенности определения свойств теплоносителей для расчета оборудования низкотемпературных систем

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности определения свойств теплоносителей для расчета оборудования низкотемпературных систем	1. При каких давлениях и температурах можно использовать теорию идеальных газов для расчета свойств теплоносителей? 2. Как зависят теплоемкость, вязкость и теплопроводность газов от температуры и давления? 3. Как зависят теплоемкость, вязкость и теплопроводность жидкостей от температуры и давления? 4. Что такое относительная влажность и влагосодержание? 5. Как меняется влагосодержание при нагреве и охлаждении влажного воздуха?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-2. Конструкционные материалы низкотемпературной техники

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Устные ответы на вопросы.

Краткое содержание задания:

особенности применения различных конструкционных материалов в оборудовании низкотемпературных систем

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности применения различных конструкционных материалов в оборудовании низкотемпературных систем	1.Как меняются прочностные характеристики металлов и сплавов при понижении температуры? 2.При каких условиях в низкотемпературной технике можно использовать углеродистые стали? 3.Какие металлы и сплавы могут использоваться для изготовления конструкций, работающих при криотемпературах? 4.Какие материалы используются в низкотемпературной технике для уплотнения разъемных соединений? 5.Какие достоинства и недостатки имеют стеклопластики как материал для изготовления тепловых мостов?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-3. Основы расчета теплообменных аппаратов

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 35

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Характеристики теплообменного оборудования низкотемпературных систем (коэффициент теплопередачи, средний температурный напор и т.д.)

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: вычислять характеристики теплообменного оборудования низкотемпературных систем (коэффициент теплопередачи, средний температурный напор и т.д.)	1.При каких условиях можно использовать среднелогарифмический температурный напор? 2.Что такое эффективность оребренной поверхности и почему она отличается от эффективности одиночного ребра? 3.При каких условиях тепловая

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	мощность, передаваемая в идеальном теплообменнике, будет максимальной? 4.Из каких составляющих складывается гидравлическое сопротивление теплообменных аппаратов? 5.В каких случаях между противоточной и прямоточной схемой движения не будет разницы по эффективности теплообменника?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-4. Основы расчета теплообменных аппаратов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменное решение задач.

Краткое содержание задания:

Вычислить площадь поверхности теплообмена и гидравлическое сопротивление для трубчатых поверхностей теплообмена в низкотемпературных системах

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: вычислять площадь поверхности теплообмена и гидравлическое сопротивление для трубчатых поверхностей теплообмена в низкотемпературных системах	1.1) Найти средний температурный напор в теплообменнике, в котором поток воздуха ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 200 \text{ К}$, $G_g = 0,3 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком гелия ($T_{хвх} = 180 \text{ К}$, $G_x = 0,05 \text{ кг/с}$). 2) Найти коэффициент теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе» (внутренняя труба 18х15 мм, наружная труба – 30х25 мм). Во внутренней трубе течет воздух ($p_g = 1 \text{ МПа}$, $T_g = 250 \text{ К}$, $w_g = 2 \text{ м/с}$), между трубами – азот ($p_x = 0,15 \text{ МПа}$, $T_x = 230 \text{ К}$, $w_x = 12 \text{ м/с}$). 2.1) Найти средний температурный напор в теплообменнике, в котором поток воздуха ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 250 \text{ К}$, $G_g = 0,6 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 230 \text{ К}$, $G_x = 0,45 \text{ кг/с}$). 2) Найти коэффициент теплопередачи в

