Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 28.10.2026 07:35:48
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

р. ХМУ(б)-26

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

Кафедра холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой

КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНОЙ И ТОРГОВОЙ ТЕХНИКИ ИМЕНИ ОСОКИНА В.В.

_____ Ржесик К.А.

«09» февраля 2026 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по учебной дисциплине

Б1.О.22 ТЕПЛО- И МАССООБМЕН

(наименование дисциплины, практики)

Направление подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение

Образовательная программа высшего образования – программа бакалавриата

Профиль – Холодильные машины и установки

Разработчик:

Профессор, д-р техн.наук _____ Карнаух В.В.

ОМ рассмотрены и утверждены на заседании кафедры от «09» февраля 2026г., протокол № 24

Донецк 2026 г.

1. Паспорт

оценочных материалов по дисциплине
«Тепло- и массообмен»

Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины:

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины (модуля)	Этапы формирования (семестр изучения)
1	2	3	4	5
1.	ОПК-4	Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	Тема 1. Основные понятия тепло-и массообмена	4
			Тема 2. Теплопроводность плоской, цилиндрической и шаровой стенок при стационарном тепловом режиме.	4
			Тема 3. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	4
			Тема 4. Основы теории пограничного слоя.	4
			Тема 5. Основы теории подобия физических явлений.	4
			Тема 6. Частные случаи теплоотдачи.	4
			Тема 7. Передача теплоты излучением.	4
			Тема 8. Уравнение теплового баланса и теплопередачи.	4
			Тема 9. Определение средне логарифмического температурного напора	4
			Тема 10. Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	4
			Тема 11. Основные закономерности массопереноса.	4
			Тема 12. Числа подобия тепломассопереноса	4

2. Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания

Таблица 2.1 – Показатели оценивания компетенций

№ п/п	Код контроли-руемой компетен-ции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Контролируемые разделы (темы) дисциплины, практики	Наимено-вание оценочных средств
	ОПК-4	**ОПК-4.1** Демонстрирует понимание основных законов термодинамики. **ОПК-4.2** Выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности. **ОПК-4.3** Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа. **ОПК-4.4** Определяет параметры потоков рабочих сред. **ОПК-4.5** Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы. **ОПК-4.6** Проводит исследования и расчет процессов тепломассообмена в соответствии с заданной методикой	Тема 1. Основные понятия тепло-и массообмена	опрос, задачи
			Тема 2. Теплопроводность плоской, цилиндри-ческой и шаровой стенок при стац. тепловом режиме.	опрос, задачи
			Тема 3. Теплопроводность при нестационарном тепловом режиме.	опрос, задачи, тесты
			Тема 4. Основы теории пограничного слоя.	опрос, задачи
			Тема 5. Основы теории подобия физических явлений.	опрос, задачи, реферат
			Тема 6. Частные случаи теплоотдачи.	опрос, задачи
			Тема 7. Передача теплоты излучением.	опрос, задачи, контрольная работа
			Тема 8. Уравнение теплового баланса и теплопередачи.	опрос, задачи
			Тема 9. Определение средне логарифми-ческого температурного напора	опрос, задачи
			Тема 10. Классификация и расчет теплообменных аппаратов.	опрос, задачи, реферат
			Тема 11. Основные закономерности массопереноса.	опрос, задачи, контрольная работа
			Тема 12. Числа подобия тепломассопереноса	опрос, тесты, задачи

Таблица 2.2 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Опрос**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерии оценивания
2	ответ дан на высоком уровне (обучающийся в полной мере ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
1	ответ дан на среднем уровне (обучающийся в целом ответил на поставленный вопрос, привел аргументы в пользу своих суждений, допустив некоторые неточности и т.п.)
0	ответ дан на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, с ошибками, и т.п.); на неудовлетворительном уровне или не дан вовсе (обучающийся не готов, затрудняется ответить и т.п.)

Таблица 2.3 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Тесты**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	ответы на тестовые задания показали высокий уровень знаний (правильные ответы даны на 90-100 % вопросов/задач)
3-4	ответы на тестовые задания показали средний уровень знаний (правильные ответы даны на 75-89 % вопросов/задач)
1-2	ответы на тестовые задания показали низкий уровень знаний (правильные ответы даны на 60-74 % вопросов/задач)
0	ответы на тестовые задания показали неудовлетворительный уровень знаний (правильные ответы даны менее чем 60 %)

Таблица 2.4 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Реферат**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	реферат выполнен на высоком уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 85-100 %)
3-4	реферат выполнен на среднем уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта на 84-70 %)
1-2	реферат выполнен на низком уровне (правильные ответы даны на 69-50 % вопросов/задач)
0	реферат выполнен на неудовлетворительном уровне (учебно-исследовательская тема раскрыта ниже 50 %)

Таблица 2.5 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Задачи**»

Шкала оценивания	Критерий оценивания
2	решение задачи представлено на высоком уровне (обучающийся верно и в полной мере ответил на поставленные вопросы, аргументированно пояснил свое решение, привел профильные термины и дал им определения, и т.п.)
1	решение задачи представлено на среднем уровне (обучающийся в целом верно ответил на поставленные вопросы, допустив некоторые неточности, и т.п.)
0	решение задачи представлено на низком уровне (обучающийся допустил существенные неточности, ошибки, которые повлияли на результат и т.п.); на неудовлетворительном уровне (обучающийся неверно решил задачу); или не решил вовсе

Таблица 2.6 – Критерии и шкала оценивания по оценочному материалу «**Контрольная работа**»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	контрольная работа выполнена на высоком уровне (правильные ответы даны на 90-100% вопросов/задач)
3-4	контрольная работа выполнена на среднем уровне (правильные ответы даны на 75-89%вопросов/задач)
1-2	контрольная работа выполнена на низком уровне (правильные ответы даны на 60-74%вопросов/задач)
0	контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне (правильные ответы даны менее чем 60%)

3. Перечень оценочных материалов

№ п/п	Наименование оценочного материала	Краткая характеристика оценочного материала	Представление оценочного материала
1.	Опрос	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой учебной дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по дисциплине или определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2.	Тесты	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
3.	Задачи	Средство проверки, позволяющее оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей	Комплект задач
4	Контрольная работа	средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме, разделу или дисциплине.	комплект контрольных заданий по вариантам
5.	Реферат	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов

Перечень вопросов для опроса:

Модуль 1. Основы теплообмена. Теплопроводность

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Простые виды теплообмена.
2. Что такое температурное поле и градиент температуры, единицы измерения?
3. Исследование теплопроводности. Закон Фурье.
4. Физический смысл коэффициента теплопроводности.
5. Что такое термическое сопротивление при теплопроводности?
6. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при нестационарном режиме.

7. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при нестационарном режиме.
8. От каких факторов зависит значение коэффициента теплопроводности?
9. Чем отличаются условия однозначности для стационарного и нестационарного режимов?

