

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

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Теплоэнергетика и теплотехника

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Тепломассообмен**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|--|--|-------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Зеодинов М.Г. |
| | Идентификатор | Rb20bbf78-ZeodinovMG-fa0d2620 |

(подпись)

М.Г.

Зеодинов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Рогалев А.Н. |
| | Идентификатор | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B |

(подпись)

А.Н. Рогалев

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

| | | |
|--|--|------------------------------|
| | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Рогалев А.Н. |
| | Идентификатор | Rb956ba44-RogalevAN-6233a28B |

(подпись)

А.Н. Рогалев

(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. ОПК-4 Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах

ИД-3 Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Задача на расчет температурного поля в процессе нагрева или охлаждения (Контрольная работа)
2. Определение коэффициента теплоотдачи при фазовых превращениях (Контрольная работа)
3. Стационарная теплопроводность, внутренние источники, обребнение (Контрольная работа)
4. Теплоотдача при внешнем обтекании пластины и цилиндра. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости внутри трубы (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Введение в конвективный теплообмен. Числа подобия (Тестирование)
2. Стационарная теплопроводность плоской и цилиндрической стенки (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Типовой расчет по конвективному теплообмену, массообмену, фазовым превращениям и теплообменным аппаратам (Домашнее задание)
2. Типовой расчет по теплообмену теплопроводностью и излучением (Домашнее задание)

Форма реализации: Устная форма

1. Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен при конвективном теплообмене. Кипение. Теплообменные аппараты" (Лабораторная работа)
2. Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен теплопроводностью и излучением" (Лабораторная работа)

БРС дисциплины

4 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | |
|-------------------|---------------------------------|------|------|------|------|------|
| | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 | КМ-5 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 12 | 15 | 16 |
| | | | | | | |

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| Стационарная теплопроводность плоской и цилиндрической стенки | | | | | |
| Дифференциальное уравнение теплопроводности. Закон Фурье. Закон Ньютона-Рихмана. | + | | | | |
| Температурное поле при наличии внутренних источников теплоты | | | | | |
| Плоская пластина. Цилиндрическое тело. Полный цилиндр. | | + | | | |
| Интенсификация теплообмена | | | | | |
| Уравнение теплопередачи и выбор коэффициента теплоотдачи. Оребрение плоской поверхности. Оребрение цилиндрической поверхности. Функции Бесселя. | | + | | | |
| Температурное поле при нестационарном тепловом режиме | | | | | |
| Метод разделения переменных и числа подобия. Нестационарный тепловой режим для одномерной плоской пластины. Нестационарный тепловой режим для бесконечно длинного цилиндра. Температурное поле в теле конечных размеров. | | | + | + | |
| Теплообмен излучением | | | | | |
| Законы излучения. Теплообмен в прозрачной среде. Угловые коэффициенты. Теплообмен в поглощающей и излучающей средах. | | | | | + |
| Вес КМ: | 10 | 30 | 20 | 30 | 10 |

5 семестр

| Раздел дисциплины | Веса контрольных мероприятий, % | | | | | |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|-------|
| | Индекс КМ: | КМ-6 | КМ-7 | КМ-8 | КМ-9 | КМ-10 |
| | Срок КМ: | 4 | 8 | 12 | 15 | 16 |
| Конвективный теплообмен | | | | | | |
| Дифференциальные уравнения (ДУ) конвективного теплообмена. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Свободная и вынужденная конвекция. | + | | | | | |
| Конвективный теплообмен при вынужденном течении жидкости в трубах | | | | | | |
| Вязкостный и вязкостно-гравитационный режимы. Участок стабилизированного теплообмена. Способы повышения коэффициента теплоотдачи. | | + | | | | |
| Массообмен | | | | | | |
| Закон Фика. Диффузионный пограничный слой. Аналогия Рейнольдса. Стефанов поток. Адиабатическая температура. | | | | | + | |
| Теплообмен при фазовых превращениях | | | | | | |
| Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы кипения. Коэффициент запаса до кризиса. | | | + | | | |

