

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце: **Федеральное государственное бюджетное образовательное**
ФИО: Цыбилов Бэлкит Батоевич **учреждение высшего образования**
Должность: Ректор **«Бурятская государственная сельскохозяйственная академия имени В.Р. Филиппова»**
Дата подписания: 29.06.2026 13:38:08
Уникальный программный ключ:
056af948c3e48c6f3c571e429957a8ae7b757ae8

Инженерный факультет

«СОГЛАСОВАНО»

Заведующий выпускающей кафедрой
Электрификация и автоматизация
сельского хозяйства

К.Т.Н., доцент

уч. ст., уч. зв.

Балданов М.Б.

подпись

24 апреля 2025 г.

«УТВЕРЖДЕНО»

Декан
Инженерный факультет

Д.Т.Н., доцент

уч. ст., уч. зв.

Кокиева Г.Е.

подпись

24 апреля 2025 г.

**Оценочные материалы
Дисциплины (модуля)**

Б1.О.21 Тепломассообмен

**Направление 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника
Направленность (профиль) Энергообеспечение предприятий**

Обеспечивающая преподавание дисциплины кафедра **Электрификация и автоматизация сельского хозяйства**

Квалификация **Бакалавр**

Форма обучения **очная**

Форма промежуточной аттестации **Зачет с оценкой, Экзамен**

Объем дисциплины в З.Е. **7**

Продолжительность в часах/неделях **252/ 0**

Статус дисциплины **относится к обязательной части блока 1 "Дисциплины" ОПОП**
в учебном плане **является дисциплиной обязательной для изучения**

Распределение часов дисциплины

Курс 3 Семестр 5, 6	Количество часов	Количество часов	Итого
Вид занятий	УП	УП	УП
Лекционные занятия	32	36	68
Лабораторные занятия	16	18	34
Практические занятия	16	36	52
Контактная работа	64	90	154
Сам. работа	44	27	71
Итого	108	144	252

Улан-Удэ, 2026 г.

ВВЕДЕНИЕ

1. Оценочные материалы по дисциплине (модулю) являются обязательным обособленным приложением к Рабочей программе дисциплины (модуля) и представлены в виде оценочных средств.
2. Оценочные материалы является составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися указанной дисциплины (модуля).
3. При помощи оценочных материалов осуществляется контроль и управление процессом формирования обучающимися компетенций, из числа предусмотренных ФГОС ВО в качестве результатов освоения дисциплины (модуля).
4. Оценочные материалы по дисциплине (модулю) включают в себя:
 - оценочные средства, применяемые при промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины (модуля).
 - оценочные средства, применяемые в рамках индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРО;
 - оценочные средства, применяемые для текущего контроля;
5. Разработчиками оценочных материалов по дисциплине (модулю) являются преподаватели кафедры, обеспечивающей изучение обучающимися дисциплины (модуля), в Академии. Содержательной основой для разработки оценочных материалов является Рабочая программа дисциплины (модуля).

Перечень видов оценочных средств

Перечень вопросов к зачету с оценкой
 Перечень вопросов к экзамену
 Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов
 Перечень дискуссионных вопросов
 Перечень тестовых заданий
 Кейс-задачи
 Лабораторная работа
 Перечень вопросов для защиты отчетов по лабораторной работе

Средства для промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины

Нормативная база проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:
 Тепломассообмен

1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА»

Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины (модуля)

1	2
Цель промежуточной аттестации -	установление уровня достижения каждым обучающимся целей обучения по данной дисциплине
Форма промежуточной аттестации -	Экзамен/диф. зачёт
Место экзамена в графике учебного процесса:	1) подготовка к экзамену и сдача экзамена осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на экзаменационную сессию для обучающихся, сроки которой устанавливаются приказом по академии
	2) дата, время и место проведения экзамена определяется графиком сдачи экзаменов, утверждаемым деканом факультета (директором института)
Форма экзамена -	(Письменный, устный)
Процедура проведения экзамена -	представлена в оценочных материалах по дисциплине
Экзаменационная программа по учебной дисциплине:	1) представлена в оценочных материалах по дисциплине 2) охватывает все разделы дисциплины

Основные характеристики промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины

1	2
Цель промежуточной аттестации -	установление уровня достижения каждым обучающимся целей обучения по данной дисциплине
Форма промежуточной аттестации -	Диф. зачет
Место процедуры получения зачёта в графике учебного процесса	1) участие обучающегося в процедуре получения зачёта осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на изучение дисциплины
	2) процедура проводится в рамках ВАРО, на последней неделе семестра
Основные условия получения обучающимся зачёта:	1) обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам

Перечень вопросов к зачету с оценкой

1. Передача теплоты в природе. Массоперенос .
2. Температурное поле
3. Градиент температуры .
4. Плотность теплового потока, закон Фурье .
5. Коэффициент теплопроводности .
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности .

7. Краевые условия (условия однозначности) .
8. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I-го рода .
9. Передача теплоты через плоскую стенку при коэффициенте теплопроводности, зависящем от температуры (ОПК-2, ОПК-3).
10. Передача теплоты через многослойную плоскую стенку при граничных условиях I-го рода .
11. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях III-го рода .
12. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях I-го рода .
13. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода .
14. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода .
15. Критический диаметр изоляции .
16. Теплопроводность в пластине при наличии внутренних источников теплоты .
17. Теплопроводность цилиндрического стержня при наличии внутренних источников теплоты .
18. Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников теплоты .
19. Теплопроводность тонкого стержня .
20. Плоская ребристая стенка с ребрами постоянного сечения .
21. Передача теплоты через круглое ребро постоянного сечения .
22. Передача теплоты через трапециевидные и треугольные ребра .
23. Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины .
24. Анализ полученного решения .
25. Количество теплоты, отдаваемое пластиной окружающей среде в процессе охлаждения .
26. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра .
27. Количество теплоты, отдаваемое цилиндром в процессе охлаждения .
28. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров .
29. Регулярный режим .
30. Методы решения задач стационарной теплопроводности .