Модуль 2. Конвективный теплообмен и тепловое излучение

10. Определение «конвективный теплообмен».
11. Закон Ньютона- Рихмана.
12. Что такое динамический пограничный слой и тепловой пограничный слой?
13. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. От каких факторов зависит значение коэффициента теплоотдачи?
14. Что называют критериями подобия, формулы и обозначение?
15. Сформулировать три теоремы подобия.
16. Какие критерии называют определяющими? Привести пример такого критерия.
17. Что такое метод приближенного моделирования и в чем его сущность?
18. Какие критерии относят к критериям теплового подобия? Их обозначение и смысл.
19. Что называют критериальным уравнением? Привести критериальное уравнение в общем виде.
20. Что влияет на возникновение свободной конвекции среды в процессе теплообмена?
21. Какие особенности теплообмена у нагретой поверхности плиты в неограниченном пространстве?
22. Описать ход процесса теплообмена при вынужденной течения жидкости в трубах. От каких факторов зависит этот процесс?
23. Что называют кипением в большом объеме и в потоке?
24. Какие существуют режимы кипения и их особенности? Что называют кризисом кипения?
25. От чего зависит максимальный диаметр парового пузырька при кипении воды в большом объеме и как его определить?
26. От каких факторов зависит интенсивность теплоотдачи при кипении воды в большом объеме и как они влияют на процесс?
27. Стадии кипения жидкости в трубах. Проанализировать их.
28. Критериальные уравнение для расчета теплоотдачи в кипящей жидкости в большом объеме. Проанализировать их.
29. Критериальные уравнение для определения теплоотдачи при кипении воды в трубах. Проанализировать их.
30. Условия возникновения пленочного кипения.
31. Какова природа энергии излучения?
32. Какие величины характеризуют электромагнитные колебания?
33. Классификация электромагнитных колебаний.
34. Какие лучи имеют свойство передавать энергию в форме теплоты?
35. На какие составляющие разделяется падающая лучистая энергия?
36. Что называют поглощающей, отражающей и пропускаемой способностью тела?
37. Что называют абсолютно черным телом, абсолютно белым, зеркальным и абсолютно прозрачным?
38. Какие спектры излучения твердых и газообразных тел?
39. Что называют излучательной способностью тела?
40. Что называют спектральной плотностью излучения?
41. Что называют серыми телами?
42. Поток эффективного излучения и его плотность. Результирующий поток излучения.

43. Закон Планка и его графическое изображение.
44. Закон Вина и закон Стефана - Больцмана.
45. Что называют степенью черноты тела? Сводная степень черноты системы.
46. Закон Ламберта.
47. Закон Кирхгофа и его анализ.
48. Тепловой поток излучения между двумя серыми поверхностями.
49. С какой целью используют экраны? Эффект от применения экранов.
50. Чем обусловлено излучения газов?

Модуль 3. Теплопередача

51. Уравнение теплопередачи, температурный напор и его изменение вдоль поверхности теплообменника.
52. Классификация теплообменных аппаратов.
53. Уравнения для теплового расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса.
54. Расходная теплоемкость теплоносителей и ее связь с изменением температуры теплоносителя в аппарате.
55. Средний температурный напор.
56. Как установить конечные и найти средние арифметические температуры теплоносителей в теплообменных аппаратах?
57. Определение перепадов температур теплоносителей для разных схем их взаимодействия. Водяной эквивалент
58. Типы теплового расчета теплообменных аппаратов: конструктивный и поверочный.
59. Особенности поверочного расчета теплообменника.
60. Оценка среднего температурного напора и ее использование.
61. Гидродинамический расчет теплообменника.
62. Определение гидравлических сопротивлений и полного падения давления теплоносителей в аппарате

Модуль 4. Массообмен

63. Общая характеристика и классификация массообменных процессов
64. Диффузия в бинарных смесях.
65. Плотность диффузионного потока массы. Закон Фика.
66. Что такое коэффициент диффузии?
67. Определение «массоотдача», «коэффициент массоотдачи».
68. Что такое «стефанов поток около полупроницаемой поверхности»?
69. Система дифференциальных уравнений тепло и массоотдачи. Тройная аналогия.
70. Тепло и массоотдача при конденсации пара из парогазовой смеси. Расчетные уравнения.
71. Уравнение Меркеля.

Тестовые задания:

1. К трем простым видам теплообмена относятся:

а) теплопроводность, теплоотдача, теплопередача;
б) теплопроводность, конвективный теплообмен, тепловое излучение;
в) теплопроводность, теплоотдача, конвективный теплообмен;
г) теплоотдача, тепловое излучение, конвективный теплообмен.

2. Процесс передачи тепла от одних материальных тел к другим в общем случае

называется:
а) тепловым излучением;
б) теплоотдачей;
в) теплопроводностью;
г) теплопередачей.

3. Теплопроводностью называют процесс:
а) передачи теплоты в газовых средах;
б) передачи теплоты в стационарных температурных полях;
в) молекулярного переноса теплоты в сплошной среде, обусловленный наличием градиента температуры;
г) переноса теплоты в вакууме.

4. Единицей измерения теплопроводности материалов является:
а) $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;
б) $\frac{Вт}{м^2 \cdot К^4}$;
в) $\frac{Вт}{м \cdot К}$;
г) $\frac{Вт}{м^2}$.

5. Если температура во всех точках пространства не изменяется с течением времени, то температурное поле называется:
а) однородное;
б) равновесное;
в) стационарное;
г) объемное.

6. Изотермическая поверхность - это:
а) геометрическое место точек, температура в которых не одинакова
б) геометрическое место точек, температура в которых стационарна
в) геометрическое место точек, температура в которых одинакова
г) геометрическое место точек, температура в которых не стационарна

7. Нестационарное трехмерное температурное поле описывается следующим уравнением:
а) $t = f(x, y, z)$;
б) $t = f(x, \tau)$;
в) $t = f(x, y, \tau)$;
г) $t = f(x, y, z, \tau)$.

8. Какое направление имеет вектор удельного теплового потока по закону теплопроводности (закон Фурье):
а) направление, перпендикулярное вектору градиента температуры;
б) направлен противоположно направлению вектора градиента температуры;
в) совпадает с направлением вектора градиента температуры;
г) не связан с вектором градиента температуры.

9. Вектор температурного градиента (grad t) направлен по нормали к изотермической

поверхности в сторону ...
а) увеличения температуры;
б) уменьшения температуры;
в) постоянной температуры;
г) не направлен по нормали.

10. Согласно Закону Фурье, вектор удельного теплового потока ...
а) $q = \alpha \Delta T$;
б) $\bar{q} = -\overline{grad\ T}$;
в) $\bar{q} = -grad\ T$;
г) $q = \frac{\lambda}{\delta} \Delta t$.

11. Какая зависимость описывает стационарное трехмерное температурное поле?
а) t = f (x, y, z)
б) t = f (x, τ)
в) t = f (x, y, τ)
г) t = f (x, y, z, τ)

12. В металлах передача теплоты осуществляется за счет:
а) колебаний молекулярной решетки;
б) колебаний молекул в межмолекулярном пространстве;
в) свободных электронов;
г) свободных атомов.

13. В жидкостях передача теплоты осуществляется за счет:
а) колебаний молекулярной решетки;
б) колебаний молекул в межмолекулярном пространстве;
в) столкновение молекул;
г) соприкосновения свободных молекул.

14. Величина равная количеству теплоты, проходящей через стенку площадью 1 м^2 за время 1с называется:
а) термическим сопротивлением стенки;
б) коэффициентом теплопередачи;
в) плотностью теплового потока;
г) мощностью теплового потока.

15. Количество теплоты, отдаваемое или принимаемое поверхностью стенки площадью F за время t = 1с называется:
а) плотностью теплового потока;
б) тепловым потоком;
в) термическим сопротивлением;
г) коэффициентом теплопередачи.

16. Количество теплоты, отдаваемое или принимаемое поверхностью стенки площадью F за время τ называется:
а) плотностью теплового потока;
б) тепловым потоком;

в) количеством теплоты, прошедшим через стенку;
г) термическим сопротивлением стенки

17. Как изменяется коэффициент теплопроводности для большинства металлов (Al, Mg, Zn, Fe и т.д.) с повышением температуры?
а) не изменяется;
б) уменьшается;
в) увеличивается;
г) свой вариант.

*18. Какой металл имеет наиболее высокий коэффициент теплопроводности ($\lambda \approx 410$ Вт / (м*К))?*
а) серебро;
б) золото;
в) чистая медь;
г) аллюминий.

19. Разместите материалы в порядке увеличения коэффициента теплопроводности:
а) стекло, минеральная вата, сталь, песок влажный;
б) минеральная вата, песок влажный, стекло, сталь;
в) минеральная вата, стекло, песок влажный, сталь;
г) песок влажный, сталь, минеральная вата, стекло.

20. Плотность теплового потока при передаче теплоты теплопроводностью определяется из выражения:
а) $q = \alpha \cdot (t_1 - t_2)$;
б) $q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2)$;
в) $q = c \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$;
г) $Q = c \cdot m \cdot (t_1 - t_2)$.

