

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Нововоронежский политехнический институт –

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

(НВПИ НИЯУ МИФИ)

УТВЕРЖДЕН:

Педагогическим советом

«17» *марта* 2023г., протокол № 550

**ФОНД
ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

«Тепломассообмен»

Направление подготовки: 14.03.01. Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт оборудования АЭС

Уровень образования: бакалавриат

Форма обучения: очная

Нововоронеж 2023 г.

1. Паспорт

фонда оценочных средств

1.1. Модели контролируемых компетенций:

Оценочные средства для контроля по дисциплине направлены на проверку знаний и умений студентов, являющихся основой формирования у обучающихся компетенции:

ОПК-1, Способен использовать базовые знания естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

ПК-3, Способен к участию в исследовании и испытании основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания

ПК-4 – Способен применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы пакетов

Согласно Рабочему учебному плану направления, в формировании данных компетенций участвуют дисциплины и виды практик:

ОПК-1,

Химия

Линейная алгебра. Аналитическая геометрия. Начала анализа

Математический анализ

Дифференциальные уравнения. Теория рядов

Теория вероятностей. Математическая статистика

Общая физика (Механика. Молекулярная физика и основы термодинамики)

Общая физика (Электричество и магнетизм)

ПК-3,

Экология

Тепломассообмен

Электротехника и электроника

Теория переноса нейтронов

Обеспечение радиационной безопасности

Неразрушающие методы контроля оборудования АЭС

Гидродинамика энергетических установок

Философия науки и техники

Эксплуатация АЭС

Эксплуатация турбомашин АЭС

Производственная практика (эксплуатационная)

Производственная практика (преддипломная)

ПК-4

Начертательная геометрия и инженерная графика

Тепломассообмен

Электротехника и электроника

Теория переноса нейтронов

Физика ядерных реакторов

Гидродинамика энергетических установок

Учебная практика (ознакомительная)

Учебная практика (технологическая)

Производственная практика (эксплуатационная)

Производственная практика (преддипломная)

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

В результате освоения дисциплины студенты, для формирования данных компетенций студенты должны:

знать:

З1-базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования;

З2-методы проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания;

З3-стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов

уметь:

У1-выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

У2-проводить исследования и испытания основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания;

У3-применять стандартные пакеты прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов

владеть:

В1-математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общезначимых законов и принципов;

В2-методами проведения исследований и испытаний основного оборудования атомных электростанций в процессе разработки и создания;

ВЗ-навыками работы со стандартными пакетами прикладных программ для математического моделирования процессов и режимов работы объектов

Формами аттестации по дисциплине являются:

4 семестр- экзамен, 5 семестр-экзамен.

Сформированность данных компетенций проверяется в итоговой аттестации при выполнении и защите выпускной квалификационной работы

1.2. Программа оценивания контролируемой компетенции по этапам их формирования:

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			текущий	рубежный
1	Физические принципы переноса теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	5 ЛР	6 Т
2	Конвективный теплообмен	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	11 ЛР	12 КР
3	Теплообмен излучением	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	17 ЛР	18 КР
4	Сложный теплообмен	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	5 ПР	6 Т
5	Основы массопереноса	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	11 ПР	12 Т
6	Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообменные аппараты	ОПК-1, ПК-3, ПК-4	16 ПР	17 Т

1.3. Основные показатели оценивания компетенций:

Соотнесение формируемых компетенций со знаниями, умениями и навыками приведено в следующей таблице:

Индекс компетенции	Проектируемые результаты освоения дисциплины « _____ » и индикаторы формирования	Средства и технологии оценки
--------------------	--	------------------------------

	компетенций			
	Знания (З)	Умения (У)	Навыки (В)	
ОПК-1	31	У1	В1	Т, КР, ЛР, ПР
ПК-3	32	У2	В2	
ПК-4	33	У3	В3	

Основные показатели оценивания знаний, умений и навыков, необходимых для формирования компетенций, представлены в таблице:

Результаты обучения (освоенные умения, усвоенные знания)	Основные показатели оценки результатов	Формируемые компетенции
З1- базовые законы естественнонаучных дисциплин; основные математические законы; основные физические явления, процессы, законы и границы их применимости; сущность основных химических законов и явлений; методы математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает законы теплопроводности, режимов течения, критерии подобия, конвективного теплообмена	ОПК-1
У1- выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Умеет пользоваться РД для проведения теплового расчета. Рассчитать теплоизоляцию, подобрать конструкцию теплообменного аппарата	ОПК-1
В1- математическим аппаратом для разработки моделей процессов и явлений, решения практических задач профессиональной деятельности; навыками использования основных общефизических законов и принципов	Владеет основами расчета процессов тепломассопереноса	ОПК-1

1.4. Перечень оценочных средств

Характеристика оценочных средств по дисциплине представлена в таблице:

№ п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	2	3	4
1	Контроль лабораторной работы	Предполагает оформление отчетов по выполненным работам и ответы на вопросы по теме работы	Вопросы по темам работ
2	Контроль практической работы	Предполагает владение алгоритмом решения задач по пройденным темам	Задачи по пройденным темам
3	Контрольная работа	Выполнение заданий, позволяющее оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины	Комплект контрольных работ в фонде

2. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

для оценки знаний, умений, навыков по дисциплине

Типовые контрольные задания представлены в соответствии с перечнем оценочных средств по дисциплине в следующей структуре:

- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций;

- сами оценочные средства с выделением правильных ответов (для тестов и контрольных работ);

- критерии и шкалы оценивания.