| | | | | | |
|--|----|----|----|----|----|
| Теплоотдача при конденсации. Определение коэффициента теплоотдачи через безразмерные комплексы. | | | + | | |
| Теплообменные аппараты | | | | | |
| Классификация теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. Тепловой и гидродинамический расчеты. Метод NTU. | | | | | + |
| Вес КМ: | 10 | 30 | 20 | 30 | 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 |
|--------------------|---|---|--|
| ОПК-4 | ИД-3оПК-4 Демонстрирует понимание основных законов тепломассообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем | <p>Знать:</p> <p>Теплообмен излучением</p> <p>Классификация теплообменных аппаратов.</p> <p>Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи.</p> <p>Уметь:</p> <p>Гидродинамический и тепловой пограничные слои</p> <p>Критические точки кривой кипения. Коэффициент теплоотдачи при докризисном и кризисном кипении жидкости текущей в трубе</p> <p>Расчет чисел подобия, определение режима течения.</p> <p>Применять внутренние функции пакета Mathcad для решения систем уравнений</p> <p>Применять функции</p> | <p>Стационарная теплопроводность плоской и цилиндрической стенки (Тестирование)</p> <p>Стационарная теплопроводность, внутренние источники, оребрение (Контрольная работа)</p> <p>Задача на расчет температурного поля в процессе нагрева или охлаждения (Контрольная работа)</p> <p>Типовой расчет по теплообмену теплопроводностью и излучением (Домашнее задание)</p> <p>Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен теплопроводностью и излучением" (Лабораторная работа)</p> <p>Введение в конвективный теплообмен. Числа подобия (Тестирование)</p> <p>Теплоотдача при внешнем обтекании пластины и цилиндра.</p> <p>Теплоотдача при вынужденном течении жидкости внутри трубы (Контрольная работа)</p> <p>Определение коэффициента теплоотдачи при фазовых превращениях (Контрольная работа)</p> <p>Типовой расчет по конвективному теплообмену, массообмену, фазовым превращениям и теплообменным аппаратам (Домашнее задание)</p> <p>Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен при конвективном теплообмене. Кипение. Теплообменные аппараты" (Лабораторная работа)</p> |

| | | | |
|--|--|--|--|
| | | <p>Бесселя при решении дифференциального уравнения в цилиндрических координатах Толщина диффузионного пограничного слоя. Стефанов поток. Адиабатическая температура. Учет внутренних источников теплоты Решать дифференциальные уравнения аналитически</p> | |
|--|--|--|--|

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

4 семестр

КМ-1. Стационарная теплопроводность плоской и цилиндрической стенки

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: 5 вопросов за 15 минут

Краткое содержание задания:

Терминологический тест

Контрольные вопросы/задания:

| | | |
|--|---------------------|---|
| Уметь: дифференциальные аналитически | Решать уравнения | 1.Определение теплового сопротивления многослойной стенки при граничных условиях 1 рода 2.Определение теплового сопротивления однослойной стенки при граничных условиях 3 рода 3.Определение критического диаметра 4.Сравнение коэффициентов теплопроводности различным материалов 5.Определение теплового сопротивления однослойной стенки при граничных условиях 3 рода |
|--|---------------------|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-2. Стационарная теплопроводность, внутренние источники, обребнение

Формы реализации: Обмен электронными документами

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное решение задачи за время не более 30 минут

Краткое содержание задания:

Решение задачи

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| <p>Уметь: Применять внутренние функции пакета Mathcad для решения систем уравнений</p> | <p>1. Размеры холодильника 1200x800x800 мм. Температура его наружной поверхности 30°C, температура окружающей среды 20°C. Определить тепловой поток, снимаемый с поверхности холодильника, если коэффициент теплоотдачи 7 Вт/(м²· К). Для более эффективного охлаждения поверхности решено оребрить боковые поверхности. Коэффициент теплопроводности ребер $\lambda=202$ Вт/(м· К), толщина ребер 3 мм, длина 30 мм, на каждой стороне расположено по 40 ребер. Определить температуру на конце ребра, тепловой поток, снимаемый с поверхности оребренного холодильника.</p> <p>2. Размеры холодильника 1200x800x800 мм. Температура его наружной поверхности 30°C, температура окружающей среды 20°C. Определить тепловой поток, снимаемый с поверхности холодильника, если коэффициент теплоотдачи 7 Вт/(м²· К). Для более эффективного охлаждения поверхности решено оребрить боковые поверхности. Коэффициент теплопроводности ребер $\lambda=202$ Вт/(м· К), толщина ребер 3 мм, длина 30 мм, на каждой стороне расположено по 40 ребер. Определить эффективность оребрения и коэффициент оребрения.</p> |
| <p>Уметь: Учет внутренних источников теплоты</p> | <p>1. Плотность теплового потока через плоскую кварцевую стенку ($\lambda=3$ Вт/(м· К), $\delta=10$ мм) составляет $q=3 \cdot 10^4$ Вт/м². Со стороны одной из ее поверхностей заданы температура жидкости $t_{ж}=30^\circ\text{C}$ и коэффициент теплоотдачи $\alpha=100$ Вт/(м²· К). Найти температуры на обеих поверхностях стенки.</p> <p>2. Плоскую поверхность с $t_c=250$ °C решено изолировать листовым асбестом, у которого $\lambda=0,157 + (0,14 \cdot 10^{-3}) \cdot t$ Вт/(м· К). Какой толщины должен быть слой изоляции, если допустимая температура наружной ее поверхности 50°C, а тепловые потери не должны превышать 500 Вт/м² ?</p> <p>3. Температура на поверхности охлаждаемого цилиндрического уранового стержня [$\lambda=30$ Вт/(м· К)] не должна превышать 650 °C. Определить допустимый диаметр и перепад температур в стержне при мощности внутренних источников $q_v=8 \cdot 10^7$ Вт/м³, если температура охлаждающего теплоносителя $t_{ж}=370$ °C, а коэффициент теплоотдачи $\alpha=650$ Вт/(м²· К).</p> |

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-3. Задача на расчет температурного поля в процессе нагрева или охлаждения

Формы реализации: Обмен электронными документами

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное решение задачи за время не более 45 минут с применением пакета Mathcad

Краткое содержание задания:

Решение задачи

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| <p>Уметь: Применять функции Бесселя при решении дифференциального уравнения в цилиндрических координатах</p> | <p>1. Пластина толщиной $2\delta=20$ мм находилась в печи с температурой $t_0=140^\circ\text{C}$. Для пластины известно: $\lambda=0,175$ Вт/(м· К), $a=0,833 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Пластину вынули из печи в комнату с температурой $t_{ж}=15^\circ\text{C}$, при этом коэффициент теплоотдачи $\alpha=65$ Вт/(м²· К). Определить температуру в центре пластины и на её краю через 20 минут.</p> <p>2. Цилиндр наружным диаметром 100 мм помещен из комнаты с температурой $t_0=25^\circ\text{C}$ в печь с температурой $t_{ж}=820^\circ\text{C}$. Через какое время температура в центре цилиндра станет 800°C. Коэффициент теплопроводности $\lambda=20$ Вт/(м· К), коэффициент температуропроводности $a=6 \cdot 10^{-6}$ м²/с, коэффициент теплоотдачи $\alpha=100$ Вт/(м²· К). Какая при этом будет температура поверхности цилиндра.</p> <p>3. Параллелепипед размерами 300x400x500 мм с начальной температурой 20°C помещен в печь с температурой 1300°C. Коэффициент теплопроводности $\lambda=40$ Вт/(м· К), коэффициент температуропроводности $a=7 \cdot 10^{-6}$ м²/с, коэффициент теплоотдачи $\alpha=150$ Вт/(м²· К). Определить температуру в центре одной из граней (любой) через 1,5 часа.</p> <p>4. Пластина толщиной 400 мм с начальной температурой 30°C помещена в печь с температурой 800°C. Коэффициент теплопроводности $\lambda=40$ Вт/(м· К), коэффициент температуропроводности $a=7 \cdot 10^{-6}$ м²/с, коэффициент теплоотдачи $\alpha=200$</p> |
|--|---|

| | |
|--|--|
| | <p>Вт/(м²· К). Определить количество теплоты, полученное боковой поверхностью в течение первых 2 часов.</p> <p>5. Латунную пластину, имеющую толщину 100 мм и температуру 25°С нагревают в печи до 600°С. Коэффициент теплоотдачи 140 Вт/(м²· К). Определить восьмое и восемнадцатое собственное число и записать восьмую и восемнадцатую собственную функции.</p> |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-4. Типовой расчет по теплообмену теплопроводностью и излучением

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка расчетов и обсуждение полученных результатов

Краткое содержание задания:

Температурное поле в двух и трехмерных телах.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| <p>Уметь: Применять функции Бесселя при решении дифференциального уравнения в цилиндрических координатах</p> | <p>1. Цилиндрическую заготовку диаметром $d = 170$ мм и длиной $L = 190$ мм, с начальной температурой $t_0 = 650^\circ\text{C}$ поместили в охлаждающий бассейн с температурой жидкости $t_{ж} = 25^\circ\text{C}$, в котором она начала охлаждаться при постоянном коэффициенте теплоотдачи $\alpha = 120$ Вт/(м² К). Свойства материала заготовки: марка - Сталь 1В, плотность - 7913 кг/м³, удельная теплоёмкость - 448 Дж/(кг К), теплопроводность - 66 Вт/(м К) Рассчитать температурное поле в цилиндре как функцию радиуса r и линейной координаты x в момент времени $\tau_1 = 2.8$ мин от начала охлаждения, результаты вычислений свести в таблицы, построить графики $t(x, 0, \tau_1)$, $t(x, r_0, \tau_1)$, $t(0, r, \tau_1)$, $t(L/2, r, \tau_1)$. Рассчитать температуру в центре цилиндра как</p> |
|--|--|

функцию времени; для стадии регулярного режима охлаждения вычислить, имитируя эксперимент, темп охлаждения цилиндра и теплопроводность материала заготовки. Вычислить количество теплоты, отданной цилиндром за время охлаждения от его начала, до момента τ_1 .

2. По трем стальным трубам $d_2=100$ мм, $d_1=95$ мм, $L=2000$ м, расположенным на открытом воздухе $t_{ж}=5^\circ\text{C}$ горячая вода, подогретая в теплообменнике до 100°C при давлении 4 бар, транспортируется к потребителю со скоростью $w=1$ м/с в каждой. С какой температурой будет получать воду потребитель, если первая труба покрыта слоем минеральной ваты [$\lambda_{mv}=0.05$ Вт/(м·К), $\delta_{mv}=50$ мм], вторая — слоем бетона [$\lambda_b=1.3$ Вт/(м·К), $\delta_b=50$ мм], а третья труба не изолирована. Коэффициент теплоотдачи от горячей воды к внутренней поверхности труб принять $\alpha_1=300$ Вт/(м·К), а с внешней поверхности каждой из трех труб к окружающему воздуху — одинаковым: $\alpha_2=10$ Вт/(м²·К). Учесть тепловое излучение поверхности трубопровода, имеющую степень черноты $\epsilon=0.8$, в окружающую среду при температуре отнесения равной температуре атмосферного воздуха. Расчет сделать по формуле Шухова.

3. Масло марки МС-20, протекая через бак с расходом $G_2=0.1$ кг/с, нагревается в нём от температуры $t_{ж1}=40^\circ\text{C}$ до температуры $t_{ж2}=50^\circ\text{C}$. Греющим теплоносителем является сухой насыщенный водяной пар, конденсирующийся в горизонтальных змеевиках при давлении $P=2.4$ бар, смонтированных внутри бака. Для снижения тепловых потерь бак покрыт слоем тепловой изоляции. Требуется определить величину поверхности змеевиков F_1 , м², и расход греющего пара G_1 , кг/с.

Для расчёта заданы следующие величины:
 коэффициент теплоотдачи от пара к внутренней стенке поверхности змеевиков $\alpha_1=5000$ Вт/(м²·К);
 коэффициент теплоотдачи от наружной стенки поверхности змеевиков к маслу $\alpha_2=100$ Вт/(м²·К);
 коэффициент теплоотдачи от масла к стенкам бака $\alpha_3=52$ Вт/(м²·К);
 коэффициент теплоотдачи от изоляции бака к воздуху $\alpha_4=8$ Вт/(м²·К);
 температура окружающего воздуха $t_{ж3}=25^\circ\text{C}$;

толщина стенки

бака $\delta_1=5$ мм;

толщина изоляции

бака $\delta_2=20$ мм;

поверхность

бака $F_2=5$ м².

| | |
|--|--|
| | <p>Бак изготовлен из низкоуглеродистой стали, для тепловой изоляции использован поливинилхлорид. Тепловые потери определить при постоянной теплопроводности изоляции. Термическим сопротивлением стенки змеевиков пренебречь, изменением внешней поверхности бака из-за его изоляции пренебречь, применить формулы для теплопередачи через плоскую стенку.</p> |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-5. Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен теплопроводностью и излучением"