Перечень вопросов к экзамену

1. Передача теплоты в природе. Массоперенос .
2. Температурное поле. .
3. Градиент температуры. .
4. Плотность теплового потока, закон Фурье. .
5. Коэффициент теплопроводности. .
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности. .
7. Краевые условия (условия однозначности). .
8. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I-го рода .
9. Передача теплоты через плоскую стенку при коэффициенте теплопроводности, зависящем от температуры. (ОПК-2, ОПК-3).
10. Передача теплоты через многослойную плоскую стенку при граничных условиях I-го рода .
11. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях III-го рода .
12. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях I-го рода.
13. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода.
14. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода. (ОПК-2, ОПК-3).
15. Критический диаметр изоляции. .
16. Теплопроводность в пластине при наличии внутренних источников теплоты. .
17. Теплопроводность цилиндрического стержня при наличии внутренних источников теплоты. .
18. Теплопроводность цилиндрической стенки при наличии внутренних источников теплоты. .
19. Теплопроводность тонкого стержня. .
20. Плоская ребристая стенка с ребрами постоянного сечения. .
21. Передача теплоты через круглое ребро постоянного сечения. .
22. Передача теплоты через трапециевидные и треугольные ребра. .
23. Охлаждение (нагревание) бесконечной пластины. .
24. Анализ полученного решения. .
25. Количество теплоты, отдаваемое пластиной окружающей среде в процессе охлаждения. .
26. Охлаждение (нагревание) бесконечно длинного цилиндра. .
27. Количество теплоты, отдаваемое цилиндром в процессе охлаждения. .
28. Охлаждение (нагревание) тел конечных размеров. .
29. Регулярный режим. .
30. Методы решения задач стационарной теплопроводности. .
31. Явный метод решения задач нестационарной. теплопроводности. Критерий устойчивости. .
32. Неявный метод решения задач нестационарной теплопроводности. .
33. Конвективный теплообмен. Основные понятия и определения. .
34. Уравнение сплошности. .
35. Уравнение движения. .
36. Уравнение энергии. .
37. Уравнение теплоотдачи. .
38. Краевые условия (условия однозначности). .

39. Особенности теплообмена при турбулентном течении. .
40. Критерии подобия и критериальные уравнения. .
41. Уравнения сохранения для пограничного слоя. .
42. Условия подобия физических процессов. .
43. Метод размерностей, Π - теорема. .
44. Определение средней по сечению скорости потока. .
45. Определение средней по сечению температуры потока в обогреваемом канале. .
46. Температурный напор при $q_w = \text{const.}$.
47. Температурный напор при $T_w = \text{const.}$.
48. Получение эмпирических уравнений в критериальном виде. .
49. Интегральное соотношение Кармана. .
50. Тепловой пограничный слой, уравнение Кружилина. .
51. Теплоотдача от плоской пластины при ламинарном режиме течения. .
52. Связь между коэффициентом теплоотдачи и трения, аналогия Рейнольдса. .
53. Обтекание пластины при турбулентном режиме течения. .
54. Течение в трубах. Связь между коэффициентами трения и сопротивления. .
55. Теплоотдача в трубе при ламинарном режиме течения. .
56. Теплоотдача в трубах с прямолинейной осью при турбулентном движении. .
57. Теплоотдача в изогнутых и шероховатых трубах. .
58. Теплоотдача при поперечном обтекании труб. .
59. Теплоотдача при поперечном обтекании пучков труб. .
60. Теплоотдача от вертикальной стенки. .
61. Теплоотдача от горизонтальных труб и проволочек при свободной конвекции. .
62. Теплоотдача жидких металлов. .
63. Теплоотдача при движении газа с большой скоростью. .
64. Теплообмен при конденсации пара. Основные положения. .
65. Теплоотдача при конденсации неподвижного чистого пара на вертикальной стенке при ламинарном режиме течения пленки (задача Нуссельта). .
66. Теплоотдача при конденсации чистого пара на вертикальной стенке при турбулентном режиме течения пленки. (ОПК-2, ОПК-3).
67. Теплоотдача на горизонтальных трубах и внутри труб. .
68. Теплообмен при кипении однородной жидкости. Режимы кипения. Условия зарождения парового пузырька. (ОПК-2, ОПК-3).
69. Связь между критическим радиусом пузырька и перегревом жидкости. .
70. Работа образования пузырька критического размера. .
71. Интенсивность образования пузырьков критического размера. .
72. Скорость роста пузырька. .
73. Отрывной диаметр пузырька. .
74. Пузырьковый режим кипения. .
75. Кризис кипения первого рода. .
76. Уравнение массопереноса. .
77. Уравнение энергии для 2-х компонентной смеси. .
78. Краевые условия. .
79. Массоперенос около полупроницаемой стенки, поток Стефана. .
80. Тройная аналогия.

Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку
6. Теплопроводность через шаровую поверхность
7. Теплопроводность тел произвольной формы
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности
9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенку
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода
11. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок
12. Теплопередача через шаровую поверхность при граничных условиях 3-го рода
13. Теплопередача прямого ребра переменного сечения
14. Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя
15. Пограничный слой. Критерий Прандтля
16. Уравнение конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи
17. Основы теории подобия. Вывод критерия Нуссельта
18. Критериальные уравнения
19. Конвекция при ламинарном течении жидкости в трубах
20. Конвекция при турбулентном течении жидкости в трубах
21. Теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы

22. Основные понятия теплового излучения
23. Законы излучения: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгоффа, Ламберта
24. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран
25. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета
26. Определения среднего логарифмического температурного напора
27. Теплообмен жидких металлов
28. Теплообмен при высоких скоростях движения газа
29. Конвекция при свободном движении газа
30. Теплообмен при кипении. Минимальный радиус пузырька
31. Теплообмен при конденсации
32. Тепло и массоперенос во влажных телах
33. Основные виды связи влаги с материалом
34. Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, суммарный массоперенос)
35. Критический диаметр цилиндрической стенки