2.1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ВХОДНОГО КОНТРОЛЯ

Входной контроль знаний, необходимых для успешного изучения дисциплины, проводится по результатам итоговой аттестации ранее изученных дисциплин (физика, математика).

4 СЕМЕСТР

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

2.2.1 Практические работы

Текущий контроль оценивается решением типовых задач на практических занятиях. В начале каждого практического занятия студентам

указывается тема и объем расчетов, которые планируется выполнить. Алгоритм решения задач разбирается у доски с подробными комментариями к каждому шагу. Сложные задачи решаются у доски одним из успевающих студентов под руководством преподавателя. Преподаватель контролирует работу студентов, проверяет правильность решений задач и при необходимости вмешивается в процесс решения, задавая наводящие вопросы или указывая ошибки.

Примеры типовых задач

Раздел 1 Физические принципы переноса теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность

1. Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена: а) из стали [$\lambda = 40 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$]; б) из бетона [$\lambda = 1,1 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$]; в) из диатомитового кирпича [$\lambda = 0,11 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$]. Во всех трех случаях толщина стенки $\delta = 50 \text{ мм}$. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными: $t_{\text{ст}1} = 100^\circ \text{C}$ и $t_{\text{ст}2} = 90^\circ\text{C}$.

Ответ: Для стальной стенки $q = 8000 \text{ Вт}/\text{м}^2$; для бетонной стенки $q = 220 \text{ Вт}/\text{м}^2$; для стенки из диатомитового кирпича $q = 22 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

2. Плотность теплового потока через плоскую стенку толщиной $\delta = 50 \text{ мм}$ $q = 70 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Определить разность температур на поверхностях стенки и численные значения градиента температуры в стенке, если она выполнена: а) из латуни [$\lambda = 70 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$]; б) из красного кирпича [$\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$]; в) из пробки [$\lambda = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$].

Ответ: Для латунной стенки $\Delta t = 0,05^\circ\text{C}$ и $|\text{grad}t| = 1^\circ\text{C}/\text{м}$; для кирпичной стенки $\Delta t = 5^\circ\text{C}$ и $|\text{grad}t| = 100^\circ\text{C}/\text{м}$; для пробковой стенки $\Delta t = 50^\circ\text{C}$ и $|\text{grad}t| = 1000^\circ\text{C}/\text{м}$;

3. Определить потерю теплоты Q , Вт, через стенку из красного кирпича длиной $l = 5 \text{ м}$, высотой $h = 4 \text{ м}$ и толщиной $\delta = 0,250 \text{ м}$, если температуры на поверхностях стенки поддерживаются $t_{\text{ст}1} = 110^\circ\text{C}$ и $t_{\text{ст}2} = 40^\circ\text{C}$. Коэффициент теплопроводности красного кирпича $\lambda = 0,70 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

Ответ: Потери теплоты $Q = 3920 \text{ Вт}$.

4. Определить коэффициент теплопроводности материала стенки, если при толщине ее $\delta = 40 \text{ мм}$ и разности температур на поверхностях $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ плотность теплового потока $q = 145 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Ответ: Коэффициент теплопроводности $\lambda = 0,29 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{C})$.

5. Плоскую поверхность необходимо изолировать так, чтобы потери теплоты с единицы поверхности в единицу времени не превышали $450 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Температура поверхности под изоляцией $t_{\text{ст}1} = 450^\circ\text{C}$, температура внешней

поверхности изоляции $t_{ст2} = 50^\circ\text{C}$. Определить толщину изоляции, если изоляция выполнена из совелита, для которого $\lambda = 0,09 + 0,0000874l$;

Раздел 2 Конвективный теплообмен

1. Резиновая пластина толщиной $2\delta = 20$ мм, нагретая до температуры $t_0 = 140^\circ\text{C}$, помещена в воздушную среду с температурой $t_{ж} = 15^\circ\text{C}$. Определить температуры в середине и на поверхности пластины через $\tau = 20$ мин после начала охлаждения. Коэффициент теплопроводности резины $\lambda = 0,175$ Вт/(м·°C). Коэффициент температуропроводности резины $a = 0,833 \cdot 10^{-7}$ м²/с. Коэффициент теплоотдачи от поверхности пластины к окружающему воздуху $\alpha = 65$ Вт/(м²·°C).

Ответ: $t_{x=0} = 47,5^\circ\text{C}$; $t_{x=\delta} = 25,4^\circ\text{C}$.