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

Объяснить процедуру расчетов на основании экспериментальных данных.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|------------------------------|--|
| Знать: Теплообмен излучением | <ol style="list-style-type: none"> 1.Размерность основных физических величин. 2.Расчет погрешностей 3.Среднеинтегральный коэффициент теплопроводности 4.Числа Био и Фурье, направляющие точки 5.Законы излучения. Применение для абсолютно черных тел, серых тел, реальных тел. |
|------------------------------|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

5 семестр

КМ-6. Введение в конвективный теплообмен. Числа подобия

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: 5 вопросов за 15 минут

Краткое содержание задания:

Терминологический тест

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| <p>Уметь: Расчет чисел подобия, определение режима течения.</p> | <ol style="list-style-type: none">1. Выберите из перечня объёмные силы, действующие на элемент движущейся жидкости:<ol style="list-style-type: none">а) трения,б) инерции,в) давления,г) центробежные,д) Кориолиса,е) электрические,ж) магнитные,з) Архимеда2. Укажите размерность температурного напора:<ol style="list-style-type: none">а) $0C/m$б) $Вт/m^2$в) $Вт/(m \cdot C0)$г) $Вт/(m^2 \cdot C0)$д) $0C$е) K3. Количество теплоты, отдаваемое потоком жидкости $1 m^2$ поверхности в единицу времени при разности температур между ней и поверхностью в $10C$ называется:<ol style="list-style-type: none">а) коэффициентом теплопроводностиб) коэффициентом теплоотдачив) плотностью потока излученияг) интегральной плотностью потока излученияд) коэффициентом теплопередачи4. Какие из чисел подобия являются теплофизической характеристикой жидкости?<ol style="list-style-type: none">а) число Рейнольдсаб) число Нуссельтав) число Прандтля |
|---|--|

| | |
|--|---|
| | <p>г) число Грасгофа е) число Фурье ж) число Био</p> <p>5. Какие из чисел подобия характеризуют нестационарность процесса? а) число Рейнольдса б) число Нуссельта в) число Прандтля г) число Грасгофа д) число Фурье е) число Био</p> |
|--|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-7. Теплоотдача при внешнем обтекании пластины и цилиндра. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости внутри трубы

Формы реализации: Обмен электронными документами

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное решение трех задач за время не более 90 минут.

Краткое содержание задания:

Решение задачи

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|---|--|
| <p>Уметь: Гидродинамический и тепловой пограничные слои</p> | <p>1. Плоская пластина размером $a \times b = 2 \times 1,5$ м омывается поперечным потоком воздуха со скоростью $\omega = 10$ м/с. Температура набегающего воздуха $t_{ж} = 20^\circ\text{C}$, температура пластины $t_c = 80^\circ\text{C}$. Определить средний по длине коэффициент теплоотдачи для пластины; локальный коэффициент теплоотдачи в координате 0,1 м.</p> <p>2. Внутри трубы с внутренним диаметром $d = 7$ мм течет трансформаторное масло со скоростью $\omega = 0,6$ м/с. Длина трубы $L = 1$ м, температура поверхности $t_c = 20^\circ\text{C}$, средняя температура масла $t_{ж} = 80^\circ\text{C}$.</p> |
|---|--|

| | |
|--|--|
| | <p>Определить длину начального термического участка и средний коэффициент теплоотдачи в точке перехода от начального термического участка к окончанию трубы.</p> <p>3. Определить эквивалентный коэффициент теплопроводности и плотность теплового потока q, Вт/кв.м. через вертикальную щель толщиной $\delta=20$ мм, заполненную водой. Температура горячей поверхности 200°C, температура холодной поверхности 80°C.</p> <p>4. Цилиндрический стержень диаметром $d=15$ мм и температурой $t_c=80^{\circ}\text{C}$ нагревается пропусканием электрического тока и омывается потоком воды со скоростью $\omega=2$ м/с и температурой $t_{ж}=20^{\circ}\text{C}$. Поток воды направлен под углом $\varphi=60$ градусов относительно оси стержня. Удельное электрическое сопротивление стержня $\rho_{эл}=0,0175 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$. Определить средний коэффициент теплоотдачи и силу тока I, пропущенного через цилиндр.</p> <p>5. Трубы диаметром $d=80$ мм расположены в шахматном порядке и омываются дымовыми газами со скоростью $\omega=10$ м/с. Температура газов на входе 1100°C, на выходе 900°C. Поперечный шаг $s_1=2,5d$, продольный шаг $s_2=2d$, количество рядов $n=6$. Определить средний коэффициент теплоотдачи.</p> |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-8. Определение коэффициента теплоотдачи при фазовых превращениях