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	теплообменнике типа «труба в трубе» (внутренняя труба 16х13 мм, наружная труба – 25х22 мм). Во внутренней трубе течет гелий ($p_2 = 2$ МПа, $T_2 = 200$ К, $w_2 = 3$ м/с), между трубами – азот ($p_x = 0,1$ МПа, $T_x = 180$ К, $w_x = 10$ м/с). 3.1) Найти средний температурный напор в теплообменнике, в котором поток гелия ($T_{гвх} = 250$ К, $T_{гвых} = 200$ К, $G_г = 0,1$ кг/с) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 180$ К, $G_x = 0,65$ кг/с). 2) Найти коэффициент теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе» (внутренняя труба 20х17 мм, наружная труба – 32х28 мм). Во внутренней трубе течет гелий ($p_2 = 1,5$ МПа, $T_2 = 250$ К, $w_2 = 4$ м/с), между трубами – воздух ($p_x = 0,2$ МПа, $T_x = 230$ К, $w_x = 15$ м/с). 4.1) Найти средний температурный напор в теплообменнике, в котором поток азота ($T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 250$ К, $G_г = 0,6$ кг/с) охлаждается потоком гелия ($T_{хвх} = 230$ К, $G_x = 0,1$ кг/с). 2) Найти коэффициент теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе» (внутренняя труба 16х13 мм, наружная труба – 32х28 мм). Во внутренней трубе течет азот ($p_2 = 2$ МПа, $T_2 = 200$ К, $w_2 = 6$ м/с), между трубами – воздух ($p_x = 0,5$ МПа, $T_x = 230$ К, $w_x = 10$ м/с). 5.1) Найти средний температурный напор в теплообменнике, в котором поток воздуха ($T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 200$ К, $G_г = 0,25$ кг/с) охлаждается потоком кислорода ($T_{хвх} = 185$ К, $G_x = 0,3$ кг/с). 2) Найти коэффициент теплопередачи в теплообменнике типа «труба в трубе» (внутренняя труба 24х20 мм, наружная труба – 40х36 мм). Во внутренней трубе течет воздух ($p_2 = 1$ МПа, $T_2 = 250$ К, $w_2 = 2$ м/с), между трубами – азот ($p_x = 0,15$ МПа, $T_x = 230$ К, $w_x = 12$ м/с).

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

8 семестр

КМ-5. Рекуперативные теплообменные аппараты

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета рекуперативных теплообменных аппаратов различных типов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета рекуперативных теплообменных аппаратов различных типов	1. Почему теплообменники типа «труба в трубе» используются при малых расходах теплоносителей? 2. Какие способы уменьшения проходного сечения в межтрубном пространстве используются в кожухотрубных теплообменниках? 3. Почему в витых теплообменниках количество труб в слое необходимо увеличивать по мере удаления от сердечника? 4. Какие типы навивки труб на сердечник используются в витых теплообменниках? 5. Почему кожухотрубные теплообменники не используются при больших изменениях температур теплоносителей?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-6. Рекуперативные теплообменные аппараты

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменное решение задач.

Краткое содержание задания:

Выполнить теплогидравлический расчет рекуперативных теплообменных аппаратов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выполнять теплогидравлический расчет рекуперативных теплообменных аппаратов	1.Выполнить тепловой и гидравлический расчет прямотрубного теплообменника типа «труба в трубе» при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: воздух, $p_{гвх} = 1$ МПа, $T_{гвх} = 250$ К, $T_{гвых} = 230$ К, $G_g = 0,02$ кг/с. 2) Обратный поток: азот, $p_{хвх} = 0,15$ МПа, $T_{хвх} = 215$ К, $G_x = 0,03$ кг/с. 2.Выполнить тепловой и гидравлический расчет прямотрубного теплообменника типа «труба в трубе» при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: гелий, $p_{гвх} = 1$ МПа, $T_{гвх} = 200$ К, $T_{гвых} = 180$ К, $G_g = 0,01$ кг/с. 2) Обратный поток: воздух, $p_{хвх} = 0,2$ МПа, $T_{хвх} = 165$ К, $G_x = 0,05$ кг/с. 3.Выполнить тепловой и гидравлический расчет прямотрубного теплообменника типа «труба в трубе» при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: водород, $p_{гвх} = 2$ МПа, $T_{гвх} = 240$ К, $T_{гвых} = 230$ К, $G_g = 0,01$ кг/с. 2) Обратный поток: воздух, $p_{хвх} = 0,3$ МПа, $T_{хвх} = 210$ К, $G_x = 0,07$ кг/с. 4.Выполнить тепловой и гидравлический расчет прямотрубного теплообменника типа «труба в трубе» при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: воздух, $p_{гвх} = 2$ МПа, $T_{гвх} = 220$ К, $T_{гвых} = 200$ К, $G_g = 0,01$ кг/с. 2) Обратный поток: азот, $p_{хвх} = 0,2$ МПа, $T_{хвх} = 180$ К, $G_x = 0,012$ кг/с. 5.Выполнить тепловой и гидравлический расчет прямотрубного теплообменника типа «труба в трубе» при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: гелий, $p_{гвх} = 2$ МПа, $T_{гвх} = 250$ К, $T_{гвых} = 200$ К, $G_g = 0,005$ кг/с. 2) Обратный поток: азот, $p_{хвх} = 0,15$ МПа, $T_{хвх} = 185$ К, $G_x = 0,025$ кг/с.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