2. Определить время τ , необходимое для нагрева листа с толщиной $2\delta = 24$ мм, который имел начальную температуру $t = 25^\circ\text{C}$, а затем был помещен в печь с температурой $t_{ж} = 60^\circ\text{C}$. Нагрев считать законченным, когда температура листа достигнет значения $t = 450^\circ\text{C}$. Коэффициент теплопроводности, теплоемкость и плотность стали равны соответственно $\lambda = 45,4$ Вт/(м·°C); $c = 0,502$ кДж/(кг·°C) $\rho = 7800$ кг/м³, а коэффициент теплоотдачи к поверхности листа $\alpha = 23,3$ Вт/(м²·°C).

3. Длинный стальной вал диаметром $d = 2r_0 = 120$ мм, кото имел температуру $t_0 = 20^\circ\text{C}$, был помещен в печь с температурой $t_{ж} = 820^\circ\text{C}$. Определить время τ , необходимое для нагрева вала, если нагрев считается законченным, когда температура на оси вала $t_{r=0} = 800^\circ\text{C}$. Определить также температуру на поверхности $t_{r=r_0}$ в конце нагрева. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности стали равны соответственно $\lambda = 21$ Вт/(м·°C); $a = 6,11 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Коэффициент теплоотдачи к поверхности вала $\alpha = 140$ Вт/(м²·°C).

Ответ: $\tau = 51$ мин; $t_{r=r_0} = 804^\circ\text{C}$.

4. Стальная болванка цилиндрической формы диаметром $d = 80$ мм и длиной $l = 160$ мм в начальный момент времени была равномерно нагрета до температуры $t_0 = 800^\circ\text{C}$. Болванка охлаждается на воздухе, который имеет температуру $t_{ж} = 30^\circ\text{C}$. Определить температуру в центре болванки $t_{x=0; r=0}$ и в середине торцевой поверхности $t_{r=0; x=l/2}$ через $\tau = 30$ мин после начала охлаждения. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводности стали равны соответственно $\lambda = 23,3$ Вт/(м·°C), $a = 6,11 \cdot 10^{-6}$ м²/с. Коэффициент теплоотдачи от поверхности болванки $\alpha = 118$ Вт/(м²·°C).

Ответ: $t_{x=0; r=0} = 55^\circ\text{C}$; $t_{r=0; x=l/2} = 50^\circ\text{C}$

5. Кирпичная стена толщиной $2\delta = 500$ мм обеими поверхностями соприкасается со средой, имеющей постоянную температуру 18°C . Коэффициенты теплопроводности, температуропроводности и плотность

материала соответственно равны: $\lambda = 0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{С})$; $a = 0,647\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$; $\rho = 1700 \text{ кг}/\text{м}^3$. Как изменится температура на поверхности и в середине кладки в течение 1 часа, если температура внезапно понизилась до 8°С . Коэффициент теплоотдачи остается постоянным и равным $7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{С})$.

Ответ: $t_{x=0} = 18^\circ\text{С}$, следовательно по истечению 1 часа температурные возмущения практически еще не достигнут середины стены.

Раздел 3 Теплообмен излучением

1. Определить излучательную способность поверхности Солнца, если известно, что ее температура равна 5700°С и условия излучения близки к излучению абсолютно черного тела. Вычислить также длину волны, при которой будет наблюдаться максимум спектральной интенсивности излучения и общее количество лучистой энергии, испускаемой Солнцем в единицу времени, если диаметр Солнца можно принять равным $1,391\cdot 10^9 \text{ м}$.

Ответ: $E_0 = 72,2\cdot 10^6 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\lambda_{\text{макс}} = 0,485 \text{ мкм}$; $Q = 4,38\cdot 10^{26} \text{ Вт}$.

2. Поверхность стального изделия имеет температуру $t_c = 727^\circ\text{С}$ и степень черноты $\varepsilon_c = 0,7$. Излучающую поверхность можно считать серой. Вычислить плотность собственного излучения поверхности изделия и длину волны, которой будет соответствовать максимальное значение спектральной интенсивности излучения.

Ответ: $E = 3,97\cdot 10^4 \text{ Вт}/\text{м}^2$; $\lambda_{\text{макс}} = 2,898 \text{ мкм}$.

3. Найти максимальные значения спектральной интенсивности излучения для условий задач 1 и 2.

Ответ: $J_{0\lambda} = 9,94\cdot 10^{13} \text{ Вт}/\text{м}^3$; $J_{\lambda\text{макс}} = 9,15\cdot 10^9 \text{ Вт}/\text{м}^3$.

4. Определить, какую долю излучения, падающего от абсолютно черного источника, будет отражать поверхность полированного алюминия при температуре $t = 250^\circ\text{С}$, если известно, что при этой температуре излучательная способность поверхности $E = 170 \text{ Вт}/\text{м}^2$. Температура источника черного излучения равна температуре поверхности алюминия.

Ответ: $R = 0,96$.