21. Количество теплоты, переданное через плоскую однослойную стенку теплопроводностью, определяется из выражения:
а) $\mathrm{Q} = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;
б) $\mathrm{Q} = (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;
в) $\mathrm{Q} = \alpha \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;
г) $Q = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \cdot F \cdot \tau$.

22. Термическое сопротивление однослойной плоской стенки определяется:
а) $R = \frac{1}{\alpha}$;
б) $R = \sum_{1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_i}$;
в) $R = \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda}$;

г) $R = \frac{\delta}{\lambda}$.

23. Плотность теплового потока в стационарном поле для теплопроводности определяется выражением:

а) $\bar{q}_T = -\lambda_{град} \cdot T$;

б) $\bar{q}_T = E \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_c}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{ж}}{100} \right)^4 \right]$;

в) $\bar{q}_T = -\lambda_{град} \cdot T$;

г) $\bar{q}_T = -\lambda \cdot F_{град} / T$.

24. Количество теплоты, переданное сложным теплопереносом, определяется по формуле:

а) $\Phi = k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F$;

б) $Q = k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;

в) $Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;

г) $Q = \frac{t_1 - t_2}{R} \cdot F \cdot \tau$.

25. Термическое сопротивление сложному теплопереносу определяется по формуле:

а) $R_{пол} = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + ... \frac{\delta_n}{\lambda_n} + \frac{1}{\alpha_2}$;

б) $R_{общ} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + ... \frac{\delta_n}{\lambda_n}$;

в) $R = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi}$;

г) $R = \frac{1}{k}$.

26. Коэффициент теплопередачи сложным теплопереносом определяется по формуле:

а) $k = \frac{\lambda}{\delta}$;

б) $k = \frac{1}{R}$;

в) $k_{пол} = \frac{1}{R_{пол}}$;

г) $k = \frac{1}{\alpha}$.

27. Термическое сопротивление многослойной стенки определяется по формуле:

а) $R = \frac{1}{\alpha}$;

б) $R = \sum_1^n \cdot \frac{\delta_i}{\lambda_i}$;

в) $R = \frac{\lambda}{\delta}$;

г) $R = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi}$.

28. Конвективным теплообменом называют процесс переноса теплоты:
а) обусловленный наличием градиента температуры;
б) в стационарных полях;
в) в вакууме;
г) осуществляемый подвижными объемами (макроскопическими элементами среды).

29. Свободная конвекция возникает за счет:
а) действия сторонних возбудителей насоса, вентилятора и др.;
б) разницы плотности нагретых и холодных потоков среды;
в) одновременным воздействием разницы температур и сторонних возбудителей;
г) исключительно природное явление.

30. Интенсивность конвективного теплообмена измеряется:
а) $\frac{Вт}{м^2 \cdot k}$;
б) $\frac{Вт}{м^2 \cdot k^4}$;
в) $\frac{Вт}{м \cdot k}$;
г) $\frac{Дж}{м^2 \cdot с \cdot k^4}$.

31. Интенсивность конвективного теплообмена оценивается:
а) коэффициентом теплопередачи;
б) коэффициентом поглощения;
в) коэффициентом интенсивности теплообмена;
г) коэффициентом теплоотдачи.

32. Турбулентное движение среды возникает за счет:
а) послойного, струйного перемещения частиц;
б) вихревого движения потоков воды;
в) под воздействием турбулизатора;
г) исключительно природное явление.

33. В процессах конвективного теплообмена критерий Нуссельта (Nu) является:
а) определяющим;
б) не определяемым;
в) определяемым;
г) не используется.

34. Критериальное уравнение, описывающее процессы теплообмена в свободной конвекции, имеет вид:
а) Nu = f (Gr, Pr);
б) Nu = f (Re, Pr);

в) Nu = f (Reш, Reг);
г) Nu = f (Re, Gr, Pr);

35. Плотность теплового потока в стационарном поле для конвективного теплообмена находятся из выражения:

а) $\bar{q}_к = -\frac{\lambda_{град}}{\delta} \cdot T$;
б) $\bar{q}_K = \alpha \cdot (T_c - T_{ж})$;
в) $\bar{q}_T = \alpha \cdot \Delta_{град} \cdot T$;
г) $\bar{q}_K = \alpha \cdot F \cdot (T_c + T_{ж})$.

36. Тепловой поток при передачи теплоты конвективным способом определяется как:

а) $\Phi = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж}) \cdot F$;
б) $\Phi = \mathrm{C}_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{I}{100}\right)^4 \cdot F$;
в) $\Phi = \frac{(t_1 + t_2) \cdot F}{R_{ст}}$;
г) $\Phi = \mathrm{k}_{\text{пол}} \cdot (\mathrm{t}_1 - \mathrm{t}_2) \cdot \mathrm{F}$.

37. Количество теплоты, отдаваемое или принимаемое поверхностью стенки, при конвективном теплообмене определяется выражением:

а) $\mathrm{Q} = \frac{t_1 - t_2}{R_{пол}} \cdot F \cdot \tau$;
б) $Q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$;
в) $\mathrm{Q} = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж}) \cdot \mathrm{F} \cdot \tau$;
г) $Q = k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F \cdot \tau$.

38. Термическое сопротивление конвективному теплообмену определяется по формуле:

а) $R = \frac{1}{k_{пол}}$;
б) $R = \frac{\delta}{\lambda}$;
в) $R = \frac{1}{\alpha}$;
г) $R = \frac{1}{k_{общ}}$.

39. Какой размер принимается для цилиндрической трубы, обдуваемой наружным воздухом, в качестве определяющего размера?
а) длина трубы;
б) внутренний диаметр трубы;
в) внешний диаметр трубы;
г) средний диаметр.

40. Какой физический смысл числа Прандтля равного единице Pr = 1?
а) гидродинамический пограничный слой численно равен тепловому пограничному слою;
б) гидродинамический пограничный слой отсутствует;
в) тепловой пограничный слой отсутствует;
г) тепловой пограничный слой во много раз превышает гидродинамический пограничный слой.

41. По абсолютному значению коэффициент теплоотдачи для труб, расположенных в шахматном порядке, ...:
а) больше коэффициента для труб, расположенных в коридорном порядке;
б) меньше коэффициента для труб, расположенных в коридорном порядке;
в) равен по значению коэффициенту для труб, расположенных в коридорном порядке;

42. На поверхности трубы, покрытой тонким слоем смазки, может иметь место только ...:
а) пленочно – капельная конденсация водяного пара;
б) капельная конденсация водяного пара;
в) пленочная конденсация пара.

43. Каким образом необходимо установить трубы теплообменника, чтобы увеличить коэффициент теплоотдачи?
а) под углом 45 °;
б) горизонтально;
в) вертикально;
г) под углом 30 °.

44. Как влияют неконденсируемые газы (воздух) в паре на процесс конденсации?
а) не влияют;
б) теплоотдача снижается, так как неконденсируемые газы препятствуют продвижению пара к стенкам;
в) коэффициент теплоотдачи увеличивается.

45. Как определяется удельный тепловой поток, переносимый теплопроводностью?
а) $q = \Delta t / R$;
б) $Q = \lambda F \dfrac{\Delta t}{\Delta n} \cdot \tau$;
в) $\Phi = F \dfrac{\Delta t}{\delta} \lambda$;
г) $Q = \tau\lambda \dfrac{\Delta t}{\delta}$.

46. Как определяется тепловой поток, переносимый теплопроводностью через многослойную плоскую стенку?
а) $\Phi = \tau \cdot F \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}}$;

б) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}} F$;

в) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}} \tau$;

г) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{\delta_i}{\lambda_i}}$.

47. Как определяется тепловой поток, проходимый через цилиндрическую многослойную стенку?

а) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\dfrac{1}{2\lambda} \ln \dfrac{d_2}{d_1}}$;

б) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{1}{2\lambda_i} \ln \dfrac{d_{i+1}}{d_2}}$;

в) $\Phi = \dfrac{2\pi l \Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{1}{\lambda_i} \ln \dfrac{d_{i+1}}{d_i}}$;

г) $\Phi = \dfrac{\Delta t}{\sum\limits_{i=1}^{n} \dfrac{1}{2\lambda_i} \ln \dfrac{d_{i+1}}{d_i}}$;

48. Число теплового подобия Нуссельта это:

а) $Nu = \dfrac{\alpha \cdot d}{\lambda}$;

б) $Nu = \dfrac{\alpha \cdot \lambda}{l}$;

в) $Nu = \dfrac{\alpha \cdot c}{\lambda}$;

г) $Nu = \dfrac{\omega \cdot l}{\lambda}$.

49. Число теплового подобия Прандтля – это:

а) $Pr = \dfrac{\lambda}{\alpha}$;

б) $Pr = \dfrac{vl}{\alpha}$;

в) $Pr = \frac{\alpha \cdot l}{v}$;

г) $Pr = \frac{v}{\alpha}$.

50. Число гидродинамического подобия Рейнольдса – это:

а) $Re = \frac{v \cdot \alpha}{a}$;

б) $Re = \frac{\omega \cdot d}{v}$;

в) $Re = \frac{\alpha \cdot l}{v}$;

г) $Re = \frac{\omega \cdot l}{a}$.

51. Число гидродинамического подобия Грасгофа – это:

а) $Gr = \frac{g \cdot \Delta t \cdot l^3}{v^2}$;

б) $Gr = \frac{\beta \cdot \Delta t \cdot d^3}{a^2}$;

в) $Gr = \frac{g \cdot \Delta t \cdot d^3}{T \cdot v^2}$;

г) $Gr = \frac{\beta \cdot \Delta t \cdot l^3}{v}$.

52. Какое выражение имеет критериальное уравнение, описывающее теплообмен конвекцией при вынужденном движении воды в трубе?

а) $Nu = c\, Re_n\, Pr_m\, Gr_k \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{\frac{1}{4}}$;

б) $Nu = c\, Re_m\, Pr_n \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ст}}{\mathrm{Pr}_{ж}}\right)^{0,25}$;

в) $Nu = c\, Re_n\, Prж_{\,m} \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0,25}$;

г) $Nu = c\, Re\, Pr \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{\frac{1}{4}}$.

53. Какое критериальное уравнение описывает теплообмен при свободной конвекции в неограниченном пространстве?

а) $Nu = c\, Gr_n\, Pr_m \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{ст}}\right)^{0,25}$;

б) $Nu = c\,(Gr\,Pr)_n\left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{cm}}\right)^{\frac{1}{4}}$;

в) $Nu = c\,Re^n\,Gr_m\,Pr_k\left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{cm}}\right)^{0,25}$;

г) $Nu = c\,Pr_n\,Gr_m\left(\frac{\mathrm{Pr}_{cm}}{\mathrm{Pr}_{ж}}\right)^{\frac{1}{4}}$.

54. Какой физический смысл числа Прандтля Pr = 0,71?
а) гидродинамический пограничный слой численно равен тепловому пограничному слою;
б) гидродинамический пограничный слой отсутствует;
в) тепловой пограничный слой отсутствует;
г) гидродинамический пограничный слой численно больше теплового пограничного слоя.

55. Какое число подобия характеризует интенсивность свободного движения жидкости?

а) число Нуссельта $Nu = \frac{\alpha \cdot d_{экв}}{\lambda}$;

б) число Прандтля $\mathrm{Pr} = \frac{\nu}{a}$;

в) число Грасгофа $Gr = \frac{g \cdot l^3 \cdot \beta \cdot \Delta t}{\nu_{ж}^{\,2}}$;

г) число Фурье $Fo = \frac{a \cdot \tau}{l^2}$.

56. Какой параметр принимается как определяющий размер для цилиндрической трубы, внутри которой движется жидкость?
а) внутренний диаметр;
б) длина трубы;
в) внешний диаметр;
г) средний диаметр.

57. Какое уравнение описывает процесс движения жидкости в трубах при турбулентном режиме?

а) $Nu_{жd} = 0{,}43 \cdot \mathrm{Re}_{жd}^{0,5}$;

б) $Nu_{жl} = 0{,}15\left(Gr_{жl} \cdot \mathrm{Pr}_{ж}\right)^{0,33} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{cm}}\right)^{0,25}$;

в) $\mathrm{Re} = \alpha \cdot \Delta t \cdot \pi \cdot R \frac{4}{r \rho \nu}$;

г) $Nu_{жd} = 0{,}021\,\mathrm{Re}_{жd}^{0,8} \cdot \mathrm{Pr}_{ж}^{0,43} \cdot \left(\frac{\mathrm{Pr}_{ж}}{\mathrm{Pr}_{cm}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_l$.

58. Критерий Нуссельта является:
а) критерием гидродинамического подобие;

б) критерием теплового подобия;
в) критерием диффузионного подобия;
г) критерием нагрева тела.

59. Критерий конвективного переноса теплоты (число Стентона) характеризует:
а) увеличение теплообмена за счёт конвекции;
б) соотношение конвективного и молекулярного переносов теплоты;
в) соотношение скорости переноса теплоты и линейной скорости потока;
г) подобие скоростных и температурных полей.

60. Критерий Нуссельта характеризует:
а) физические свойства подвижной среды;
б) интенсивность теплоотдачи;
в) режим вынужденного движения;
г) подъемную силу при естественной конвекции.

61. В вакууме процесс переноса теплоты осуществляется:
а) теплопроводностью;
б) конвекцией;
в) тепловым излучением;
г) теплопередачей.

62. Теплообменные аппараты, служащие для передачи теплоты от горячего теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называются:
а) Смесительные;
б) Перекрёстные;
в) Регенеративные;
г) Рекуперативные.

63. Уравнение для расчета рекуперативных теплообменных аппаратов имеет вид:
а) $\Phi = k \cdot \Delta t_{ср} \cdot F$;
б) $\Phi = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100} \right)^4 \cdot F$;
в) $\Phi = \frac{(t_1 - t_2)}{R_{общ}} \cdot F$;
г) $q = k \cdot \Delta t$.

64. При конструктивном расчете теплообменных аппаратов поверхность теплообмена определяется из уравнения:
1) $F = \frac{\Phi}{k_{пол} \cdot \Delta t_{ср}}$;
2) $F = \frac{Q \cdot R_{пол}}{\Delta t_{ср} \cdot \tau}$;
3) $F = \frac{Q}{k_{пол} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \tau}$;
4) $F = \frac{\Phi}{\alpha \cdot (t_{СТ} - t_{Ж})}$.

65. Какой общий вид критериального уравнения для процессов теплообмена при

свободной конвекции?
а) Nu = f (Gr, Pr);
б) Nu = f (Re, Pr);
в) Nu = f (Reш, Reг);
г) Nu = f (Re, Gr, Pr).

66. Для которого ряда пучка труб коэффициент теплоотдачи принимает максимальное числовое значение?
а) для первого ряда;
б) для третьего ряда;
в) расположение по рядам не влияет на значение коэффициента теплоотдачи;
г) для второго ряда.

67. Коэффициент излучения энергии с поверхности тела характеризует:
а) интенсивность теплоотдачи;
б) интенсивность нагрева тела;
в) интенсивность поглощения энергии;
г) интенсивность излучения энергии.

68. Для серого тела коэффициент излучения определяется выражением:
а) $E = C_0 \cdot \varepsilon \cdot (\frac{T}{100})^4$;
б) $C = C_0 \cdot \varepsilon$;
в) $Д = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi}$;
г) $A = \frac{\Phi_{погл}}{\Phi}$.

69. Коэффициент отражения определяется выражением:
а) $Ä = \frac{\Phi_{пр}}{\Phi}$;
б) $R = \frac{\Phi_{отр}}{\Phi}$;
в) $A = \frac{\Phi_{погл}}{\Phi}$;
г) $R = \frac{1}{\alpha}$.