Перечень дискуссионных вопросов

1. Теплопроводность плоского слоя при постоянном коэффициенте теплопроводности. Многослойная стенка
2. Теплопередача через однослойную и многослойную стенку.
3. Теплопередача через цилиндрическую и шаровую стенку.
4. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор тепловой изоляции цилиндра (шара).
5. Температурное поле в телах с внутренними источниками теплоты.
6. Температурное поле в ребре. Коэффициент эффективности ребра.
7. Расчет теплоотдачи (теплопередачи) оребренной поверхности теплообмена (плоская стенка, цилиндрическая поверхность).
8. Нестационарные задачи теплопроводности. Метод Фурье применительно к телам простой геометрии.
9. Расчет температурного поля в бесконечной пластине и цилиндре.
10. Расчет температурного поля в трехмерных телах простой геометрии. Количество теплоты, отданной телом в процессе охлаждения (нагрева)
11. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел.
12. Численное решение задач теплопроводности.
13. Методы подобия и размерностей в задачах теплопроводности и конвективного теплообмена. Числа подобия.
14. Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости.
15. Расчет теплоотдачи при внешнем обтекании тел.
16. Расчет теплоотдачи при течении жидкостей в каналах.
17. Особые случаи расчета теплоотдачи (теплоотдача жидких металлов, учет сжимаемости газа, сверхкритического состояния вещества).
18. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности и горизонтальной трубе. Ламинарное течение пленки конденсата
19. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности. Смешанный режим течения пленки конденсата. Учет дополнительных факторов при расчете теплоотдачи при конденсации.
20. Механизм кипения жидкостей. Расчет основных параметров кипящей жидкости.
21. Расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме. Кризис кипения первого рода.
22. Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризис кипения второго рода. Граничное паросодержание. Расчет запаса до кризиса кипения.
23. Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и проверочный расчеты рекуперативных теплообменников.
24. Поинтервальный расчет теплообменника.
25. Расчет теплообменников-смесителей и регенеративных теплообменников.
26. Законы теплового излучения абсолютно черного тела. Излучение (и поглощение) серых тел, реальных тел.
27. Расчет теплообмена излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения.
28. Зональный метод расчета излучения в замкнутой системе тел.
29. Определение степени черноты и поглощательной способности газового объема.
30. Расчет лучистого теплообмена в системе тело-оболочка в «сером» и «не сером» приближении.
31. Основы методов расчёта сложного теплообмена.
32. Концентрационная диффузия. Закон Фика.
33. Тепло- и массообмен при испарении (и конденсации пара) в парогазовую среду.

Перечень тестовых заданий

1. На долю какого вида теплообмена приходится основная часть переноса энергии при нагревании твердого тела в печи (например, при выпечке).
 1. На долю теплопроводности.
 2. На долю конвекции.
 3. На долю излучения
2. Перенос теплоты при соприкосновении частиц, имеющих различную температуру, называется:
 1. Теплопроводностью.

2. Конвекцией.
3. Излучением.
3. Назовите вид теплообмена, который возможен в условиях отсутствия вещества между телами (в вакууме).
1. Теплопроводность.
2. Конвекция.
3. Излучение.
4. Тепловой поток сильно зависит от температуры при теплообмене:
 1. В процессе конвекции.
 2. В процессе излучения.
 3. В процессе теплопроводности.
5. На рисунке показан график изменения температуры в цилиндрической стенке при $\lambda = \text{const}$. Как изменится этот график, если коэффициент теплопроводности будет уменьшаться с увеличением температуры.
 1. Изменится и примет вид 1.
 2. Не изменится.
 3. Изменится и примет вид 2.
6. Укажите вещества, которые могут использоваться в качестве тепловой изоляции.
 1. Твердые тела с $\lambda < 0.2 \text{ Вт/(м·К)}$.
 2. Твердые тела с $\lambda > 0.2 \text{ Вт/(м·К)}$.
 3. Газообразные тела, так как у них самый маленький коэффициент теплопроводности.
7. На рисунке представлен график изменения температуры в плоской стенке, состоящей из трех слоев. Как изменился тепловой поток через стенку из-за появления скачка температур на границе слоев 1 и 2. $(T'_2 - T''_2) > 0$
 1. Увеличился.
 2. Не изменился.
 3. Уменьшился.
8. Знак "минус" в записи закона Фурье выражает:
 1. Что чем больше градиент температуры, тем меньше плотность потока тепла.
 2. Что коэффициент теплопроводности отрицателен.
 3. Что вектор плотности теплового потока направлен противоположно вектору градиента температуры, т.е. в сторону уменьшения температуры.
9. При увлажнении коэффициент теплопроводности пористых материалов:
 1. Не изменяется.
 2. Уменьшается.
 3. Увеличивается.
10. Тепловой поток – это количество теплоты:
 1. Передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность.
 2. Передаваемое в единицу времени через единичную площадь.
 3. Проходящее в единицу времени через единичную площадь при градиенте температуры, равном единице
11. Какой слой многослойной стенки имеет наименьший коэффициент теплопроводности.
 1. Слой 1.
 2. Слой 3.
 3. Слой 2.
12. Градиент температуры - это:
 1. Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры.
 2. Количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
 3. Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равный производной от температуры по этому направлению.
13. При граничных условиях третьего рода задается:
 1. Распределение температуры по поверхности тела.
 2. Закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.
 3. Значение теплового потока для каждой точки поверхности тела.
14. Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К) характеризует:
 1. Способность вещества передавать теплоту.
 2. Интенсивность теплообмена между поверхностью тела и средой.
 3. Интенсивность собственного излучения тела
15. Укажите в какой точке больше модуль градиента температуры и куда направлен градиент температуры в этой точке.
 1. В точке А, вверх.
 2. В точке В, вниз.
 3. В точке В, вверх.
16. Укажите выражение для определения термического сопротивления цилиндрической стенки (для теплопроводности).
 1. . 2. . 3. .
17. Граничные условия I рода на поверхности тела означают задание:
 1. Температуры поверхности.
 2. Коэффициента теплоотдачи на поверхности.
 3. Поверхностной плотности теплового потока.
18. Укажите формулу закона Фурье.
 1. . 2. . 3. .
19. Укажите какой слой многослойной стенки имеет наибольший коэффициент теплопроводности.
 1. Слой 1.