5. Обмуровка топочной камеры парового котла выполнена из шамотного кирпича, а внешняя обшивка — из листовой стали. Расстояние между обшивкой и кирпичной кладкой равно 30 мм, и можно считать его малым по сравнению с размерами стен топки. Вычислить потери теплоты в окружающую среду с единицы поверхности в единицу времени в условиях стационарного режима за счет лучистого теплообмена между поверхностями обмуровки и обшивки. Температура внешней поверхности обмуровки $t_1 = 127^\circ\text{С}$, а температура стальной обшивки $t_2 = 50^\circ\text{С}$. Степень черноты шамота $\varepsilon_{\text{ш}} = 0,8$ и листовой стали $\varepsilon_c = 0,6$.

Ответ: $E_{p1} = q_{1,2} = 435 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Критерии и шкалы оценивания

- знания теоретического материала по темам практических занятий;
- умение самостоятельно пользоваться справочной и методической литературой, лекционными материалами при решении задач.
- максимальный балл 30 по всем разделам (или 10 баллов за раздел)

Объем выполненных заданий	баллы
81 – 100 %	26-30
51 – 80 %	16-25
0 – 50 %	0-15

2.3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

2.3.1 Контрольная работа

Раздел 1 Физические принципы переноса теплоты. Стационарная и нестационарная теплопроводность

Контрольная работа часть 1

1 вариант

1. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
2. Что характеризует термическое сопротивление и как на него влияет коэффициент λ ?

2 вариант

1. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
2. Что называется стационарной и нестационарной теплопроводностью?

3 вариант

1. Дайте определение теплового потока.
2. Что называется граничными условиями для процессов теплопроводности

4 вариант

1. Дайте определение теплопроводности.
2. Что называется градиентом температур?

5 вариант

1. Перечислите условия однозначности для процессов теплопроводности.
2. Граничные условия первого рода.

6 вариант

1. Граничные условия второго рода.
2. Определение и формула закона Фурье.

7 вариант

1. Напишите формулу коэффициента температуропроводности.
2. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?

8 вариант

1. Какие критерии подобия используются при расчете уравнений нестационарной теплопроводности?
2. Граничные условия третьего рода.

9 вариант

1. По какому закону меняется температура по толщине цилиндрической стенки?
2. Напишите формулу закона Ньютона-Рихмана.

10 вариант

1. Граничные условия третьего рода.
2. Дайте определение температурного поля.

Раздел 2 Конвективный теплообмен

Контрольная работа часть 2

1 вариант

1. Как изменяются скорость и температура газа в сечениях канала при ламинарном и турбулентном течениях?
2. Что называется коэффициентом теплоотдачи, и какие факторы влияют на него?

2 вариант

1. Что называется конвективным теплообменом?

2. Напишите в общем виде критериальные уравнения для теплотдачи при свободной конвекции.

3 вариант

1. Что называется теплоотдачей?
2. Сформулируйте теоремы подобия.

4 вариант

1. Как вывести критерий подобия Нуссельта из условий теплового подобия?
2. Что называется толщиной пограничного слоя?

5 вариант

1. Что характеризует критерий Рейнольдса. Напишите формулу.
2. Как влияет пограничный слой на теплоотдачу?

6 вариант

1. Какие условия необходимы для геометрического и физического подобия?
2. Что характеризует критерий Прандтля. Напишите формулу.

7 вариант

1. Какие из критериев подобия являются определяющими при теплоотдаче в условиях свободной и вынужденной конвекции?
2. Что характеризует критерий Нуссельта. Напишите формулу.

8 вариант

1. Что характеризует критерий Грасгофа. Напишите формулу.
2. Какие процессы являются подобными?

9 вариант

1. Сформулируйте закон Ньютона.
2. Какие критерии характерны для стационарного процесса теплоотдачи?

10 вариант

1. Напишите в общем виде критериальные уравнения для теплотдачи при вынужденной конвекции.
2. Что представляет собой процесс теплоотдачи и как влияет на него характер движения жидкости?

Раздел 3 Теплообмен излучением

Контрольная работа часть 3

1 вариант

1. Что представляет собой процесс теплопередачи?
2. Что называется плотностью потока излучения?

2 вариант

1. Что такое коэффициент теплопередачи и как он связан с термическим сопротивлением?
2. Что называется потоком излучения?

3 вариант

1. Какие тела называются абсолютно черными?
2. Какие факторы влияют на интенсивность теплопередачи?

4 вариант

1. Какие тела называются абсолютно белыми?
2. Сформулируйте закон Планка.

5 вариант

1. Сформулируйте закон Вина.
2. Какие тела называются абсолютно прозрачными?

6 вариант

1. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.
2. Как определяется количество теплоты Q при теплообмене излучением? Запишите формулу.

7 вариант

1. Сформулируйте закон Ламберта.
2. Что такое селективность?

8 вариант

1. Сформулируйте закон Киргофа.
2. От чего зависит величина излучательной способности газов?

9 вариант

1. Что такое теплообмен излучением?
2. Какие газы имеют лучшую излучательную способность (одно-, двух- или трехатомные)?

10 вариант

1. Что называется эффективным излучением и от чего оно зависит?
2. Что называется степенью черноты? Запишите формулу.

При выполнении контрольных работ оцениваются:

– знания теоретического материала по темам лекционных занятий.