КМ-7. Регенеративные теплообменные аппараты

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на вопросы в устной форме.

Краткое содержание задания:

Особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета регенеративных теплообменных аппаратов различных типов

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: особенности конструкции и методики теплогидравлического расчета регенеративных теплообменных аппаратов различных типов	1. В каких установках низкотемпературной техники используются регенераторы? 2. Сколько регенераторов необходимо для непрерывной работы воздухоразделительной установки? 3. Какие типы насадок используются в регенераторах воздухоразделительных установок? 4. Что такое температурный гистерезис в регенераторах и как можно его уменьшить? 5. Каким образом осуществляется очистка воздуха от примесей в регенераторах воздухоразделительных установок?

Описание шкалы оценивания:

Оценка: «зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

Оценка: «не зачтено»

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

КМ-8. Регенеративные теплообменные аппараты

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменное решение задач.

Краткое содержание задания:

Выполнить теплогидравлический расчет регенеративных теплообменных аппаратов воздухоразделительных установок

Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выполнять теплогидравлический расчет регенеративных теплообменных аппаратов воздухоразделительных установок	1.Выполнить тепловой и гидравлический расчет азотного регенератора воздухоразделительной установки при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: $p_{гвх} = 0,6$ МПа, $T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 105$ К, $G_g = 2$ кг/с. 2) Обратный поток: $p_{хвх} = 0,5$ МПа, $T_{хвх} = 95$ К, $G_x = 1,9$ кг/с. Насадка насыпная, диаметр гранул 6 мм, продолжительность полупериода 250 с. 2.Выполнить тепловой и гидравлический расчет кислородного регенератора воздухоразделительной установки при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: $p_{гвх} = 0,7$ МПа, $T_{гвх} = 295$ К, $T_{гвых} = 105$ К, $G_g = 3$ кг/с. 2) Обратный поток: $p_{хвх} = 0,15$ МПа, $T_{хвх} = 95$ К, $G_x = 3,25$ кг/с. Насадка насыпная, диаметр гранул 5 мм, продолжительность полупериода 300 с. 3.Выполнить тепловой и гидравлический расчет азотного регенератора воздухоразделительной установки при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: $p_{гвх} = 0,7$ МПа, $T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 105$ К, $G_g = 2,5$ кг/с. 2) Обратный поток: $p_{хвх} = 0,55$ МПа, $T_{хвх} = 100$ К, $G_x = 2,3$ кг/с. Насадка насыпная, диаметр гранул 5 мм, продолжительность полупериода 300 с. 4.Выполнить тепловой и гидравлический расчет кислородного регенератора воздухоразделительной установки при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: $p_{гвх} = 0,6$ МПа, $T_{гвх} = 295$ К, $T_{гвых} = 105$ К, $G_g = 2$ кг/с. 2) Обратный поток: $p_{хвх} = 0,15$ МПа, $T_{хвх} = 95$ К, $G_x = 2,1$ кг/с. Насадка насыпная, диаметр гранул 6 мм, продолжительность полупериода 250 с. 5.Выполнить тепловой и гидравлический расчет азотного регенератора воздухоразделительной установки при следующих исходных данных: 1) Прямой поток: $p_{гвх} = 0,65$ МПа, $T_{гвх} = 295$ К, $T_{гвых} = 105$ К, $G_g = 3$ кг/с. 2) Обратный поток: $p_{хвх} = 0,5$ МПа, $T_{хвх} = 95$ К, $G_x = 3,2$ кг/с. Насадка насыпная, диаметр гранул 4 мм, продолжительность полупериода 250 с.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет 1