Формы реализации: Обмен электронными документами

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Самостоятельное решение задач: время на выполнение двух задачи 90 минут

Краткое содержание задания:

Решение задач с применением Mathcad

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| <p>Уметь: Критические точки кривой кипения. Коэффициент теплоотдачи при докризисном и кризисном кипении жидкости текущей в трубе</p> | <ol style="list-style-type: none">1. По трубе с внутренним диаметром 18 мм течет кипящая при пузырьковом режиме вода под давлением $p=8$ бар со скоростью 1 м/с. Температура внутренней поверхности трубы $t_c=175^\circ\text{C}$. Определить средний коэффициент теплоотдачи.2. В большом объеме кипит вода при давлении 2 бар. Температура поверхности нагревателя 150°C. Определить минимальный (критический) радиус пузырька.3. В большом объеме кипит вода при давлении 6,2 бар. Температура поверхности нагревателя 175°C. Определить режим кипения.4. На пластине высотой 3 метра конденсируется водяной пар при давлении 2,5 бар. Температура пластины 120°C. Определить толщину пленки конденсата на расстоянии 0,1 м от верхнего края пластины и локальный коэффициент теплоотдачи в этом сечении.5. На горизонтальной трубе диаметром 20 мм и длиной 2 м конденсируется водяной пар при атмосферном давлении. Температура поверхности трубы 90°C. Определить средний коэффициент теплоотдачи и количество конденсата, выпавшего на поверхности. |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-9. Типовой расчет по конвективному теплообмену, массообмену, фазовым превращениям и теплообменным аппаратам

Формы реализации: Проверка задания

Тип контрольного мероприятия: Домашнее задание

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Проверка расчетов и обсуждение полученных результатов

Краткое содержание задания:

Определить площадь поверхности теплообменного аппарата с помощью уравнения теплопередачи и методом NTU.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|---|
| <p>Уметь: Толщина диффузионного пограничного слоя. Стефанов поток. Адиабатическая температура.</p> | <p>1. Плоское изделие длиной 0,6 м продольно омывается потоком сухого воздуха, температура которого 20°C, давление $p=2$ бар, скорость $\omega=2$ м/с. Температура изделия постоянна по всей длине $t_c=30^\circ\text{C}$. Определить локальный коэффициент массоотдачи в середине изделия, средний коэффициент массоотдачи и скорость стефанова потока.</p> <p>2. В маслоохладителе масло МК охлаждают от 70°C до 30°C, охладителем является вода с температурой 20°C. Расход масла $G_1=10^4$ кг/час, расход воды $G_2=2 \cdot 10^4$ кг/час. Коэффициент теплопередачи $k=100$ Вт/(м²•К). Определить площадь поверхности теплообменника для прямоточной и противоточной схем.</p> <p>3. Найти число Льюиса для влажного воздуха, температура которого 30°C, а давление 3 бар. Относительная влажность воздуха $\phi=80\%$.</p> <p>4. В маслоохладителе масло МС-20 охлаждают от 100°C до 20°C, охладителем является вода с температурой 100°C. Расход масла $G_1=10^3$ кг/час, расход воды $G_2=5 \cdot 10^3$ кг/час. Коэффициент теплопередачи $k=200$ Вт/(м²•К). Определить площадь поверхности теплообменника для прямоточной и противоточной схем методом NTU.</p> <p>5. Для трубчатого прямоточного водонагревателя известно: греющий сухой водяной пар $G_1=1$ кг/с, давление=2 атм, температура воды на входе= 20°C, на выходе = 70°C. Коэффициент теплоотдачи водяного пара = 200 Вт/(м²•К), коэффициент теплоотдачи воды = 1200 Вт/(м²•К), тепловое сопротивление стенки трубки= 0,0001 (м²•К)/Вт. Найти перепад температур на расстоянии 1/5 длины от входного края трубки.</p> |
|--|---|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

КМ-10. Защита цикла лабораторных работ "Теплообмен при конвективном теплообмене. Кипение. Теплообменные аппараты"

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 10

Процедура проведения контрольного мероприятия: Ответы на контрольные вопросы

Краткое содержание задания:

Объяснить процедуру расчетов на основании экспериментальных данных.