- максимальный балл 30 по всем разделам (или 10 баллов за раздел)

Объем выполненных заданий	баллы
81 – 100 %	26-30
51 – 80 %	16-25
0 – 50 %	0-15

2.2.1 Лабораторные работы

Лабораторные работы проводятся по разделам и выполняются в течение всего семестра. Лабораторные работы выполняются на учебных стендах по методическим указаниям.

Раздел 1 Сложный теплообмен

Лабораторная работа № 1 Изучение стационарной теплопроводности методом имитационного моделирования

Цель работы: определить теплопроводность фторопласта методом плоского слоя в зависимости от температуры, определить влияние на температурное поле внутренних источников теплоты и термических контактных сопротивлений.

Контрольные вопросы к лабораторной работе №1

1. Каков физический смысл коэффициента теплопроводности?
2. Что характеризует термическое сопротивление и как на него влияет коэффициент λ ?
3. От каких факторов зависит коэффициент теплопроводности?
4. Дайте определение теплопроводности.
5. Что называется градиентом температур?

Лабораторная работа № 2 «Определение теплопроводности твердых материалов методом пластины при имитационном моделировании процесса теплообмена».

Цель работы: определить теплопроводность фторопласта методом плоского слоя в зависимости от температуры, определить влияние на температурное поле внутренних источников теплоты и термических контактных сопротивлений.

Контрольные вопросы к лабораторной работе №2

1. Дать определение теплопроводности.
2. Что называется количеством теплоты, тепловым потоком, плотностью теплового потока?
3. Температурный градиент. Определение. Формула.
4. Закон Фурье.
5. Условия однозначности для процессов теплопроводности?

Лабораторная работа № 3 «Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около горизонтального цилиндра методом имитационного моделирования процесса теплообмена».

Цель работы экспериментально определить коэффициент теплоотдачи на поверхности горизонтально расположенного цилиндра при естественной конвекции в неограниченном пространстве и сопоставить результаты опытов с расчетными данными.

Контрольные вопросы к лабораторной работе №3

1. Определение конвективного теплообмена.
2. Вынужденная и естественная конвекция.
3. Что называется пограничным слоем?
4. Три теоремы подобия.
5. Критерии подобия (Нуссельта, Прандтля, Грасгофа)

Раздел 2 Основы массопереноса

Лабораторная работа № 4 Определение коэффициента излучения электропроводящих материалов калориметрическим методом при имитационном моделировании процесса теплообмена

Цель работы: экспериментально определить коэффициент излучения электропроводящего материала в зависимости от температуры и характеристик поверхностей (шероховатости и степени окисления).

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 4

1. Что такое теплообмен излучением?
2. Какие газы имеют лучшую излучательную способность (одно-, двух- или трехатомные)?
2. От чего зависит величина излучательной способности газов?
2. Как определяется количество теплоты Q при теплообмене излучением? Запишите формулу.
1. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана.

Лабораторная работа № 5 «Исследование теплоотдачи при естественной конвекции около вертикального цилиндра в атмосфере различных газов методом имитационного моделирования процесса теплообмена»

Цель работы: экспериментально определить локальный коэффициент теплоотдачи вдоль вертикальной поверхности, обобщить результаты в виде критериальных зависимостей с последующим сопоставлением с расчетными формулами и оценить влияние различных газовых сред на характер течения в пограничном слое.

Контрольные вопросы к лабораторной работе №5

1. Что характеризует критерий Нуссельта? Запишите формулу.
2. Сформулируйте закон Ньютона.
3. Что называется коэффициентом теплоотдачи, и какие факторы влияют на него?
4. Что называется конвективным теплообменом?
5. Что характеризует критерий Грасгофа. Напишите формулу.

Раздел 3 Теплообмен при фазовых превращениях. Теплообменные аппараты

Лабораторная работа № 6 «Исследование работы теплообменных аппаратов при теплообмене между системами пар-жидкость и жидкость-газ».

Цель работы Целью данной работы является испытание рекуперативного теплообменного аппарата при стационарном режиме теплообмена и получение основных характеристик его работы.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 6

1. Как разделяются по принципу действия теплообменные аппараты?
2. Понятия теплопередача и теплоотдача, в чем их различие?
3. С помощью каких уравнений определяется тепловая нагрузка теплообменного аппарата и затраты энергии на проведение процесса?

4. Что такое термическое сопротивление процесса теплопередачи, из каких составляющих оно складывается, коэффициент теплопередачи, их физический смысл?

5. В каком случае при теплообмене между различными системами: пар - жидкость, пар - газ, жидкость - газ, термическое сопротивление является минимальным, а в каком максимальным при равных условиях теплообмена, чем это обусловлено?

6. Чем объясняется столь большая разница в площадях теплообмена испытанных теплообменников

Лабораторная работа № 7 «Исследование зависимости коэффициента теплопередачи (теплоотдачи) между системами пар - жидкость от скорости движения жидкой среды»

Целью работы: экспериментальное исследование зависимости интенсивности теплоотдачи от скорости движения жидкости у теплообменной поверхности, представление полученных данных по теплоотдаче в критериальной форме и сравнение их с общепринятыми литературными.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 7

1. От каких факторов зависит интенсивность переноса тепла от теплообменной поверхности к потоку жидкости (газа) и наоборот?