1. Основные уравнения, используемые для расчета теплообменных аппаратов
2. В теплообменнике прямой поток гелия ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $G_g = 0,01 \text{ кг/с}$) охлаждается обратным потоком гелия ($T_{хвх} = 90 \text{ К}$, $G_x = 0,01 \text{ кг/с}$). Коэффициент теплопередачи $k = 500 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, поверхность теплообмена $F = 2 \text{ м}^2$. Найти тепловую мощность, считая, что можно использовать среднеарифметический температурный напор.

Процедура проведения

Устные ответы на вопросы, письменное решение задачи

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-2ПК-3 Знает принцип действия и характеристики оборудования и технологических схем низкотемпературных систем

Вопросы, задания

1.Билет 1

1. Основные уравнения, используемые для расчета теплообменных аппаратов
2. В теплообменнике прямой поток гелия ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $G_g = 0,01 \text{ кг/с}$) охлаждается обратным потоком гелия ($T_{хвх} = 90 \text{ К}$, $G_x = 0,01 \text{ кг/с}$). Коэффициент теплопередачи $k = 500 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$, поверхность теплообмена $F = 2 \text{ м}^2$. Найти тепловую мощность, считая, что можно использовать среднеарифметический температурный напор.

2.Билет 10

1. Определение выходных температур теплоносителей при поверочном расчете теплообменных аппаратов
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 125 \text{ К}$, $T_{гвых} = 85 \text{ К}$, $G_g = 0,02 \text{ кг/с}$) охлаждается кипящим азотом при атмосферном давлении (паросодержание на входе равно 0, на выходе 1). Коэффициент теплопередачи равен $600 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Найти площадь поверхности теплообмена и массовый расход азота.

3.Билет 9

1. Гидравлический расчет теплообменных аппаратов
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 250 \text{ К}$, $G_g = 0,1 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 200 \text{ К}$, $G_x = 0,62 \text{ кг/с}$). Найти средний температурный напор для прямотока и противотока.

4.Билет 8

1. Расчет среднего температурного напора при постоянных значениях теплоемкостей теплоносителей и коэффициента теплопередачи
2. Найти коэффициент теплоотдачи при течении воздуха в трубе диаметром 25 мм, если средняя температура воздуха равна 200 К , а массовый расход равен $0,01 \text{ кг/с}$. Динамическая вязкость и теплопроводность воздуха при температуре 200 К равны $133 \cdot 10^{-7} \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $0,0185 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ соответственно.

5.Билет 7

1. Расчет коэффициента теплопередачи для оребренных поверхностей
2. Найти потери давления на трение при течении воздуха в трубе диаметром 20 мм и длиной 2 м, если средняя температура воздуха равна 200 К, давление равно 0,25 МПа, массовый расход равен 0,005 кг/с. Динамическая вязкость воздуха при температуре 200 К равна $133 \cdot 10^{-7}$ Па·с.

6.Билет 6

1. Расчет коэффициента теплопередачи для поверхностей без оребрения
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 100$ К, $T_{гвых} = 85$ К, $G_g = 0,01$ кг/с) охлаждается азотом, кипящем при атмосферном давлении. Найти требуемый массовый расход азота, если на входе – насыщенная жидкость, а на выходе – насыщенный пар. Теплота парообразования азота 198 кДж/кг.