Контрольные вопросы/задания:

| | |
|--|--|
| Знать: Классификация теплообменных аппаратов. Уравнение теплового баланса и уравнение теплопередачи. | 1. Число и критерии подобия. Теория подобия. 2. Пограничный слой: гидродинамический и тепловой. Число Прандтля. 3. Обработка уравнений в критериальном виде. 4. Пузырьковое и пленочное кипение, кривая кипения. 5. Уравнения теплового баланса и теплопередачи для теплообменного аппарата. |
|--|--|

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

4 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

| | | |
|---|--|---|
| НИУ «МЭИ» | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Кафедра ТОТ им. М.П. Вукаловича | Утверждаю Зав. кафедрой « » 2021 г. |
| | | Дисциплина Теплообмен Институт ТЕПЛОВОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ |
| 1. Критический диаметр тепловой изоляции. Зависимость тепловых потерь от толщины изоляции на цилиндрической стенке. | | |
| 3. Задача. Металлическая поверхность, имеющая интегральную степень черноты $\epsilon = 0,7$, нагрета до температуры 927 оС. Определить плотность потока собственного излучения поверхности, длину волны, соответствующую максимуму интенсивности излучения. Приблизительно считать свойства поверхности свойствами серого тела. | | |

Процедура проведения

Время подготовки 60 минут, время ответа по вопросам билета 15 минут. Правильный и полный ответ на каждый теоретический вопрос - по 25%. Решение задачи - 50%.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

Вопросы, задания

1. Закон Фурье и закон Ньютона – Рихмана.
2. Теплопроводность одно- и многослойной цилиндрической стенок при граничных условиях 3 – го рода.
3. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
4. Виды переноса теплоты. Понятия коэффициента теплопроводности, температуропроводности и теплоотдачи. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
5. Критический диаметр тепловой изоляции. Зависимость тепловых потерь от толщины изоляции на цилиндрической стенке.
6. Расчет нестационарного температурного поля в телах конечных размеров. Теорема о перемножении решений. Определяющие линейные размеры.

7. Характер изменения температуры в теле в зависимости от числа Bi при охлаждении (нагревании) неограниченной пластины.
8. Использование регулярного режима для определения температуропроводности металлов.
9. Понятие регулярного режима и темпа охлаждения. Формулы для определения темпа охлаждения. Влияние коэффициента теплоотдачи на темп охлаждения
10. Система алгебраических уравнений лучистого теплообмена в системе N тел, разделенных лучепрозрачной средой. Зональный метод.
11. Интегральные и спектральные характеристики энергии излучения: поток, плотность потока, интенсивность излучения. Диффузная поверхность излучения. Закон Ламберта.
12. Абсолютно черное тело. «Серое», «белое» тела. Излучение реальных тел. Приближение «серого» тела.
13. Связь потоков результирующего и эффективного потоков излучения. Формула Поляка.
14. Интегральные уравнения излучения.
15. Локальная и интегральная степень черноты газового объема. Эффективная длина луча.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.3. Пластина, прогретая первоначально до 500°C , охладилась затем в среде с температурой -180°C . В некоторый момент времени температура в центре пластины достигла 160°C . Каково значение безразмерной температуры при этом?

Ответы:

1. 0,235
2. 0,5
3. 0,32
4. 0,585
5. 0,0625

Верный ответ: 2

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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

5 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

| | | |
|--|--|--|
| НИУ «МЭИ» | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1 Кафедра ТОТ им. М.П. Вукаловича | Утверждаю Зав. кафедрой |
| | | « » 2016 г. |
| | | Дисциплина Теплообмен Институт ТЕПЛОВОЙ И АТОМНОЙ ЭНЕРГЕТИКИ |
| 1. Механизм образования парового пузырька. Силы, действующие на паровой зародыш, работа образования пузырька. | | |
| 3. Задача. Сухой насыщенный водяной пар конденсируется на горизонтальной трубе при давлении 12,3 КПа. Температура поверхности трубки –20 оС. Диаметр трубок 16 мм. Определить коэффициент теплоотдачи от пара к поверхности трубки. | | |

Процедура проведения

Время подготовки 60 минут, время ответа по вопросам билета 15 минут. Правильный и полный ответ на каждый теоретический вопрос - по 25%. Решение задачи - 50%.