2. В чем состоит закон теплоотдачи Ньютона?

3. Каков физический смысл коэффициента теплоотдачи?

4. При каких значениях критерия Рейнольдса режимы течения среды в трубе являются ламинарным, переходным, турбулентным?

5. Как определяется скорость течения жидкости в трубе?

Лабораторная работа № 8 «Исследование зависимости коэффициента теплопередачи (теплоотдачи) между системами жидкость – газ от скорости движения газовой среды»

Цель работы: экспериментальное исследование явления теплоотдачи от теплообменной поверхности к газовой среде, выявление ее особенностей и зависимости коэффициента теплоотдачи от скорости движения газовой среды, представление полученных данных по теплоотдаче в критериальной форме и сравнение их с используемыми в расчетной практике.

Контрольные вопросы к лабораторной работе № 8

1. В чем состоят особенности при теплоотдаче газов с теплопередающими поверхностями?

2. Как эти особенности сказываются на конструкциях теплообменных аппаратов?
3. Какая характеристика каналов при движении сред принимается за характерный линейный размер, если их форма отлична от круглой, и как она определяется?
4. Величина какого критерия подобия определяет в большей степени интенсивность теплоотдачи при вынужденном движении сред (газов или жидкостей) у теплообменной поверхности?
5. Каким критерием входящим в критериальное уравнение в случае теплоотдачи к газу (или от газа) можно пренебречь в инженерных расчетах и почему?

Критерии и шкалы оценивания

При выполнении лабораторных работ оцениваются:

- умение самостоятельно пользоваться справочной и методической литературой, лекционными материалами;
- умение пользоваться приборами;
- правильные ответы на контрольные вопросы при защите лабораторных работ;
- грамотное оформление отчета по лабораторным работам.

Максимальный балл 30 по всем лабораторным работам (или 10 баллов за раздел)

Объем выполненных работ	баллы
81 – 100 %	26-30
51 – 80 %	16-25
0 – 50 %	0-15

2.3.2 Вопросы к экзамену, 4 семестр.

1. Теплопроводность. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
2. Понятие температурного поля. Градиент температур. Тепловой поток.
3. Теплопроводность плоской однослойной стенки
4. Теплопроводность плоской многослойной стенки

5. Теплопроводность однослойной цилиндрической стенки
6. Теплопроводность многослойной цилиндрической стенки
7. Теплопроводность сферической стенки и тел неправильной формы
8. Теплопроводность плоской стенки с внутренними источниками тепла
9. Теплопроводность круглого стержня с внутренними источниками тепла
10. Теплопроводность цилиндрической стенки с внутренними источниками тепла
11. Понятие о конвективном теплообмене.
12. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
13. Дифференциальное уравнение движения.
14. Дифференциальное уравнение сплошности.
15. Краевые условия для процессов конвективного теплообмена
16. Граничные условия для процессов теплопроводности
17. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Критерии Био и Фурье.
18. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности твердой стенки.
19. Дифференциальное уравнение нестационарной теплопроводности цилиндра и шара.
20. Теория подобия. Теоремы подобия.
21. Условия подобия и критерии подобия конвективного теплообмена при вынужденном движении теплоносителя
22. Условия подобия и критерии подобия конвективного теплообмена при естественной конвекции
23. Критерии и уравнения подобия. Критериальный расчет теплоотдачи
24. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности (пластины). Пограничный слой
25. Теплоотдача при течении жидкости в трубах (при ламинарном и турбулентном режимах течения).
26. Теплоотдача при естественной конвекции (в неограниченном и ограниченном пространстве)
27. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы.
28. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб.

29. Законы теплового излучения

30. Лучистый теплообмен между телами. Тепловое излучение газов.

Критерии и шкалы оценивания

0-10 баллов – студент не смог продемонстрировать ключевые знания, умения и навыки по дисциплине.

11-20 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, но не смог продемонстрировать глубокого понимания предмета изучения.

21-30 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, продемонстрировал, в основном, глубокое понимание материала.

31-40 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, глубокое всестороннее понимание материала.

Критерии оценки знаний по дисциплине:

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69			удовлетворительно	E
60-64	F			неудовлетворительно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

Зачтено «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные

задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Зачтено «Удовлетворительно»- теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Зачтено «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

Не зачтено «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.

5 СЕМЕСТР

2.2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ.

2.3.1 Тесты

- выполняется 20 мин.,
- максимальный балл 10.

Тест № 1

1. Теплообменом называется

а) процесс переноса теплоты; б) скорость потока; в) процесс переноса массы

2. Является ли тепловое излучение теплообменом?

а) является; б) не является; в) частично

3. Теплоотдача - это

а) перенос тепла от одного (горячего) теплоносителя к другому (холодному) через твердую стенку.

б) процесс переноса тепла от охлаждаемой поверхности к теплоносителю

в) процесс переноса массы теплоносителей через разделяющую их стенку

4. Теплопередача - это

а) перенос тепла от одного (горячего) теплоносителя к другому (холодному) через твердую стенку.