2. Слой 2.

3. Слой 3.

20. Стенка сосуда имеет температуру поверхности $125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Температура воздуха в цехе $25\text{ }^{\circ}\text{C}$. Коэффициент теплоотдачи поверхности равен $6\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$.

Определите толщину слоя изоляции сосуда стеклянной ватой с

$\lambda = 0,06\text{ Вт}/(\text{м К})$. Температура поверхности изоляции не должна превышать $35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1. $0,053\text{ м}$. 2. $0,075\text{ м}$. 3. $0,09\text{ м}$.

21. Определите толщину слоя изоляции плоской поверхности с температурой $225\text{ }^{\circ}\text{C}$, отдающей теплоту в воздух с температурой $25\text{ }^{\circ}\text{C}$, (коэффициент теплоотдачи $10\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$), чтобы тепловой поток от стенки уменьшился в 4 раза. Материал изоляции – кирпич динасовый с $\lambda = 0,8\text{ Вт}/(\text{м К})$.

1. $0,24\text{ м}$. 2. $0,36\text{ м}$. 3. $0,51\text{ м}$.

22. Плоскую поверхность с температурой 340°C надо изолировать так, чтобы потери тепла не превышали $300\text{ Вт}/\text{м}^2$. Температура на внешней поверхности изоляции $40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Найти толщину изоляции. $\lambda_{\text{из}} = 0,05\text{ Вт}/(\text{м К})$.

1. $0,5\text{ м}$. 2. $0,05\text{ м}$. 3. $0,1\text{ м}$.

23. С какой стороны плоской поверхности установка ребер позволит в наибольшей степени интенсифицировать теплопередачу.

1. Со стороны большего коэффициента теплоотдачи.

2. Со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи.

3. Не имеет значения, с какой стороны.

24. Укажите выражение термического сопротивления теплопередачи цилиндрической стенки.

1. .

2. .

3. .

25. Укажите формулу для определения коэффициента теплопередачи.

1. . 2. . 3. .

26. Укажите уравнение теплопередачи:

1. $Q = k(t_1 - t_2) F$.

2. $Q = \alpha (t_1 - t_2) F$.

3. $Q = G_1 (h'_1 - h''_1) F$.

27. Как изменится значение коэффициента теплопередачи, если заменить стальные трубы на медные такого же диаметра.

1. Увеличится.

2. Уменьшится.

3. Практически не изменится.

28. Укажите формулу для определения термического сопротивления теплопередачи плоской стенки.

1. .

2. .

3. .

29. Какой из температурных графиков соответствует случаю: стальная стенка, с одной стороны покрыта слоем сажи с теплопроводностью $0,09\text{ Вт}/(\text{м К})$, с другой слоем накипи с теплопроводностью $1,75\text{ Вт}/(\text{м К})$.

30. Найти коэффициент теплопередачи, если чугунный трубопровод толщиной $\delta_{\text{Ч}} = 9\text{ мм}$, $\lambda_{\text{Ч}} = 90\text{ Вт}/(\text{м К})$ изолирован слоем пеношамота $\delta_{\text{П}} = 30\text{ мм}$, $\lambda_{\text{П}} = 0,3\text{ Вт}/(\text{м К})$. Коэффициенты теплоотдачи: $\alpha_1 = 100\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$, $\alpha_2 = 10\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. Расчет провести по формулам плоской стенки.

1. $4,76\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. 2. $0,21\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. 3. $9,1\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$.

31. Стальной трубопровод проложен на открытом воздухе. Как изменится коэффициент теплопередачи, если трубопровод обдувать потоком воздуха?

1. Практически не изменится.

2. Уменьшится.

3. Увеличится.

32. Чугунная стенка толщиной 10 мм , с $\lambda_{\text{Ч}} = 90\text{ Вт}/(\text{м К})$, покрыта слоем изоляции из пенопласта с $\lambda_{\text{П}} = 0,05\text{ Вт}/(\text{м К})$. Коэффициенты теплоотдачи $\alpha_1 = 100\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$ и $\alpha_2 = 10\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. Коэффициент теплопередачи равен $1,96\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. Определить толщину изоляции.

1. $\delta_{\text{ИЗ}} = 20\text{ мм}$. 2. $\delta_{\text{ИЗ}} = 50\text{ мм}$. 3. $\delta_{\text{ИЗ}} = 10\text{ мм}$.

33. Стальная стенка, толщиной 10 мм с $\lambda_{\text{СТ}} = 50\text{ Вт}/(\text{м К})$ с двух сторон омывается жидкостью с коэффициентами теплоотдачи

$\alpha_1 = 1000\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$ и $\alpha_2 = 10\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$.

Определить коэффициент теплопередачи.

1. $10,1\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. 2. $9,88\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$. 3. $9,65\text{ Вт}/(\text{м}^2\text{ К})$.

34. Укажите формулировку свободной конвекции.

1. Это движение жидкости (газа) в направлении от поверхности теплообмена.

2. Это движение жидкости (газа) под действием объемных сил.

3. Это движение жидкости (газа), не участвующего в процессе теплообмена.

35. Твердая поверхность охлаждается в потоке жидкости. Укажите изменение температуры поверхности при уменьшении коэффициента теплоотдачи.

1. Температура поверхности увеличится.

2. Температура поверхности уменьшится.

3. Температура поверхности не изменится.