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

1. Компетенция/Индикатор: ИД-3_{ОПК-4} Демонстрирует понимание основных законов теплообмена и применяет их для расчетов элементов теплотехнических установок и систем

Вопросы, задания

1. Конвективный теплообмен.
2. Теплообмен при свободной конвекции. Числа Gr, Ar, Ra.
3. Коэффициент теплоотдачи при пленочном кипении в большом объеме.
4. Коэффициент теплоотдачи при пузырьковом кипении в большом объеме.
5. Кривая кипения при граничных условиях 1 и 2 рода.
6. Теплообмен при кипении жидкости в большом объеме.
7. Стефанов поток. Адиабатическая температура.
8. Диффузионный пограничный слой. Диффузионные числа подобия.
9. Массообмен. Закон Фика. Число Le.
10. Экспериментальная обработка данных в критериальных уравнениях.
11. Теплоотдача при вынужденном течении жидкости в трубах.
12. Теплообмен при кризисном кипении жидкости в трубах.
13. Теплоотдача при поперечном обтекании труб.
14. Двойная и тройная аналогия Рейнольдса.

15. Коэффициенты теплоотдачи ламинарного и турбулентного пограничных слоёв.
16. Гидродинамический и тепловой пограничные слои.
17. Теория подобия: применение и примеры.
18. Критериальные уравнения: форма записи, где применяются.
19. Числа и критерии подобия: их происхождение и физический смысл.
20. Теплообмен при бескризисном кипении жидкости в трубах. Экономайзерный участок.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.1. При переходе от пузырькового кипения в большом объеме к пленочному кипению коэффициент теплоотдачи уменьшился в 30 раз. Определить температуру поверхности при пленочном кипении, если вода кипит при атмосферном давлении, и в момент перехода к пленочному кипению температура стенки была равна 135 °C?

Ответы:

1. 200
2. 500
3. 750
4. 1050
5. 1200

Верный ответ: 4

2.2. Как изменится коэффициент теплоотдачи при пленочной конденсации и ламинарном течении пленки конденсата, если поверхность конденсации, наклоненную под углом 45° к горизонту, установить вертикально?

Ответы:

1. Не изменится
2. Увеличится в $2^{(1/2)}$
3. Увеличится в $2^{(1/4)}$
4. Увеличится в $2^{(1/8)}$
5. Увеличится в $2^{(1/16)}$

Верный ответ: 4

3.3. По трубе с внутренним диаметром 18 мм течет кипящая при пузырьковом режиме вода под давлением $p = 8$ бар со скоростью 1 м/с. Температура внутренней поверхности трубы $t_c = 175$ °C. Определить средний коэффициент теплоотдачи.

Ответы:

1. 7400
2. 7900
3. 8400
4. 8900
5. 9400

Верный ответ: 3

4.4. В большом объеме кипит вода при давлении $p = 6,2$ бар. Температура поверхности нагревателя $t_c = 175$ °C. Определить критическую плотность теплового потока $q_{кр1}$.

Ответы:

1. 1,0 МВт/кв.м.
2. 1,4 МВт/кв.м.
3. 2,0 МВт/кв.м.
4. 2,4 МВт/кв.м.
5. 3,0 МВт/кв.м.

Верный ответ: 4

5.5. В большом объеме кипит вода при давлении $p = 6,2$ бар. Температура поверхности нагревателя $t_c = 175$ °C. Определить критический температурный напор $\Delta t_{кр1}$.

Ответы:

1. 27,0 C

2. 27,5 С
3. 28,0 С
4. 28,5 С
5. 29,0 С

Верный ответ: 2

6.6. Определить плотность теплового потока q , Вт/кв.м. через вертикальную щель толщиной $\delta=10$ мм, заполненную водой в состоянии насыщения при давлении 7 бар. Температура горячей поверхности $t_{c1} = 160^{\circ}\text{C}$, холодной поверхности $t_{c2} = 40^{\circ}\text{C}$.

Ответы:

1. 100 кВт/кв.м.
2. 110 кВт/кв.м.
3. 120 кВт/кв.м.
4. 130 кВт/кв.м.
5. 140 кВт/кв.м.

Верный ответ: 2

7.7. Как изменяется локальный коэффициент теплоотдачи при свободной конвекции в турбулентном режиме на вертикальной пластине по высоте?

Ответы:

1. Уменьшается
2. Не изменяется
3. Увеличивается

Верный ответ: 2

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

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

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

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

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

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

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

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