б) процесс переноса тепла от охлаждаемой поверхности к теплоносителю

в) процесс переноса массы теплоносителей через разделяющую их стенку

5. Коэффициент теплообмена имеет размерность

а) $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} \cdot \text{К}$; б) $\text{Вт} \cdot \text{м} / \text{К}$; **в) $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-2} / \text{К}$.**

6. Процесс переноса тепла в тепловом пограничном слое определяется

а) теплопроводностью; б) температурой; в) теплоотдачей

7. Критерий Рейнольдса характеризует

а) соотношение между силами инерции и силами вязкости.

б) соотношение теплоотдачи и теплопроводности в виде отношений термических сопротивлений

в) соотношение подъемной силы, возникающей при тепловом расширении и силами вязкости

8. Критерий Нуссельта характеризует

а) соотношение между силами инерции и силами вязкости.

б) соотношение теплоотдачи и теплопроводности в виде отношений термических сопротивлений

в) соотношение подъемной силы, возникающей при тепловом расширении и силами вязкости

9. Критерий Грасгофа характеризует

а) соотношение между силами инерции и силами вязкости.

б) соотношение теплоотдачи и теплопроводности в виде отношений термических сопротивлений

в) соотношение подъемной силы, возникающей при тепловом расширении и силами вязкости

10. Закон Ньютона – Рихмана.

а) $q = k \cdot \Delta t$; б) $Fr = \frac{W^2}{gl}$; **в) $Q = \alpha \cdot \Delta t \cdot F \cdot \tau$**

11. Конвективным теплообменом называется
- а) интенсивность переноса тепла; **б) перенос тепла и вещества совместно с движущейся средой;** в) сопротивление переносу тепла
12. Гидродинамическим пограничным называется
- а) Область, в которой скорость жидкости замедляется под действием сил вязкости**
- б) Область вблизи стенки, где происходит основная часть изменения температуры
- в) Область, в которой происходит изменение фазового состояния жидкости
13. Тепловым пограничным слоем называется
- а) Область, в которой скорость жидкости замедляется под действием сил вязкости
- б) Область вблизи стенки, где происходит основная часть изменения температуры**
- в) Область, в которой происходит изменение фазового состояния жидкости
14. В каких пределах находится критерий Рейнольдса при ламинарном режиме течения жидкости?
- а) $Re > 4000$; **б) $Re < 2300$;** в) $2300 \ll Re \ll 4000$
15. В каких пределах находится критерий Рейнольдса при турбулентном режиме течения жидкости?
- а) $Re > 4000$;** б) $Re < 2300$; в) $2300 \ll Re \ll 4000$
16. При каком расположении труб в пучках будет эффективнее теплоотдача?
- а) при коридорном; **б) при шахматном;** в) в обоих случаях одинакова
17. Как влияет шероховатость на интенсивность теплообмена?
- а) снижает теплообмен; б) не влияет; **в) увеличивает**
18. Какими критериями определяется режим течения при свободной конвекции?
- а) Ra;** б) Nu; в) St

19. Конденсация – это

а) процесс перехода пара в жидкое состояние; б) процесс перехода жидкости в пар; в) процесс перехода жидкости в твердое состояние

20. Кипение – это

а) процесс перехода пара в жидкое состояние; **б) процесс перехода жидкости в пар;**

в) процесс перехода жидкости в твердое состояние

Тест № 2

1. Какой вид конденсации ухудшает теплообмен?

а) никакой не влияет; **б) пленочная;** в) капельная

2. Двухфазный поток будет термодинамически равновесным

а) при одинаковом давлении фаз; **б) при одинаковой температуре фаз;** в) при одинаковом расходе фаз

3. Сколько может быть режимов течения двухфазного потока в вертикальных трубах

а) три; **б) пять;** в) восемь

4. Сколько может быть режимов течения двухфазного потока в горизонтальных трубах

а) три; б) пять; **в) восемь**

5. Как изменяется теплообмен при введении газа в поток жидкости

а) увеличивается; б) уменьшается; в) не изменяется

6. Для чего нужна интенсификация теплообмена?

а) для уменьшения давления; **б) для увеличения тепловой мощности;** в) для увеличения скорости потока

7. Как влияют отложения на стенке трубы на теплообмен?

а) уменьшают; б) увеличивают; в) не влияют

8. Какой процесс называют «поверхностным кипением»?

а) кипение перегретой жидкости; **б) кипение недогретой жидкости;** в) кипение жидкости

9. При «поверхностном кипении» как изменяется интенсивность теплообмена?