36. Теплоотдача при омывании поверхности водой, по сравнению с теплоотдачей в воздухе, как правило:

1. Гораздо выше. 2. Гораздо ниже. 3. Одного порядка.
37. В каком случае интенсивность теплоотдачи ниже
 1. При кипении.
 2. В случае вынужденной конвекции.
 3. В случае свободной конвекции.
38. Укажите размерность числа Нуссельта.
 1. $\text{Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$.
 2. $\text{Вт} / (\text{м} \times \text{К})$.
 3. Безразмерное.
39. Укажите формулу Ньютона-Рихмана (формулу теплоотдачи).
 1. .
 2. .
 3. .
40. Укажите число Рейнольдса (Re).
 1. $\alpha \cdot \ell_0 / \lambda$.
 2. $w \cdot \ell_0 / \nu$.
 3. ν / a .
41. За определяющий линейный размер ℓ_0 при поперечном омывании трубы жидкостью в числах подобия (например,) обычно принимают:
 1. Внешний диаметр трубы.
 2. Длину трубы.
 3. Внутренний диаметр трубы.
42. Коэффициент теплоотдачи α , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ характеризует:
 1. Способность вещества проводить теплоту.
 2. Интенсивность собственного излучения тела.
 3. Интенсивность теплообмена между поверхностью тела и средой.
43. Укажите выражение для числа Грасгофа.
 1. .
 2. .
 3. .
44. Укажите критериальное уравнение для теплоотдачи в условиях вынужденной конвекции.
 1. .
 2. .
 3. .
45. О режиме течения жидкости судят по значению числа:
 1. Рейнольдса (Re).
 2. Нуссельта (Nu).
 3. Прандтля (Pr).
46. Теплоотдачей называется перенос теплоты:
 1. От жидкости к жидкости через разделяющую их стенку.
 2. Между потоком жидкости (или газа) и стенкой.
 3. Молекулярный перенос теплоты в телах.
47. В ламинарном режиме жидкость движется:
 1. С образованием пузырей.
 2. С образованием вихрей.
 3. Плавно, без образования вихрей или пузырей
48. Укажите выражение для критерия Нуссельта (Nu).
(Индекс «ж» - для жидкости, индекс «ст» - для стенки).
 1. $(\alpha \cdot \ell_0) / \lambda_{\text{ж}}$.
 2. $(\alpha \cdot \ell_0) / \lambda_{\text{ст}}$.
 3. $(w \cdot \ell_0) / \nu_{\text{ж}}$.
49. Укажите критериальное уравнение для свободной конвекции.
 1. .
 2. .
 3. .
50. Укажите график изменения температуры в пристенном слое соответствует наименьшему коэффициенту теплоотдачи.
 1. График 1.
 2. График 2.
 3. График 3.
51. Закон Кирхгофа для теплового излучения:
 1. Определяет суммарное излучение поверхности тела по всем направлениям полупространства.
 2. Устанавливает количественную связь между излучательной и поглощательной способностями тела.
 3. Устанавливает распределение энергии излучения абсолютно черного тела в зависимости от длины волны.
52. Степенью черноты тела (ϵ) называется:
 1. Отношение энергии пропущенной Епроп к энергии падающей Епад.
 2. Отношение излучательной способности Е реального тела к излучательной способности Ео абсолютно черного тела при той же температуре.
 3. Отношение отраженной энергии Еотр к энергии падающей Епад.
53. Укажите формулу закона Стефана-Больцмана.
 1. $E_o = \sigma_0 (T/100)^4$, $\text{Вт}/\text{м}^2$.
 2. $\lambda_{\text{max}} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$, $\text{м} \cdot \text{К}$.
 3. , $\text{Вт}/\text{м}^3$
54. Поглощательная способность равна единице:
 1. Для абсолютно черных тел.
 2. Для серых тел.
 3. Для абсолютно прозрачных тел.

55. Укажите закон Стефана – Больцмана для серых тел:

1. $Q = k(t_1 - t_2) F$.
2. $E_0 = \sigma_0(T/100)^4$.
3. $E = \epsilon \cdot \sigma_0(T/100)^4$.

56. Тепловое излучение – это:

1. Молекулярный перенос теплоты в телах (или между ними), обусловленный переменностью температуры.
2. Перенос теплоты при перемещении объемов жидкости или газа из области с одной температурой в область с другой температурой.
3. Процесс переноса теплоты с помощью электромагнитных волн.

57. Какое из тел при прочих равных условиях имеет большую интенсивность излучения.

1. Со степенью черноты 0,3.
2. Со степенью черноты 0,7.
3. Со степенью черноты 0,9.

58. При каком условии степень черноты равна поглощательной способности тела (из закона Кирхгофа)?

1. Всегда.
2. При одной и той же длине волны.
3. При одной и той же температуре.

59. С повышением температуры максимум интенсивности излучения:

1. Смещается в сторону более длинных волн.
2. Смещается в сторону более коротких волн.
3. Не изменяется.

60. Интенсивность лучистого теплообмена уменьшится, если:

1. Повысить температуру излучаемого тела.
2. Увеличить степень черноты излучаемого тела.
3. Уменьшить степень черноты излучаемого тела.

61. Тепловой поток излучения между двумя параллельными телами, имеющими различные температуры, определяется по формуле:

1. $Q = \epsilon_{\text{ПР}} \sigma_0 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] F$.
2. $Q = k(T_1 - T_2) F$.
3. $Q = \alpha(T_{\text{Ж}} - T_{\text{СТ}}) F$.

62. Как изменится степень черноты, если трубу покрыть алюминиевой краской?

1. Увеличится.
2. Уменьшится.
3. Не изменится.

63. Какой из предлагаемых экранов наиболее эффективно уменьшает теплообмен между излучающими телами:

1. Экран из абсолютно черного тела.
2. Экран из серого тела.
3. Экран из диатермичного (прозрачного для тепловых лучей) тела.

64. Тело излучало лучи с максимальной интенсивностью с длиной волны $\lambda = 0,45 \cdot 10^{-6}$ м (или 0,45 мкм). При изменении температуры максимальная интенсивность излучения пришлось на длину волны $0,75 \cdot 10^{-6}$ м. Во сколько раз изменилась абсолютная температура тела.

1. Увеличилась в 1,67 раза.
2. Уменьшилась в 1,67 раза.
3. Уменьшилась в 1,2 раза.