70. Если коэффициент проницаемости тела равен 1, то тело называется:
а) абсолютно белым;
б) серым;
в) абсолютно прозрачным;
г) абсолютно черным.

71. Если коэффициент отражения равен 1, то тело является:
а) абсолютно белым;
б) абсолютно черным;
в) абсолютно прозрачным;
г) серым.

72. Если коэффициент поглощения равен 1, то тело является:
а) абсолютно белым;
б) абсолютно черным;
в) абсолютно прозрачным;
г) серым.

73. Плотность потока энергии при передачи теплоты излучением определяется по формуле:
а) $\Phi = C_0 \cdot \varepsilon \cdot (\frac{I}{100})^4 \cdot F$;
б) $q = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж})$;
в) $q = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2)$;
г) $E = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$.

74. Мощность потока энергии при передачи теплоты излучением определяется по формуле:
а) $\mathrm{Q} = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \cdot F \cdot \tau$;
б) $\Phi = C_0 \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \cdot F$;
в) $\Phi = \frac{\lambda}{\delta} \cdot (t_1 - t_2) \cdot F$;
г) $\Phi = \alpha \cdot (t_{ст} - t_{ж}) \cdot F$.

75. Закон Стефана Больцмана при лучистом теплообмене представлен выражением:
а) $I = \frac{dE}{d\lambda}$;
б) $E_{ПАД} = E_A + E_R + E_Д$;
в) $E = \varepsilon \cdot c_0 \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4$;
г) $E_{ЭФ} = E + R + E_{ПАД}$.

76. Расположите указанные виды излучения в порядке увеличения длины волны:
а) космическое, тепловое, рентгеновские, радиоволны;
б) космическое, рентгеновские, тепловое, радиоволны;
в) космическое, радиоволны, рентгеновские, тепловое;
г) инфракрасное, тепловое, космическое.

77. Какому виду излучения соответствует длина волны λ = 0,4 ... 0,8мкм?
а) ультрафиолетовое;
б) инфракрасное;
в) γ-излучения;
г) дневной свет.

78. Лучистая энергия, приходящаяся на поверхность тела частично ...

а) отражается и поглощается;
б) поглощается и проходит сквозь тело;
в) отражается, поглощается и проходит сквозь тело;
г) отражается и проходит сквозь тело.

79. Для каких тел отражающая способность равна R = 1, а А = 0 и Д = 0?
а) для абсолютно белых и зеркальных тел;
б) для серых тел;
в) для абсолютно черного тела
г) для абсолютно прозрачных тел.

80. Какое из данных веществ диатермично (пропускает лучи, не нагреваясь)?
а) сухой воздух;
б) метиловый спирт;
в) слюда;
г) влажный воздух.

81. Поверхности светлого тона хорошо отражают только:
а) рентгеновские лучи;
б) световые лучи;
в) тепловые лучи;
г) ультрафиолетовые лучи.

82. По закону Вина $T \times \lambda$ max = ...
а) 2,9 мм.К;
б) 3,9 мм.К;
в) 39 мм.К;
г) 1,9 мм.К;

83. Постоянная Планка это следующая величина:
а) со=5,67 Вт/(м2.К4);
б) к=1,38 . 10-23 Дж/К;
в) с1 = 3,74 . 10-16 Вт . м2;
г) h = 6,62 . 10-34 Дж.с;

84. Коэффициент излучения любого серого тела (с) зависит от:
а) только от температуры тела;
б) от природы тела и его температуры;
в) состояния поверхности излучения и температуры тела;
г) природы тела, состояния поверхности излучения, температуры тела и длины волны.

85. Течение жидкости в трубах:
а) не может переходящим;
б) не может быть турбулентным;
в) не может быть переходным;
г) может быть переходным.

86. Для реализации процесса теплообмена:
а) используют шахматное и распределенное расположение труб;
б) используют шахтное и распределенное расположение труб;
в) используют шахматное и коридорное расположение труб;
г) используют шахматное и коридинорное расположение труб.

87. Опытным путем установлено, что:
а) значение коэффициента теплопроводности второго и третьего ряда труб выше, чем первого;
б) значение коэффициента теплопередачи второго и третьего ряда труб выше, чем первого;
в) значение коэффициента теплоотдачи второго и третьего ряда труб выше, чем первого;
г) значение коэффициента температуры второго и третьего ряда труб выше, чем первого.

88. Начиная с (со):
а) первого ряда труб коэффициент теплоотдачи становится постоянным;
б) второго ряда труб коэффициент теплопередачи становится постоянным;
в) четвертого ряда труб коэффициент теплопроводности становится постоянным;
г) третьего ряда труб коэффициент теплоотдачи становится постоянным.

89. Тела, поглощающая способность которых не зависит от длины волны:
а) называются абсолютно черными телами;
б) называются абсолютно серыми телами;
в) называются серыми телами;
г) называются абсолютно черными газами.

90. В законе Стефана-Больцмана лучеиспускательная способность тела Е:
а) прямо пропорциональна температуре во второй степени;
б) прямо пропорциональна температуре в четвертой степени;
в) обратно пропорциональна температуре во второй степени;
г) прямо пропорциональна температуре в четвертой степени.

91. По какой формуле определяется коэффициент теплопередачи для однослойной цилиндрической стенки?

а) $k = \left(\frac{1}{\alpha_1 d_1} + \frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1} + \frac{1}{\alpha_2 d_2} \right)^{-1}$;

б) $k = \left(\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \right)^{-1}$;

в) $k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2} \cdot \frac{F_1}{F_2}}$;

г) $R = \frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$.

92. Теплообменником называют аппарат, предназначенный:
а) для отвода теплоты от теплоносителей;
б) для подвода теплоты к теплоносителям;
в) для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его отвода от другого теплоносителя;
г) для сообщения теплоты одному из теплоносителей в результате его сообщения к другому теплоносителю.

93. Как классифицируются теплообменные аппараты по принципу действия?
а) прямоточные, поперечноточные, перекрестного движения;
б) рекуперативные, смешанные, регенеративные;

в) пластинчатые, спиральные, трубчатые;
г) периодического действия, непрерывной действия.

94. Рекуперативным называется теплообменник, у которого:
а) происходит передача теплоты от одного теплоносителя к другому;
б) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их границу раздела;
в) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку;
г) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их жидкость.

95. Регенеративным называется теплообменник, у которого:
а) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку;
б) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется при непосредственном их контакте;
в) горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом и отдает ему теплоту, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом;
г) горячий теплоноситель взаимодействует с твердым телом и реагирует с теплотой, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом.

96. Смесительным называется теплообменник, у которого:
а) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется через разделяющую их твердую стенку;
б) передача теплоты от одного теплоносителя к другому осуществляется их непосредственным соприкосновением;
в) горячий теплоноситель соприкасается с твердым телом и отдает ему теплоту, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом;
г) горячий теплоноситель взаимодействует с твердым телом и реагирует с теплотой, далее холодный теплоноситель соприкасается с твердым телом и воспринимает теплоту, аккумулированную твердым телом.

97. Если в теплообменнике горячая и холодная жидкости протекают:
а) параллельно и в одном направлении, то такая схема называется противоточной;
б) параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется прямоточной;
в) параллельно и в одном направлении, то такая схема называется прямоточной;
г) параллельно и в разных направлениях, то такая схема называется приточной.

98. Для прямотока:
а) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости;
б) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости;
в) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости;
г) конечная температура холодной жидкости всегда выше начальной температуры горячей жидкости.

99. Для противотока:
а) конечная температура холодной жидкости всегда выше конечной температуры горячей жидкости;
б) конечная температура холодной жидкости всегда равна конечной температуры горячей жидкости;
в) конечная температура холодной жидкости всегда ниже конечной температуры горячей жидкости;
г) конечная температура холодной жидкости всегда выше начальной температуры горячей жидкости.