а) уменьшается; **б) увеличивается;** в) не изменяется

10. Что называется паросодержанием

а) отношение расхода паровой фазы к расходу смеси; б) отношение расхода смеси к расходу паровой фазы; в) отношение расхода паровой фазы к расходу воды

11. Отношение объемного расхода паровой фазы к объемному расходу смеси называется

а) массовым расходным паросодержанием; б) истинным объемным паросодержанием;

в) объемным расходным паросодержанием

12. К какому типу теплообменных аппаратов относятся регенераторы

а) это не теплообменный аппарат; **б) поверхностного типа;** в) смешивающего типа

13. Уравнение теплового баланса при расчете теплообменников

а) $\bar{\Delta t} = \Delta t_{nm} \cdot \psi$; **б) $Q_1 = Q_2 + \Delta Q$;** в) $Q = \frac{k'' \Delta t'' - k' \Delta t'}{\ln \frac{k'' \Delta t''}{k' \Delta t'}}$

14. По какой формуле рассчитывается температурный напор

а) $\bar{k} = \sum k_i F_i / \sum F_i$; б) $Q = k \bar{\Delta t} F$; **в) $\bar{\Delta t} = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}{\ln(\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m)}$**

15. Где в парогенераторе осуществляется подогрев воды до температуры насыщения?

а) в испарителе; **б) в экономайзере;** в) в пароперегревателе

16. Где в парогенераторе осуществляется превращение воды в пар

а) в испарителе; б) в экономайзере; в) в пароперегревателе

17. Для чего проводится конструкторский расчет ПГ

- а) для определения размеров всех элементов парогенератора;**
- б) для определения тепловых и гидравлических режимов известной конструкции, размеры которой заданы;
- в) для определения параметров окружающей парогенератор среды

18. Для чего проводится поверочный расчет ПГ

- а) для определения размеров всех элементов парогенератора;
- б) для определения тепловых и гидравлических режимов известной конструкции, размеры которой заданы;**
- в) для определения параметров окружающей парогенератор среды

19. Что определяет коэффициент теплопередачи?

- а) интенсивность переноса тепла между средой и стенкой;
- б) интенсивность переноса тепла между средами;**
- в) интенсивность температуры между средами

20. Термическое сопротивление цилиндрической стенки зависит

- а) от диаметров трубопровода; б) от длины трубопровода; в) от материала трубопровода**

Критерии и шкалы оценивания

При выполнении теста оценивается выбор правильного ответа:

Объем выполненных заданий	баллы
81 – 100 %	26-30
51 – 80 %	16-25
0 – 50 %	0-15

2.3.2 Вопросы к экзамену (5 семестр)

1. Теплоотдача при обтекании плоской поверхности (пластины). Пограничный слой
2. Теплоотдача при течении жидкости в трубах при ламинарном режиме течения.
3. Теплоотдача при течении жидкости в трубах при турбулентном режиме течения.
4. Теплоотдача при естественной конвекции в неограниченном пространстве
5. Теплоотдача при естественной конвекции в ограниченном пространстве
6. Теплоотдача при поперечном обтекании одиночной трубы.

15. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб.
7. Теплообмен при кипении
8. Теплоотдача при конденсации пара
9. Сложный теплообмен и теплопередача.
10. Теплопередача через однослойную и многослойную плоскую стенки.
11. Теплопередача через однослойную и многослойную цилиндрические стенки.
12. Теплопередача через однослойную и многослойную сферические стенки.
13. Теплопередача через сложные стенки.
14. Интенсификация процессов теплопередачи.
15. Тепловая изоляция
16. Типы теплообменных аппаратов. Схемы движения рабочих сред в теплообменниках.
17. Порядок конструктивного и поверочного расчета теплообменника
18. Теплогидравлический расчет теплообменника
19. Процессы массообмена. Закон Фика.
20. Критерии подобия при массообмене.
21. Основные механизмы процесса диффузии.
22. Аналогия между диффузией и переносом тепла.
23. Массообмен между фазами.
24. Конвективный массообмен в пограничном слое.

Критерии и шкалы оценивания

- 0-10 баллов – студент не смог продемонстрировать ключевые знания, умения и навыки по дисциплине.
- 11-20 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, но не смог продемонстрировать глубокого понимания предмета изучения.
- 21-30 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, продемонстрировал, в основном, глубокое понимание материала.
- 31-40 баллов – студент продемонстрировал ключевые знания, умения и навыки, глубокое всестороннее понимание материала.

Критерии оценки знаний по дисциплине:

Итоговая сумма баллов	Оценка по 4-бальной шкале	Отметка о зачете	Оценка ECTS	Градация
90-100	отлично	зачтено	A	отлично
85-89	хорошо		B	очень хорошо
75-84			C	хорошо
70-74			D	удовлетворительно
65-69	удовлетворительно		E	посредственно
60-64			F	неудовлетворительно
ниже 60	неудовлетворительно	не зачтено	F	неудовлетворительно

Зачтено «Отлично» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Очень хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения большинства из них оценено числом баллов, близким к максимальному.

Зачтено «Хорошо» - теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками.

Зачтено «Удовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки.

Зачтено «Посредственно» - теоретическое содержание курса освоено частично, некоторые практические навыки работы не сформированы, многие предусмотренные программой обучения учебные задания не выполнены, либо качество выполнения некоторых из них оценено числом баллов, близким к минимальному.

Не зачтено «Неудовлетворительно» - теоретическое содержание курса освоено частично, необходимые практические навыки работы не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, либо качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному; при дополнительной самостоятельной работе над материалом курса возможно повышение качества выполнения учебных заданий.