65. Как изменится приведенная степень черноты системы из двух параллельных поверхностей с $\epsilon_1 = \epsilon_2 = 0,5$, если одну из поверхностей заменить на другую со степенью черноты $\epsilon = 0,2$.

1. Увеличилась в 2 раза.
2. Уменьшился в 3 раза.
3. Уменьшился в 2 раза.

66. Показать характер изменения температуры в рекуперативном теплообменнике при прямотоке.

67. Укажите выражение среднего температурного напора в противоточном теплообменнике:

1. .
2. .
3. .

68. Уравнение теплового баланса в рекуперативном теплообменном аппарате, в котором происходит кипение теплоносителя, имеет вид:

1. $Q = \alpha (t_{\text{СТ}} - t_{\text{Ж}}) F = - \lambda_{\text{ж}} \left(\frac{\partial t}{\partial n} \right)_{\text{СТ}} F$.
2. $Q = G_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) = G_2 c_{p2} (t''_2 - t'_2)$.
3. $Q = G_1 (h_1' - h_1'') = G_2 (h_2' - h_2'')$.

69. Укажите уравнение теплопередачи в рекуперативном теплообменнике.

1. $Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{\text{ср}}$.
2. $Q = \alpha \cdot F (t_{\text{Ж}} - t_{\text{СТ}})$.
3. $Q = G (h'_1 - h''_1)$.

70. Показать характер изменения температуры в рекуперативном теплообменнике при противотоке:

71. Укажите выражение среднего температурного напора в прямоточном теплообменном аппарате:

1. .
2. .
3. .

72. Регенераторы – это:

1. Теплообменные аппараты, в которых передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую

стенку.

2. Теплообменные аппараты, в которых обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей.

3. Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью.

73. Уравнение теплового баланса в рекуперативном теплообменном аппарате, в котором происходит нагрев или охлаждение жидкости (без фазовых переходов), имеет вид:

1. $Q = \alpha(t_{сг} - t_{ж}) F = - \lambda \int (\partial t / \partial n)_{ст} F.$

2. $Q = G_1 c_{p1}(t'_1 - t''_1) = G_2 \cdot c_{p2}(t''_2 - t'_2).$

3. $Q = G_1 (h'_1 - h''_1) = G_2 \cdot r_2(x''_2 - x'_2).$

74. Определите требуемую поверхность теплообмена для нагревания 1 кг/с молока от 4 °С до 70 °С. Теплоемкость молока 3,6 кДж/(кг·К), коэффициент теплопередачи в аппарате

$k = 60 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$, температура пара 140 °С.

1. 89,11 м².

2. 61,15 м².

3. 39,85 м².

75. В теплообменном аппарате для нагревания воздуха дымовыми газами температура дымовых газов на входе $t'_1 = 350 \text{ °С}$, на выходе $t''_1 = 200 \text{ °С}$, температура воздуха на входе $t'_2 = -15 \text{ °С}$, на выходе $t''_2 = 50 \text{ °С}$.

Определить температурный напор в аппарате при прямотоке.

1. 241,8 °С.

2. 250,7 °С.

3. 280,4 °С.

76. Определите, во сколько раз уменьшится интенсивность теплообмена в пластинчатом теплообменном аппарате, если поверхность теплообмена покрылась загрязнениями толщиной 2 мм, имеющими $\lambda = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Коэффициенты теплоотдачи:

$\alpha_1 = 2000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\alpha_2 = 900 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. Термическое сопротивление чистой стенки принять равным нулю.

1. в 1,5 раза.

2. в 6,7 раза.

3. в 9,3 раза.

77. Требуется испарить 2 кг/с воды с температурой 10 °С. Определите мощность теплообменного аппарата, если энтальпия воды на входе 41,9 кДж/кг, энтальпия пара на выходе из аппарата 2676 кДж/кг.

1. 5268 кВт. 2. 5910 кВт. 3. 6680 кВт.

78. Требуется сконденсировать 0,05 кг/с водяного пара. Определите мощность теплообменного аппарата, если энтальпия пара на входе 2676 кДж/кг энтальпия воды на выходе 419 кДж/кг.

1. 112,85 кВт. 2. 185,73 кВт. 3. 207,62 кВт.

79. Определите тепловой поток в калорифере (теплообменном аппарате для нагрева воздуха в системе отопления), если в нем нагревается 0,5 кг/с воздуха от $t_1 = -10 \text{ °С}$ до $t_2 = 40 \text{ °С}$.

Теплоемкость воздуха принять равной 1,006 кДж/(кг·К).

1. 19,76 кВт. 2. 21,83 кВт. 3. 25,15 кВт.

80. В теплообменном аппарате для нагревания воздуха дымовыми газами температура дымовых газов на входе $t'_1 = 450 \text{ °С}$, на выходе $t''_1 = 150 \text{ °С}$, температура воздуха на входе $t'_2 = -15 \text{ °С}$, на выходе $t''_2 = 50 \text{ °С}$.

Определить температурный напор в аппарате при противотоке.

1. 265 °С. 2. 277 °С. 3. 283 °С.

ТЕМА 12.

12.1. Холодильный коэффициент – это :

1. Отношение теплоты, отбираемой от холодного источника, к работе цикла.

2. Отношение работы цикла к теплоте, отдаваемой горячему источнику.

3. Отношение теплоты к абсолютной температуре.

81. Укажите цикл парокомпрессионной холодильной машины.

82. Укажите выражение для определения холодильного коэффициента обратного цикла Карно.

1. $\varepsilon = (T_1 - T_2)/T_1$.

2. $\varepsilon = T_1 / (T_1 - T_2)$.

3. $\varepsilon = T_2 / (T_1 - T_2)$.

83. Показать график изменения температуры в испарителе холодильной машины.

83. При прохождении хладагента через дроссельный вентиль в холодильной машине:

1. Температура хладагента остается постоянной.

2. Температура хладагента уменьшается.

3. Температура хладагента увеличивается.