7.Билет 5

1. Построение $h - x$ диаграммы влажного воздуха, основные процессы в $h - x$ диаграмме
2. Тепловая мощность теплообменника типа «труба в трубе» равна 200 Вт, средний температурный напор равен 12 К, коэффициенты теплоотдачи для горячего и холодного потока равны 200 Вт/(м²·К) и 100 Вт/(м²·К) соответственно. Найти длину теплообменника, если наружный диаметр внутренней трубы равен 20 мм, а толщина стенки равна 1,5 мм.

8.Билет 4

1. Теплофизические свойства реальных газов и жидкостей
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 90$ К, $G_g = 0,01$ кг/с) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 80$ К, $G_x = 0,05$ кг/с). Коэффициент теплопередачи равен 200 Вт/(м²·К). Найти площадь поверхности теплообмена.

9.Билет 3

1. Применение молекулярно-кинетической теории для расчета теплофизических свойств газовых теплоносителей
2. В теплообменном аппарате поток воздуха ($T_{гвх} = 300$ К, $T_{гвых} = 200$ К, $G_g = 1$ кг/с) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 170$ К). Найти требуемый расход азота и эффективность теплообменника для прямотока и противотока, если недорекуперация составляет 10 К.

10.Билет 2

1. Роль теплообменных аппаратов в низкотемпературной технике на примере дроссельной рефрижераторной установки.
2. Плоская стенка имеет одностороннее оребрение. Длина ребра 10 мм, толщина 1 мм, шаг ребер 3 мм, теплопроводность ребер 100 Вт/(м·К). Найти коэффициент теплопередачи, если коэффициенты теплоотдачи с разных сторон стенки равны 500 Вт/(м²·К) и 50 Вт/(м²·К).

Материалы для проверки остаточных знаний

1. При каких условиях можно использовать среднелогарифмический температурный напор?

Ответы:

- 1) Прямоточная или противоточная схема движения, постоянный коэффициент теплоотдачи и постоянные теплоемкости теплоносителей
- 2) Отношение температурных напоров на концах теплообменника больше, чем 1,7
- 3) Отсутствие фазовых переходов в теплообменнике

Верный ответ: 1) Прямоточная или противоточная схема движения, постоянный коэффициент теплоотдачи и постоянные теплоемкости теплоносителей

2. Почему эффективность оребренной поверхности больше эффективности одиночного ребра?

Ответы:

- 1) Площадь оребренной поверхности больше площади одиночного ребра
- 2) **На оребренной поверхности есть участки между ребрами, эффективность которых равна единице**
- 3) На оребренной поверхности коэффициент теплоотдачи всегда будет больше, чем на одиночном ребре
Верный ответ: На оребренной поверхности есть участки между ребрами, эффективность которых равна единице
3. Какие материалы используются для уплотнения разъемных соединений при низких температурах?
Ответы:
 - 1) Резина
 - 2) **Полимерные материалы (фторопласт, поликарбонаты)**
- 3) Уплотнение разъемных соединений при низких температурах не используется
Верный ответ: Полимерные материалы (фторопласт, поликарбонаты)
4. Почему углеродистые стали не могут использоваться при температурах ниже 220 К?
Ответы:
 - 1) **У них сильно падает ударная вязкость, и они становятся хрупкими**
 - 2) У них сильно падают прочностные характеристики (предел текучести, предел прочности)
 - 3) У них сильно увеличивается теплоемкостьВерный ответ: У них сильно падает ударная вязкость, и они становятся хрупкими
5. Как меняется влагосодержание при охлаждении влажного воздуха?
Ответы:
 - 1) Увеличивается
 - 2) **Не меняется, пока воздух не охладится до температуры насыщения, потом уменьшается**
 - 3) УменьшаетсяВерный ответ: Не меняется, пока воздух не охладится до температуры насыщения, потом уменьшается
6. При каких давлениях и температурах можно использовать теорию идеального газа для расчета свойств теплоносителей?
Ответы:
 - 1) **При высоких температурах и низких давлениях**
 - 2) При низких температурах и высоких давлениях
 - 3) При низких температурах и низких давленияхВерный ответ: При высоких температурах и низких давлениях
7. Чему равна максимально возможная тепловая мощность, которая может передаваться в идеальном теплообменнике?
Ответы:
 - 1) Произведение максимального теплового эквивалента на разность выходных температур теплоносителей
 - 2) Произведение максимального теплового эквивалента на разность входных температур теплоносителей
 - 3) **Произведение минимального теплового эквивалента на разность входных температур теплоносителей**Верный ответ: Произведение минимального теплового эквивалента на разность входных температур теплоносителей
8. Какая схема движения теплоносителей является наиболее эффективной?
Ответы:
 - 1) Прямоток
 - 2) **Противоток**
 - 3) Перекрестный ток