100. По какой формуле определяется середнелогарифмический температурный напор при расчете теплообменных аппаратов?
а) $\Delta t_{вх} = t_1^{'} - t_2^{'}$;
б) $\Delta t_{вых} = t_1^{''} - t_2^{'}$;
в) $\Delta t_{ср} = \dfrac{\Delta t_{вх} - \Delta t_{вых}}{\ln \dfrac{\Delta t_{вх}}{\Delta t_{вых}}}$;
г) $\dfrac{\Delta t_1}{\Delta t_2} = \dfrac{m_2 \cdot C_{p2}}{m_1 \cdot C_{p1}}$.

101. Какие единицы измерения имеет коэффициент массопереноса β?
а) $\dfrac{Вт}{(м\ К)}$;
б) $\dfrac{Вт}{(м^2 К)}$;
в) не имеет единиц измерения;
г) $\dfrac{кг}{(м^2 с)}$.

102. Что является движущей силой процесса массопередачи?
а) разница концентраций;
б) разница парциальных давлений;
в) разница температур;
г) разница плотностей.

103. По какой формуле определяется диффузное число Нуссельта:
а) $Nu = \dfrac{\alpha \cdot d_{экв}}{\lambda}$;
б) $Nu = f\,(Re, Gr, Pr)$;
в) $Nu_д = \dfrac{\beta \cdot l}{D}$;
г) $Nu = f\,(Gr, Pr)$.

Перечень тем рефератов:

1. Что представляет собой теория подобия? Какие явления могут быть подобными? Применимость теорем подобия.
2. Какие особенности теплообмена у нагретой поверхности плиты в неограниченном

пространстве?
3. Описать ход процесса теплообмена при вынужденном течении жидкости в трубах. От каких факторов зависит этот процесс?
4. Что называют кипением в большом объеме и в потоке?
5. Стадии кипения жидкости в трубах. Проанализировать их.
6. Критериальные уравнения для анализа теплоотдачи во время кипения жидкости в большом объеме.
7. Критериальные уравнение для анализа теплоотдачи при кипении воды в трубах.
8. Условия возникновения пленочного кипения. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при пленочном кипении.
9. Проанализировать характер изменения теплового потока и коэффициента теплоотдачи от температурного напора при кипении воды в условиях свободной конвекции.
10. Области применения энергии излучения?
11. Классификация электромагнитных колебаний. Какие величины характеризуют электромагнитные колебания?
12. Теплообменные аппараты, их типы. Расчет теплообменных аппаратов.
13. Как установить конечные и найти средние арифметические температуры теплоносителей в теплообменных аппаратах?
14. Определение перепадов температур теплоносителей для разных схем их взаимодействия. Водяной эквивалент.
15. Процессы тепло- и массообмена в непрямых испарительных охладителях.
16. Процессы тепло- и массообмена в прямых испарительных охладителях.
17. Характеристика и область применения микроканальных теплообменников.
18. Тройная аналогия уравнений диффузии, энергии и движения.
19. Анализ расчета процесса охлаждения пищевых продуктов в воздушной среде.
20. Решение задач теплопроводности в системах с подвижной границей раздела между фазами. открытых термодинамических систем.
21. Расчет и подбор ТОА для пастеризации пищевых продуктов.
22. Примеры тепло- и массообменных процессов на пищевом производстве.

Задачи:

1. Для уменьшения потерь холода через стенки испарителя холодильного устройства запроектированы два варианта конструкции изоляции различной толщины.
   1-ый вариант: корковая пластина (λ=0,042 Вт/(м·К), δ=16 мм);
   войлок шерстяной (λ=0,052 Вт/(м·К), δ=32 мм);
   линолеум (λ=0,186 Вт/(м·К), δ=4 мм).
   2-ой вариант: стеклянная вата (λ=0,04 Вт/(м·К), δ=40 мм);
   фанера сосновая (λ=0,106 Вт/(м·К), δ=5 мм);
   лак асфальтовый (λ=0,7 Вт/(м·К), δ=2 мм).
   Рассчитать, какой вариант изоляции лучший в теплотехническом отношении. Стенку аппарата принять плоской.
2. Определить разность температур на наружной и внутренней поверхности стальной стенки парового котла, работающего при манометрическом давлении 19 бар. Толщина стенки котла 20 мм, температура воды, поступающей в котел 46°С. С 1м^2 поверхности котла снимается 25 кг/часов сухого насыщенного пара. Коэффициент теплопроводности стали λ=50Вт/(м·К). Барометрическое давление 750 мм рт.ст. Стенку котла считать плоской.
3. Вычислить среднее значение коэффициента теплоотдачи и количество теплоты, отдаваемого поверхностью пластины, которая омывается продольным потоком воздуха. Скорость и температура набегающего потока равны соответственно 200 м/с и 30°С. Температура поверхности пластины 90°С. Длина пластины вдоль потока 120 мм, а ее ширина 200 мм.

4. Теплообменник для охлаждения воды представляет собой бак, внутри которого размещен змеевик. По змеевику циркулирует раствор хлористого натрия. Радиус змеевика 0,6 м, диаметр трубок змеевика 21 мм. Средние температуры внутренней поверхности трубы 0ºС и раствора минус 3ºС. Скорость движения раствора 1,2 г/с, концентрация раствора 11%. Определить общую длину змеевика, если тепловой поток, передаваемый раствора, равный 10 кВт. Физические характеристики раствора при минус 3ºС: $\lambda_ж$=0,55Вт/(м·К); $\nu_ж$=2,1·10^{-6} м^2/с; $Pr_ж$=15,2; при 0ºС $Pr_{ст}$ =13,4.
5. В котельной проложены два паропроводы диаметрами d_1=50 мм и d_2=150 мм. Оба паропровода имеют одинаковую температуру поверхности 450 °С. Температура окружающего воздуха 50 °С. Паропроводы проложены друг от друга на расстоянии, исключающие взаимное тепловое влияние. Найти отношение коэффициентов теплоотдачи и удельных затрат с 1 пог. м. паропровода.
6. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи со стороны сухого насыщенного пара аммиака, конденсирующегося на поверхности горизонтального кожухотрубного конденсатора. Конденсация осуществляется холодной водой с температурой 21 ºС, давление конденсации 10атм. Диаметр труб19×1,5мм. Расположение труб шахматное.
7. Определить расходы теплоты излучением с 1 м паропровода, если внешний диаметр паропровода d_1=0,3 м, коэффициент поглощения A_1=0,9, температура стенки t_1=450°С, температура окружающей среды t_2=50°С (излучение в неограниченном пространстве).
8. Паропровод с внешним диаметром 200 мм расположен в большом помещении с температурой воздуха 30°С. Температура поверхности паропровода 400°С. Определить тепловые потери с единицы длины паропровода за счет излучения и конвекции. Степень черноты поверхности принять равной 0,8. Температуру стен помещения можно считать равной температуре воздуха в помещении.
9. Стальной трубопровод ($\lambda_{ст}$=45,4 Вт/(м·К)) диаметром 76×3 мм, по которому холодный солевой раствор поступает из машинного отделения в холодильные камеры, на участке длиной 10 м проходит через помещение, где температура воздуха 25°С. Для уменьшения притока теплоты к раствору, трубопровод изолирован слоем пробки (λ=0,0465 Вт/(м·К)) толщиной 40 мм. Во избежании попадания влаги из воздуха в изоляцию ее покрывают слоем гидроизоляционной мастики (λ=0,174 Вт/(м·К)) толщиной 3 мм. Рассчитать потери холода на трубопроводе за 10 часов и температуры на внутренней и внешней поверхностях изоляции при средней температуре раствора минус 15°С, коэффициентах теплоотдачи со стороны раствора 1510 Вт/(м^{2}К) и со стороны воздуха 9,3 Вт/(м^{2}К).
10. В трубчатом пароводяном теплообменнике сухой насыщенный водяной пар с давлением 3,5 бар конденсируется на наружной поверхности труб. Вода, движущаяся по трубам, охлаждается с 200°С до 90°С. Определить среднелогарифмический температурный напор в этом теплообменнике. Параметры пара принимать по таблице состояния воды и водяного пара.
11. В теплообменнике типа «труба в трубе» горячая вода движется по внутренней стальной трубе (λ = 40 Вт/(м·К)) наружным/внутренним диаметрами d_2/d_1 = 35/32 мм. Температура горячей воды на входе в теплообменный аппарат 95 °С. Скорость движения 0,5 м/с. Нагреваемая вода движется противотоком по кольцевому каналу со скоростью 1 м/с и нагревается от 15 °С до 55 °С. Средняя температура стенки трубы 50 °С. Внутренний диаметр внешней трубы 50 мм. Определить поверхность теплообмена.