84. На каком рисунке процесс дросселирования в h-s координатах показан верно?

85. Какое устройство называется тепловым насосом?

1. Устройство для перекачивания жидкости, работающее от теплового двигателя.

2. Устройство для передачи теплоты от источника с низкой температурой к источнику с высокой температурой.

3. Устройство для рассеивания теплоты от источника с высокой температурой к источнику с низкой температурой.

86. Холодопроизводительность холодильной машины – это:

1. Количество теплоты, отведенной от охлаждаемого объекта за единицу времени.

2. Количество теплоты, отведенной от охлаждаемого объекта одним килограммом рабочего тела.

3. Температура, созданная в холодильной камере.

87. Укажите процесс сжатия в компрессоре холодильной машины.

1. Процесс 1-2.

2. Процесс 2-3.

3. Процесс 4-1.

88. Процесс 1-2 – процесс сжатия газа в компрессоре. Укажите площадь, соответствующую технической работе сжатия.

1. Площадь 1-2-5-1.

2. Площадь 1-2-3-4-1.

3. Площадь 1-2-6-7-1.

89. Укажите процесс конденсации холодильного агента в конденсаторе: 1. 2-2'.

2. 4-1.

3. 1-2.

4. 2'-3.

90. Укажите процесс кипения холодильного агента в испарителе

1. 1-2.

2. 2-3.

3. 3-4.

4. 4-1.

Темы письменных работ (эссе, рефераты, курсовые работы и др.)

Перечень примерных тем РГР

- Расчет стационарных полей температуры в телах сложной формы.

- Расчет конвективного теплообмена при естественной и вынужденной конвекции

- Тепловой расчет теплообменного аппарата

Задание № 1

Через плоскую стальную стенку толщиной δ с коэффициентом теплопроводности λ происходит передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному (рис. 1а). Коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке равен α_1 , а от стенки к холодному теплоносителю – α_2 . Разность температур между теплоносителями составляет Δt .

Для интенсификации процесса теплопередачи можно увеличить α_1 на $\Delta \alpha_1$ и α_2 на $\Delta \alpha_2$, уменьшить термическое сопротивление стенки, заменив материал и толщину стенки (δ , λ), увеличить разность температур на Δt , %.

Какие из этих способов интенсификации теплопередачи являются эффективными, а какие не следует рекомендовать?

Определить относительное изменение плотности теплового потока q в результате применения этих способов. Провести анализ методов интенсификации теплопередачи и способов их реализации.

а.

б.

Рис. 1. Теплопередача через плоскую (а) и цилиндрическую (б) стенки

Задание № 2

По стальной трубе с наружным диаметром d_2 и толщиной стенки δ движется газ со средней температурой t_g (коэффициент теплопроводности материала стенки трубы – λ) (рис. 1б). Наружная поверхность трубы омывается жидкостью со средней температурой $t_{ж}$.

Коэффициент теплоотдачи от газа к внутренней поверхности трубы равен α_1 , а от внешней поверхности к жидкости – α_2 .

Определить линейную плотность теплового потока q_l и температуры внутренней и внешней поверхности трубы t_{c1} и t_{c2} .

Как численно изменяется линейная плотность теплового потока и температуры внутренней и внешней поверхности трубы, если с внешней стороны труба покрылась слоем загрязнения или накипи толщиной δ_n с коэффициентом теплопроводности λ_n при условии, что коэффициент теплоотдачи α_2 не изменяется.

Задание № 3

Для очистки забоя скважины от шлама используется буровой раствор, который подается с объемным расходом V к забою скважины по колонне буровых труб с наружным диаметром d_2 и толщиной стенки δ (рис. 2). Буровой раствор подается в скважину с температурой на устье t_u . Трубы обсадной колонны имеют внутренний диаметр d_3 .

Определить распределение температуры нисходящего и восходящего потоков бурового раствора по глубине скважины H через τ часов после начала промывки.

Построить график изменения температур нисходящего и восходящего потоков бурового раствора и геотермической температуры по глубине скважины.

Рис. 2. Схема промывки скважины

1 – колонна буровых труб

Задание № 4

Горячая вода нагнетается в скважину глубиной H по колонне насосно-компрессорных труб с наружным диаметром d_2 и толщиной стенки δ_1 . Температура воды на устье скважины составляет t_u , а ее объемный расход равен V . Насосно-компрессорные трубы концентрично установлены в обсадной колонне с наружным диаметром d_4 и толщиной стенки δ_2 . Наружный диаметр цементного камня равен $d_{ц}$ (рис. 3). Кольцевое пространство между обсадной колонной и насосно-компрессорными трубами заполнено флюидом.

Определить температуру горячей воды на забое скважины t_z через τ суток с начала нагнетания.

Построить графики изменения температуры горячей воды и геотермической температуры по глубине скважины.

Рис. 3. Схема нагнетательной (добывающей) скважины

1 – кондуктор; 2 – цементный камень; 3 – обсадная колонна;
4 – флюид; 5 – колонна насосно-компрессорных труб;
6 – пакер; 7 – горная порода; 8 – пласт

Задание № 5

Определить площадь поверхности теплообмена рекуперативного теплообменного аппарата при прямоточном движении теплоносителей, если объемный расход горячего теплоносителя при нормальных условиях равен V (рис. 6).

Коэффициент теплопередачи от горячего к холодному теплоносителю – k . Температуры горячего – $t_{1\text{в}}$ и $t_{1\text{к}}$ и холодного – $t_{2\text{в}}$ и $t_{2\text{к}}$ теплоносителей соответственно на входе и выходе из теплообменника.

Как численно изменится расчетная площадь поверхности теплообмена, если использовать:

- ☐ противоточную схему движения теплоносителей;
- ☐ схему движения с индексом противоточности $P = 0,5$?