Верный ответ: Противоток

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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 аттестационной составляющих.

8 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

Билет 1

1. Конструкция теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 110 \text{ К}$, $T_{гвых} = 85 \text{ К}$) охлаждается азотом, кипящим при атмосферном давлении. Массовый расход азота $G_x = 0,05 \text{ кг/с}$, на входе – насыщенная жидкость, а на выходе – насыщенный пар. Найти массовый расход гелия. Теплота парообразования азота 198 кДж/кг .

Процедура проведения

Устные ответы на вопросы, письменное решение задач

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1ПК-2 Владеет математическим аппаратом теплогидравлических расчетов при разработке схемных решений низкотемпературных систем

Вопросы, задания

1. Билет 8

1. Теплогидравлический расчет пластинчато-ребристых теплообменных аппаратов
 2. В теплообменнике поток воздуха ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 120 \text{ К}$, $G_g = 0,5 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком кислорода ($T_{хвх} = 100 \text{ К}$, $G_x = 0,6 \text{ кг/с}$). Коэффициент теплопередачи равен $250 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Найти площадь поверхности теплообмена.
- 2.Билет 10
1. Теплогидравлический расчет регенераторов воздухоразделительных установок
 2. Найти коэффициент теплоотдачи при течении гелия в трубе диаметром 20 мм , если средняя температура гелия равна 150 К , а массовый расход равен $0,01 \text{ кг/с}$. Динамическая вязкость и теплопроводность гелия при температуре 150 К равны $128 \cdot 10^{-7} \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $0,095 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ соответственно.
- 3.Билет 9
1. Особенности работы и конструкция регенераторов воздухоразделительных установок
 2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 120 \text{ К}$, $T_{гвых} = 85 \text{ К}$, $G_g = 0,01 \text{ кг/с}$) охлаждается кипящим азотом при атмосферном давлении (паросодержание на входе равно 0 , на выходе 1). Коэффициент теплопередачи равен $500 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$. Найти площадь поверхности теплообмена и массовый расход азота.
- 4.Билет 6
1. Теплогидравлический расчет витых поперечно-точных теплообменных аппаратов
 2. В теплообменнике поток воздуха ($T_{гвх} = 250 \text{ К}$, $T_{гвых} = 220 \text{ К}$, $G_g = 0,5 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком гелия ($T_{хвх} = 190 \text{ К}$, $G_x = 0,15 \text{ кг/с}$). Найти средний температурный напор для прямотока и противотока.
- 5.Билет 5
1. Конструкция витых поперечно-точных теплообменных аппаратов
 2. Тепловая мощность теплообменника типа «труба в трубе» равна 300 Вт , средний температурный напор равен 15 К , коэффициенты теплоотдачи для горячего и холодного потока равны $250 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ и $150 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ соответственно. Найти длину теплообменника, если наружный диаметр внутренней трубы равен 25 мм , а толщина стенки равна $1,5 \text{ мм}$.
- 6.Билет 4
1. Теплогидравлический расчет кожухотрубных теплообменных аппаратов
 2. Найти потери давления на трение при течении гелия в трубе диаметром 25 мм и длиной 5 м , если средняя температура гелия равна 150 К , давление равно 1 МПа , массовый расход равен $0,01 \text{ кг/с}$. Динамическая вязкость гелия при температуре 150 К равна $128 \cdot 10^{-7} \text{ Па}\cdot\text{с}$.
- 7.Билет 3
1. Конструкция кожухотрубных теплообменных аппаратов
 2. Найти коэффициент теплоотдачи при течении гелия в трубе диаметром 20 мм , если средняя температура гелия равна 150 К , а массовый расход равен $0,01 \text{ кг/с}$. Динамическая вязкость и теплопроводность гелия при температуре 150 К равны $128 \cdot 10^{-7} \text{ Па}\cdot\text{с}$ и $0,095 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ соответственно.
- 8.Билет 2
1. Теплогидравлический расчет теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»
 2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 250 \text{ К}$, $G_g = 0,1 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 200 \text{ К}$, $G_x = 0,62 \text{ кг/с}$). Найти средний температурный напор для прямотока и противотока.
- 9.Билет 1
1. Конструкция теплообменных аппаратов типа «труба в трубе»
 2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 110 \text{ К}$, $T_{гвых} = 85 \text{ К}$) охлаждается азотом, кипящим при атмосферном давлении. Массовый расход азота $G_x = 0,05 \text{ кг/с}$, на входе – насыщенная жидкость, а на выходе – насыщенный пар. Найти массовый расход гелия. Теплота парообразования азота 198 кДж/кг .
- 10.Билет 7

