

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий. Тепломассообменные процессы и установки

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Проектирование тепломассообменных аппаратов систем и установок
искусственного климата**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Савченкова Н.М.
	Идентификатор	R321e87c5-SavchenkovaNM-0593cc

(подпись)

Н.М.

Савченкова

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Горелов М.В.
	Идентификатор	Re923e979-GorelovMV-5a218dd2

(подпись)

М.В.

Горелов

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

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

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

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-4 Способен рассчитывать и проектировать системы обеспечения тепловых режимов работы оборудования и приборов для обеспечения их эффективной, надежной и безопасной работы

ИД-1 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы

ИД-2 Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования

ИД-3 Составляет, сопоставляет и выбирает схемы систем обеспечения тепловых режимов

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа «Теплообменные устройства систем термостабилизации» (Контрольная работа)

2. Схемы систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных теплопроводов (Коллоквиум)

Форма реализации: Проверка задания

1. КМ-3 Расчетное задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата» (Домашнее задание)

2. Расчетное задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц» (Домашнее задание)

3. Расчетное задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников» (Домашнее задание)

4. Расчетное задание № 4 «Проектный расчёт космического радиационного теплообменника» (Домашнее задание)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей (Коллоквиум)

БРС дисциплины

3 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %							
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7
	Срок КМ:	2	4	8	10	11	14	16
Инженерные методы проектирования компактных теплообменников								

Инженерные методы проектирования компактных теплообменников	+						
Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность							
Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность		+				+	
Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов							
Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов			+				
Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов							
Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов					+		
Радиационные теплообменники космических аппаратов							
Радиационные теплообменники космических аппаратов				+			+
Основы теории и расчёта молярных теплопроводов							
Основы теории и расчёта молярных теплопроводов				+			+
Вес КМ:	5	20	20	5	20	20	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-4	ИД-1ПК-4 Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы	Знать: типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей Уметь: рассчитывать коэффициенты теплопередачи произвольной теплообменной матрицы	Расчетное задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц» (Домашнее задание) Расчетное задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников» (Домашнее задание)
ПК-4	ИД-2ПК-4 Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования	Знать: теплообменные устройства систем термостабилизации Уметь: производить проектный и поверочный расчёты холодильно-сушильного агрегата. производить расчёт тепловой нагрузки теплообменника заданной конструкции, локальной температуры разделительной стенки,	КМ-3 Расчетное задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата» (Домашнее задание) Контрольная работа «Теплообменные устройства систем термостабилизации» (Контрольная работа) Типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей (Коллоквиум)

		температурного поля одного из теплоносителей в заданном сечении по ходу потока для известных исходных данных по температурам и расходам теплоносителей.	
ПК-4	ИД-ЗПК-4 Составляет, сопоставляет и выбирает схемы систем обеспечения тепловых режимов	Знать: варианты схем систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных тепловодов	Расчетное задание № 4 «Проектный расчёт космического радиационного теплообменника» (Домашнее задание) Схемы систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных тепловодов (Коллоквиум)

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Расчетное задание № 1 «Вывод уравнений теплопередачи для нестандартных теплообменных матриц»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 5

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчета в соответствии с индивидуальным заданием

Краткое содержание задания:

Вывести уравнение теплопередачи для нестандартной теплообменной матрицы

Контрольные вопросы/задания:

Знать: типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей	1.типы теплообменных матриц, виды относительного движения 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-2. Расчетное задание № 2 «Расчёт температурных полей и эффективности в конструкциях теплообменников»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчета в соответствии с индивидуальным заданием

Краткое содержание задания:

Рассчитать температурное поле и эффективность в конструкции теплообменника

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать коэффициенты теплопередачи произвольной теплообменной матрицы	1.производить расчёт тепловой нагрузки теплообменника заданной конструкции, локальной температуры разделительной стенки, температурного поля одного из теплоносителей в заданном сечении по ходу потока для известных исходных данных по температурам и расходам 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-3. КМ-3 Расчетное задание № 3 «Проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчета в соответствии с индивидуальным заданием

Краткое содержание задания:

Произвести проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить проектный и поверочный расчёты холодильно-сушильного агрегата.	1.Производить проектный (по сухому воздуху) и поверочный (по влажному воздуху) расчёт холодильно-сушильного агрегата
---	--

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. Расчетное задание № 4 «Проектный расчёт космического радиационного теплообменника»

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 5

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчета в соответствии с индивидуальным заданием

Краткое содержание задания:

Произвести проектный расчёт космического радиационного теплообменника

Контрольные вопросы/задания:

Знать: варианты схем систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и	1.Конструкция РТО
---	-------------------

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-5. Контрольная работа «Теплообменные устройства систем термостабилизации»

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проведение письменной работы.