Контрольная работа (аудиторная):

Задача 1

Трубопровод диаметром $d \times \delta_1$ и длиной L с коэффициентом теплопроводности λ_1=45,4 Вт/(м·К), в котором течет теплоноситель с температурой t_1, покрыт двухслойной изоляцией: слой стекловаты (δ_2, λ_2=0,038Вт/(м·К)) и слой мипоры (δ_3, λ_3 =0,041 Вт/(м·К)). Учитывая то, что α_1 и α_2 – коэффициенты теплоотдачи, $t_{ср.}$ – температура окружающей среды, определить линейные коэффициенты термического сопротивления, линейную плотность теплового потока с изоляцией и без нее, температуру на границе соприкосновения слоев изоляции. Сравнить тепловые потоки до и после нанесения изоляции.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные к задаче 1

Предпоследняя цифра шифра	Диаметр, мм	Толщина трубы, мм	Толщина стекловаты, мм	Толщина мипори, мм	Температура теплоносителя, °С	Последняяцифра шифра	Длина трубы, мм	Температура среды, °С	Коэффициент тепло-отдачи, Вт/(м^2 К)	Коэффициент тепло-отдачи, Вт/(м^2 К)
	d	δ_1	δ_2	δ_3	t_1		L	$t_{сер.}$	α_1	α_2
0	40	5	14	12	22	0	2,5	-3	5	50
1	57	5	14	10	20	1	3,0	0	7	120
2	38	3	16	15	23	2	2,0	-5	8	100
3	60	5	15	14	25	3	1,0	-5	16	250
4	76	5	15	13	18	4	0,8	-10	9	157
5	85	5	16	15	16	5	4,0	-8	7	260
6	40	4	14	8	15	6	5,0	-7	10	240
7	66	4	14	12	14	7	1,8	-15	17	355
8	72	5	16	14	18	8	3,2	0	8	80
9	45	3	17	10	20	9	1,5	2	15	270

Задача 2

Трубчатый воздухонагреватель предполагается выполнить из труб диаметром d, расположенных в коридорном порядке с поперечным и продольными шагами $S_1=S_2=2,5d$. Количество труб в одном ряду поперек потока выбрано m, количество рядов n (см. рис. к задаче).

Температуры воздуха, поступающего в подогреватель, $t_{возд1}$ и на выходе из подогревателя $t_{возд2}$. Температура внешней поверхности труб задана и равна t_c. Какой длины должны быть трубы, чтобы при скорости воздуха в узком сечении пучка ωм/с количество теплоты, которое передается воздуху, составляло Q кВт.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные к задаче 2

Предпоследняя цифра шифра	Диаметр, мм	Количество труб	Количество рядов труб	Температура воздуха,		Последняя цифра шифра	Температура трубы,°С	Скорость воздуха, м/с	Количество теплоты, кВт
	d	m	n	$t_{возд.1}$	$t_{возд.2}$		t_c	ω	Q
0	35	5	4	17	60	0	130	6	200
1	40	6	4	20	80	1	150	10	125
2	50	8	6	15	60	2	120	8	100
3	60	5	5	25	85	3	130	6	200
4	45	7	5	23	75	4	140	9	150
5	55	8	6	18	70	5	155	7	160
6	65	6	4	20	85	6	135	10	140
7	35	5	4	17	60	7	110	7	155
8	40	9	6	30	90	8	115	8	180
9	50	7	7	25	70	9	125	5	170

Задача 3

В конденсаторе на горизонтальных трубах с внешним диаметром $d_{тр}$ конденсируется влага. Водяной пар со степенью сухости x, давлением $p_н$. Найти средний коэффициент теплоотдачи и количество пара, которое сконденсируется за один час 1 п.м. трубы, температура поверхности которой $t_{ст}$. Сравнить полученные результаты, при вертикальном расположении трубы. В обоих случаях режим течения пленки ламинарный.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 3

Предпоследняя цифра шифра	Внешний диаметр трубы,мм $d_{тр}$	Степень сухости x	Последняя цифра шифра	Давление пара, МПа $p_н$	Температура стенки, °С $t_{ст}$
0	4	310	0	15	550
1	8	350	1	17	580
2	6	330	2	14	570
3	10	420	3	18	550
4	9	360	4	20	610
5	13	310	5	18,5	630
6	12	440	6	16	550
7	3	340	7	17,5	640
8	11	320	8	15,5	530
9	5	430	9	17	600

Задача 4

Теплообменник типа «труба в трубе» изготовлен из внутренней стальной трубы длиной L, диаметром d_2/d_1 и внешней трубы диаметром D_3. Греющий теплоноситель с температурой t'_1 в количестве G_1 подается во внутреннюю трубу, а нагреваемый

теплоноситель, с температурой t'_2 в количестве G_2 поступает в наружную трубу, где нагревается на 40°С. Определить исходные температуры обоих теплоносителей и количество передаваемой теплоты по прямоточной и противоточной схеме движения. При расчете коэффициентов теплоотдачи со стороны греющей среды и нагреваемой жидкости, за определяющие принять входные температуры теплоносителей.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 4.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 4

Предпоследняя цифра	Греющий теплоноситель	G_1, кг/с	t'_1, °С	L, м	Последняя цифра	Среда, которая нагревается	G_2, кг/с	t'_2, °С	d_1, мм	d_2, мм	D_3, мм
0	Вода	1,5	95	6,0	0	Вода	1,25	15	50	56	76
1	Вода	1,6	90	2,0	1	Воздух	1,55	30	80	86	100
2	Водяной пар	3,0	200	1,5	2	Воздух	1,5	35	60	64	85
3	Вода	1,55	135	1,0	3	Вода	0,75	20	50	64	80
4	Водяной пар	2,65	300	2,5	4	Воздух	0,8	30	95	100	130
5	Вода	2,75	98	3,0	5	Вода	0,9	25	70	82	120
6	Дымовые газы	1,6	200	4,0	6	Воздух	1,2	35	45	51	70
7	Водяной пар	2,0	250	3,5	7	Вода	1,3	20	75	85	110
8	Дымовые газы	2,25	300	2,25	8	Воздух	0,45	33	63	73	91
9	Вода	3,25	160	3,8	9	Воздух	1,3	10	75	87	95

Вопросы к зачету с оценкой:

Модуль 1. Основы теплообмена. Теплопроводность

1. Основные понятия и определения теории теплообмена. Простые виды теплообмена.
2. Что такое температурное поле и градиент температуры, единицы измерения?
3. Исследование теплопроводности. Закон Фурье.
4. Физический смысл коэффициента теплопроводности.
5. Что такое термическое сопротивление при теплопроводности?
6. Теплопроводность плоской однослойной стенки при стационарном режиме.
7. Теплопроводность плоской многослойной стенки при стационарном режиме.
8. Теплопроводность цилиндрической однослойной стенки при нестационарном режиме.
9. Теплопроводность цилиндрической многослойной стенки при нестационарном режиме.
10. Каковы границы изменения теплопроводности для металлов, изоляционных материалов, строительных материалов, жидкостей и газов?
11. Границы значения коэффициента теплопроводности изоляционных материалов? Примеры.
12. От каких факторов зависит значение коэффициента теплопроводности?
13. Чем отличаются условия однозначности для стационарного и нестационарного режимов?