1. Конструкция пластинчато-ребристых теплообменных аппаратов
2. В теплообменнике поток гелия ($T_{гвх} = 300 \text{ К}$, $T_{гвых} = 180 \text{ К}$, $G_g = 0,1 \text{ кг/с}$) охлаждается потоком азота ($T_{хвх} = 140 \text{ К}$). Найти требуемый расход азота и эффективность теплообменника для прямотока и противотока, если недорекуперация составляет 5 К .

Материалы для проверки остаточных знаний

1. В чем заключается главный недостаток пластинчато-ребристых теплообменников?

Ответы:

- 1) Высокая стоимость
- 2) Низкая прочность**
- 3) Сложность изготовления

Верный ответ: Низкая прочность

2. Какие теплообменники с трубчатой поверхностью имеют самую высокую компактность?

Ответы:

- 1) Витые поперечно-точные**
- 2) Кожухотрубные
- 3) Труба в трубе

Верный ответ: Витые поперечно-точные

3. Почему в кожухотрубных теплообменниках трубы размещают по сторонам правильных шестиугольников или по окружностям?

Ответы:

- 1) Для удобства изготовления
- 2) Для равномерного распределения теплоносителя по трубам
- 3) Для равномерного обтекания трубного пучка теплоносителем, который течет в межтрубном пространстве**

Верный ответ: Для равномерного обтекания трубного пучка теплоносителем, который течет в межтрубном пространстве

4. Какой общий недостаток всех теплообменников с трубчатой поверхностью теплообмена?

Ответы:

- 1) Низкий коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности трубок**
- 2) Высокие потери давления внутри трубок
- 3) Низкая компактность

Верный ответ: Низкий коэффициент теплоотдачи на наружной поверхности трубок

5. Как разделены теплоносители в рекуператорах и в регенераторах?

Ответы:

- 1) В рекуператорах – в пространстве, в регенераторах – во времени**
- 2) В рекуператорах – в пространстве, в регенераторах не разделены
- 3) В рекуператорах – во времени, в регенераторах – в пространстве

Верный ответ: В рекуператорах – в пространстве, в регенераторах – во времени

6. Сколько регенераторов необходимо для непрерывной работы воздухоразделительной установки?

Ответы:

- 1) Один
- 2) Два
- 3) Четыре**

Верный ответ: Четыре

7. За счет какого процесса происходит очистка воздуха от примесей в регенераторах воздухоразделительных установок?

Ответы:

1) Вымораживание

2) Адсорбция

3) Фильтрация

Верный ответ: Вымораживание

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 4 («хорошо»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

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

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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 аттестационной составляющих.