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме.

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теплообменные устройства систем термостабилизации	1. Типы устройств систем термостабилизации радиоэлектронных приборов
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах); - дан развернутый и исчерпывающий ответ на теоретический вопрос.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: - задача решена правильно, указан ход решения, размерности, формулы и ответы в числах (допускается небольшое отклонение чисел от правильных); - на теоретический вопрос студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: - задача решена (доведена до ответа), указан логичный ход решения, размерности, формулы и ответы в числах, но допущены некоторые ошибки; - на теоретический вопрос студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

КМ-6. Типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей

Формы реализации: Смешанная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: ответы на вопросы с элементами обсуждения

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме

Типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: производить расчёт тепловой нагрузки теплообменника заданной конструкции, локальной температуры разделительной стенки, температурного поля одного из теплоносителей в заданном сечении по ходу потока для известных исходных данных по температурам и расходам теплоносителей.	1.Производить расчет теплообменной матрицы
---	--

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-7. Схемы систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных тепловодов

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Письменный опрос по теме

Краткое содержание задания:

Ответить на вопросы по теме

Схемы систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных тепловодов

Контрольные вопросы/задания:

Знать: варианты схем систем обеспечения тепловых режимов, оборудование СОТР для различных условий эксплуатации, основы теории и расчёта молярных тепловодов	1.конструкции СОТР, тепловых труб
---	-----------------------------------

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

3 семестр

Форма промежуточной аттестации: Зачет с оценкой

Пример билета

1. Объясните метод определения гидродинамической границы тепломассопереноса в тепловых трубах с аксиальными прямоугольными капиллярными каналами. Геометрические характеристики ТТ и канавок известны.
2. Сравните эффективность прямоточного, противоточного и перекрестно-точного теплообменников при $W/W = 0$ и $W/W = 1$.

Процедура проведения

Письменный ответ на вопросы билета

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-4} Выбирает системы обеспечения тепловых режимов оборудования в зависимости от его типа, технических характеристик и режимов работы

Вопросы, задания

1.. *Инженерные методы проектирования компактных теплообменников (4 часа)*

Общие вопросы проектирования тепломассообменных аппаратов. Требования, предъявляемые к тепломассообменным устройствам систем искусственного климата различного назначения. Классификация теплообменных аппаратов, применяемых в специальных системах искусственного климата и их назначение. Основные характеристики компактных теплообменников и методы их определения. Особенности расчёта коэффициентов теплопередачи и эффективности оребренных поверхностей. Автоматизированное проектирование теплообменных аппаратов. Блок-схемы машинных методов проектирования теплообменных аппаратов с учетом относительности движения потоков и фазовых превращений теплоносителей. Учет ограничений на геометрические и функциональные параметры.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Назовите инженерные методы расчета теплообменных аппаратов:

Верный ответ: Ответ: метод логарифмического перепада температур t_l , метод эффективности-числа единиц переноса $\varepsilon - N$

2.1. Интенсивность переноса тепла от источника к стоку характеризуется

Ответы:

1. коэффициентом массоотдачи;
2. коэффициентом теплопередачи;
3. коэффициентом теплоотдачи.

Верный ответ: Ответ: 2)

3.1. Что больше:

Ответы:

1. 1) эффективность одиночного ребра,
- 2) эффективность оребренной поверхности?

Верный ответ: Ответ: 2)

4.1. Методика вывода уравнения теплопередачи включает в себя шаги. Расставьте их по порядку:

Ответы:

- 1) Сложение перепадов температур (левых частей) и правых частей уравнений.
- 2) Выделение элементарного объема теплообменной матрицы
- 3) Выделение участков переноса тепла в направлении теплопередачи ΔX , отличающихся физическим механизмом процессов переноса, или геометрическими размерами.
- 4) Определение перепадов температур на различных участках теплопереноса.

Верный ответ: Ответ: 2, 3, 4, 1)

5.1. К одномерным течениям не относятся течения теплоносителей в теплообменных аппаратах (выберите ответ):

Ответы:

- 1) прямоточные и противоточные перемешиваемые потоки при поперечном обтекании гладких и оребренных труб,
- 2) при однократном перекрестно-точном движении теплоносителей
- 3) через рассеченные, жалюзийные гофрированные поверхности или гофры со сдвинутым шагом

Верный ответ: Ответ: 2)

6.1. Выберите неверное утверждение.

Двумерные температурные поля возникают при:

Ответы:

- 1) однократном перекрестно-точном движении теплоносителей
- 2) в сложных схемах относительного движения теплоносителей,
- 3) при однократном перекрестно-точном движении теплоносителей,
- 4) если хотя бы один из потоков движется без перемешивания в ходах.

Верный ответ: Ответ: 3)

7.1. Выберите неверное утверждение.