Модуль 2. Конвективный теплообмен и тепловое излучение

14. Определение «конвективный теплообмен».
15. Закон Ньютона- Рихмана.
16. Что такое динамический пограничный слой и тепловой пограничный слой?
17. Физический смысл коэффициента теплоотдачи. От каких факторов зависит значение коэффициента теплоотдачи?

18. Почему используют теорию подобия, теоремы подобия?
19. Что называют моделированием?
20. Что называют условиями однозначности и какие факторы к ним относятся?
21. Какие критерии и явления могут быть подобными?
22. Что называют критериями подобия, формулы и обозначение?
23. Сформулировать три теоремы подобия.
24. Какие критерии называют определяющими? Привести пример такого критерия.
25. Что такое метод приближенного моделирования и в чем его сущность?
26. Какие критерии относят к критериям теплового подобия? Их обозначение и смысл.
27. Что называют критериальным уравнением? Привести критериальное уравнение в общем виде.
28. Привести упрощенные критериальные уравнения для вынужденного и свободного движений среды.
29. Каким соотношением учитывают направление теплового потока?
30. Что влияет на возникновение свободной конвекции среды в процессе теплообмена?
31. Какие особенности теплообмена у нагретой поверхности плиты в неограниченном пространстве?
32. Описать ход процесса теплообмена при вынужденной течения жидкости в трубах. От каких факторов зависит этот процесс?
33. Что называют кипением в большом объеме и в потоке?
34. Какие существуют режимы кипения и их особенности? Что называют кризисом кипения?
35. Что называют критическими параметрами состояния при кипячении?
36. Описать процесс пузырькового кипения в большом объеме. Режимы кипения.
37. Что такое минимальный критический диаметр парового пузырька? От чего он зависит и как его определяют?
38. От чего зависит максимальный диаметр парового пузырька при кипении воды в большом объеме и как его определить?
39. От каких факторов зависит интенсивность теплоотдачи при кипении воды в большом объеме и как они влияют на процесс?
40. Стадии кипения жидкости в трубах. Проанализировать их.
41. Критериальные уравнение для расчета теплоотдачи в кипящей жидкости в большом объеме. Проанализировать их.
42. Критериальные уравнение для определения теплоотдачи при кипении воды в трубах. Проанализировать их.
43. Условия возникновения пленочного кипения.
44. Проанализировать характер изменения теплового потока и коэффициента теплоотдачи от температурного напора при кипении воды в условиях свободной конвекции.
45. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при пленочном кипении.
46. Привести формулы для определения коэффициента теплоотдачи для различных случаев пленочного кипения.
47. Какова природа энергии излучения?
48. Какие величины характеризуют электромагнитные колебания?
49. Классификация электромагнитных колебаний.
50. Какие лучи имеют свойство передавать энергию в форме теплоты?
51. На какие составляющие разделяется падающая лучистая энергия?
52. Что называют поглощающей, отражающей и пропускаемой способностью тела?
53. Что называют абсолютно черным телом, абсолютно белым, зеркальным и абсолютно прозрачным?
54. Какие спектры излучения твердых и газообразных тел?
55. Что называют излучательной способностью тела?

56. Что называют спектральной плотностью излучения?
57. Что называют серыми телами?
58. Поток эффективного излучения и его плотность. Результирующий поток излучения.
59. Закон Планка и его графическое изображение.
60. Закон Вина и закон Стефана - Больцмана.
61. Что называют степенью черноты тела? Сводная степень черноты системы.
62. Закон Ламберта.
63. Закон Кирхгофа и его анализ.
64. Тепловой поток излучения между двумя серыми поверхностями.
65. С какой целью используют экраны? Эффект от применения экранов.
66. Чем обусловлено излучения газов?

Модуль 3. Теплопередача

67. Уравнение теплопередачи, температурный напор и его изменение вдоль поверхности теплообменника.
68. Классификация теплообменных аппаратов.
69. Особенности конструкции пластинчатых ТОА: преимущества и недостатки.
70. Особенности конструкции спиральных ТОА: преимущества и недостатки.
71. Особенности конструкции трубчатых ТОА: преимущества и недостатки.
72. Конструктивные схемы теплообменников, основные схемы движения теплоносителей.
73. Уравнения для теплового расчета теплообменников. Уравнение теплового баланса.
74. Расходная теплоемкость теплоносителей и ее связь с изменением температуры теплоносителя в аппарате.
75. Средний температурный напор.
76. Как установить конечные и найти средние арифметические температуры теплоносителей в теплообменных аппаратах?
77. Определение перепадов температур теплоносителей для разных схем их взаимодействия. Водяной эквивалент
78. Типы теплового расчета теплообменных аппаратов: конструктивный и поверочный.
79. Особенности поверочного расчета теплообменника.
80. Гидродинамический расчет теплообменника.
81. Определение гидравлических сопротивлений и полного падения давления теплоносителей в аппарате

Модуль 4. Массообмен

82. Общая характеристика и классификация массообменных процессов
83. Диффузия в бинарных смесях.
84. Плотность диффузионного потока массы. Закон Фика.
85. Что такое коэффициент диффузии?
86. Определение «массоотдача», «коэффициент массоотдачи».
87. Что такое «стефанов поток около полупроницаемой поверхности»?
88. Система дифференциальных уравнений тепло и массоотдачи. Тройная аналогия.
89. Тепло и массоотдача при конденсации пара из парогазовой смеси. Расчетные уравнения.
90. Уравнение Меркеля.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков

Опрос позволяет оценить знания и кругозор обучающегося, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки. Опрос как важнейшее средство развития мышления и речи обладает большими возможностями воспитательного воздействия преподавателя. Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к экзамену.

Критериями оценки устного ответа являются: полнота представленной информации, логичность выступления, наличие необходимых разъяснений и использование формул и/или определений по ходу ответа, привлечение материалов современных научных публикаций.

Для оценки знаний обучающихся используют **тестовые задания** в закрытой форме, когда испытуемому предлагается выбрать правильный ответ из нескольких возможных. Каждый тест содержит 4 варианта ответа, среди которых только один правильный. Результат зависит от общего количества правильных ответов, записанных в бланк ответов.

Реферат как продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде (до 15 стр.) полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее. Раскрытие темы, предложенной в реферате, оценивается по 5-й шкале.

Письменная проверка знаний в виде решения **задач** осуществляется в аудиторной форме. Во время проверки и оценки задач проводится анализ результатов выполнения, выявляются типичные ошибки, а также причины их появления. Анализ задач проводится оперативно. При проверке задач преподаватель исправляет каждую допущенную ошибку и определяет полноту ответа, учитывая при этом четкость и последовательность изложения мыслей, наличие и достаточность пояснений, знания терминологии в предметной области. Решение задач оценивается по двухбалльной шкале.

Контрольная работа по дисциплине «Тепло- и массообмен» выполняется в аудиторной форме по итогам изучения каждого смыслового модуля. Аудиторная контрольная работа предполагает решение конкретной технической задачи по вариантам.

Время решения каждой задачи ограничивается 45 минутами. Критериями оценки такой работы становятся: использование системных единиц измерения, понимание заданного условия и использования в ответе правильных формул и нужных диаграмм (при необходимости), грамотность, логическая последовательность изложения решения. Контрольная работа оценивается по пятибалльной шкале.

Распределение баллов, которые получают обучающиеся
(для зачета с оценкой)

Текущее тестирование и самостоятельная работа, балл												**Сумма, балл**
Смысловой модуль 1			**Смысловой модуль 2**				**Смысловой модуль 3**			**Смысловой модуль 4**		
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9	Т10	Т11	Т12	
4	4	4	3	3	3	3	2	3	3	2	2	
15			**35**				**35**			**15**		**100**

Государственная шкала оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	**По государственной шкале**
90 - 100	5 «Отлично» / «зачтено»
75 - 89	4 «Хорошо» / «зачтено»
60 - 74	3 «Удовлетворительно» / «зачтено»
менее 60	2 «Неудовлетворительно» / «не зачтено»