Эффективность теплообменного аппарата зависит от:

Ответы:

- 1) геометрии теплообменной матрицы;
- 2) Соотношения тепловых эквивалентов;
- 3) Температур теплоносителей на входе;
- 4) Температур теплоносителей на выходе.

Верный ответ: Ответ: 4)

2. Компетенция/Индикатор: ИД-2_{ПК-4} Проводит тепловые и гидравлические расчеты объектов теплоэнергетики и теплотехники и систем обеспечения тепловых режимов работы оборудования

Вопросы, задания

1. Температурные поля в конструкциях компактных теплообменников и их термическая эффективность

Методы анализа и выбора поверхностей теплообмена. Методы определения эффективности теплообмена ребренных поверхностей, анализ одномерных и двухмерных температурных полей в теплообменниках для различных условий теплообмена с окружающей средой, различных схем относительного движения теплоносителей и различного характера потоков в гладкоканальных и жалюзийных гофрах и при поперечном омывании трубного пучка.

Проектирование воздушно-жидкостных испарительных теплообменников, предназначенных для работы в условиях перегрузок и невесомости. Способы сепарации влаги в испарительных теплообменниках. Капиллярные и пленочные испарители.

Особенности проектирования топливо-воздушных теплообменников. Многопоточные теплообменники.

2. Особенности конструкций и расчёта холодильно-сушильных агрегатов

Специальные теплотехнические устройства систем обеспечения теплового режима космических аппаратов. Теплообменники влажного воздуха. Назначение и принцип работы холодильно-сушильных агрегатов. Особенности конструкций и методов расчета конденсаторов осушителей. Методы удаления и сбора конденсата в условиях невесомости. Основы расчета капиллярных конденсаторов.

3. Радиационные теплообменники космических аппаратов (4 часа)

Классификация конструкций радиаторов-излучателей. Эффективность излучающих ребер. Оптические свойства излучающих поверхностей и их влияние на температурный режим радиатора. Методы расчета радиационных теплообменников. Методы достижения заданной надёжности при существовании вероятности метеоритного пробоя поверхности.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. При расчете коэффициента влаговыведения ξ необходимо воспользоваться формулой:

Ответы:

- 1) $\xi = Q/Q_a$;
- 2) $\xi = Q_a/Q$;

Верный ответ: Ответ: 1)

2.1. С какой целью в холодильно-сушильном агрегате используется капиллярно-пористое тело?

Ответы:

- 1) Для теплоизоляции;
- 2) Для влагоотведения;
- 3) Для подведения влаги;

Верный ответ: Ответ: 2)

3.1. Радиационные теплообменники (РТО) используются для отвода избыточного тепла из отсеков или энергетической установки космических летательных аппаратов (КЛА) в окружающую среду путем:

Ответы:

- 1) излучения;
- 2) конвекции;
- 3) теплопроводности.

Верный ответ: Ответ: 1)

4.1. Какие свойства влияют на эффективность работы радиационного теплообменника?

Ответы:

- 1) Теплофизические;
- 2) Прочностные;
- 3) Оптические.

Верный ответ: Ответ: 3)

5.1. Выберите правильные варианты:

Многопоточные теплообменники бывают:

- 1) прямоточные,
- 2) противоточные,
- 3) перекрестноточные.

Ответ:2)

Ответы:

- 1) прямоточные,
- 2) противоточные,
- 3) перекрестноточные.

Верный ответ: Ответ:2)

3. Компетенция/Индикатор: ИД-ЗПК-4 Составляет, сопоставляет и выбирает схемы систем обеспечения тепловых режимов

Вопросы, задания

1. *Теплообменные устройства систем термостабилизации радиоэлектронных приборов*

Методы расчета испарительных и проточных термоплат для охлаждения радиоэлектронного оборудования. Определение температурных полей в зоне подвода теплоты

2. *Типы теплообменных матриц, виды относительного движения теплоносителей*

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. Для возврата теплоносителя в тепловой трубе из конденсатора в испаритель используются силы:

Ответы:

- 1) гравитационные;
- 2) капиллярные;
- 3) центростремительные.

Верный ответ: Ответ: 2)

2.1. Для возврата теплоносителя в термосифоне из конденсатора в испаритель используются силы:

Ответ: 1)

Ответы:

- 1) гравитационные;
- 2) капиллярные;
- 3) центростремительные.

Верный ответ: Ответ: 1)

3.1. Уберите неверный ответ:

Ответы:

Тепловые трубы классифицируют по:

- 1) температурным уровням,
- 2) длине,
- 3) назначению.

Верный ответ: Ответ:2)

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, который показал при ответе на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 65

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, в основном правильно ответившему на вопросы зачетного билета и на дополнительные вопросы, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы зачетного билета допустил существенные и даже грубые ошибки, но затем исправил их сам.

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».