Рис. 6. Схема движения теплоносителей «прямоток»

Кейс-задачи

Кейс -1

Определить средний коэффициент теплоотдачи от стенки трубок к воздуху в трубчатом воздухоподогревателе, выполненном из труб наружным диаметром $d = 38$ мм, расположенных в коридорном порядке с поперечным и продольным шагами $s_1 = s_2 = 2,5$; число рядов труб $n = 5$. Средняя температура воздуха $t_{\text{в}} = 50$ °С, скорость воздуха в узком сечении пучка $W = 10$ м/с. Температура наружной поверхности труб $t_{\text{ст}} = 150$ °С, угол атаки $\varphi = 70$ °

Кейс-2

Определить поверхность нагрева рекуперативного газозоудного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объёмный расход нагреваемого воздуха при нормальных условиях $V_{\text{Н}} = 3 \times 10^3$ м³/ч, средний коэффициент теплопередачи от продуктов сгорания к воздуху $k = 20$ Вт/(м² × К), начальные и конечные температуры продуктов сгорания и воздуха соответственно $t'_{1} = 650$ °С, $t''_{1} = 450$ °С и $t'_{2} = 25$ °С, $t''_{2} = 350$ °С.

Изобразить графики изменения температур теплоносителей для обоих случаев

Кейс – 3.

Определить потери теплоты с 1 погонного метра изолированного горизонтального паропровода $d = 300$ мм, если температура на поверхности изоляции $t_{\text{из}} = 50$ °С, толщина изоляции $\Delta_{\text{из}} = 50$ мм, температура воздуха в машинном отделении $t_{\text{в}} = 30$ °С. Во сколько раз увеличатся теплотопотери для неизолированного, паропровода, если температура на его поверхности установилась равной $= 200$ °С

Кейс - 4

Определить площадь поверхности нагрева водо-водяного подогревателя, выполненного из латунных труб $d_1/d_2 = 14/16$ мм, $\lambda_{\text{ст}} = 120$ Вт/(м × К), внутренняя поверхность которых покрыта слоем накипи [$\Delta_{\text{н}} = 0,5$ мм, $\lambda_{\text{н}} = 2$ Вт/(м × К)]. Средние температуры воды: нагреваемой $t_{\text{хол}} = 55$ °С, греющей $t_{\text{гр}} = 95$ °С. Коэффициенты теплоотдачи: со стороны нагреваемой воды $\alpha_2 = 3000$ Вт/(м² × К), со стороны греющей воды $\alpha_1 = 5000$ Вт/(м² × К). Тепловая мощность подогревателя $Q = 300$ кВт

Кейс-5

Определить площадь поверхности нагрева пароперегревателя, выполненного из трубок $d_1/d_2 = 32/40$ мм, $\lambda_{\text{ст}} = 39,5$ Вт/(м × К). В пароперегреватель поступает сухой насыщенный пар в количестве $G = 0,9$ кг/с при давлении 4,0 МПа и перегревается до температуры 470 °С. Коэффициенты теплоотдачи: от газов к стенке труб $\alpha_1 = 82$ Вт/(м² × К), от стенки к пару $\alpha_2 = 710$ Вт/(м² × К). Средняя температура газов $t_{\text{г}} = 800$ °С

Кейс - 6

Вычислить температуры на поверхностях стенки и тепловой поток через 1 м² чистой поверхности парогенератора, если заданы следующие величины: температура газов $t_{\text{г}} = 1400$ °С, температура кипящей воды $t_{\text{в}} = 350$ °С, коэффициенты теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 160$ Вт/(м² × К) от стенки к кипящей воде $\alpha_2 = 4900$ Вт/(м² × К), коэффициент теплопроводности материала стенки $\lambda = 50$ Вт/(м × К) и толщина стенки $\Delta = 10$ мм. Решить задачу при условии, что в процессе эксплуатации поверхность нагрева парового котла со стороны дымовых газов покрылась слоем сажи толщиной $\Delta_{\text{с}} = 2$ мм и со стороны воды слоем накипи толщиной $\Delta_{\text{н}} = 1,1$ мм (соответственно, коэффициенты теплопроводности сажи $\lambda_{\text{с}} = 0,08$ Вт/(м × К) и накипи $\lambda_{\text{н}} = 0,6$ Вт/(м × К)). Сравнить результаты расчетов для обоих случаев и определить уменьшение тепловой нагрузки в процентах. Построить график распределения температур

Комплект заданий для лабораторных работ

Лабораторная работа: Определение коэффициента теплопроводности теплоизоляционного материала (метод цилиндрического слоя)

Исследуемый материал 1 нанесен в виде цилиндрического слоя ($d_1 = 0,05$, м; $d_2 = 0,02$, м) на наружную поверхность металлической трубы 2. Длина цилиндра тепловой изоляции составляет 1 м, что значительно больше наружного диаметра.

Рис. 1. Схема лабораторной установки

Источником теплового потока служит электронагреватель 3, включенный в электрическую цепь через автотрансформатор 4. Для определения мощности теплового потока служат вольтметр 5 и амперметр 6. Для измерения

температур на внутренней и наружной поверхностях тепловой изоляции применяются хромель-копелевые термопары 7 и 8 в комплекте с вторичными приборами 9 и 10.

Провести измерения при достижении стационарного режима и занести данные в таблицу 1. Стационарность режима оценивается по неизменности температур t_1 и t_2 во времени.

Таблица 1.

№

п/п Измеряемая величина Обозначение Единицы
измерен. Номера опытов

1 2 3 4

5

1 Сила тока

I а

2 Напряжение U в

3 Температура внутренней поверхности слоя изоляции t_2 °

С

4 Температура наружной поверхности слоя изоляции t_1 °

С

Лабораторная работа: Определение коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции (метод струны).

В экспериментальной лабораторной установке (рис.2) теплоотдающей стенкой является нихромовая проволока диаметром 0,5 мм (струна) и длиной 1540 мм, по которой пропускается электрический ток напряжением до 30 вольт.

Рис 2. Схема лабораторной установки

Таким образом, размеры струны определяют теплоотдающую поверхность $F = 2,419 \cdot 10^{-3}$, м². Струна удерживается в вертикальном положении стойкой 1 с двумя кронштейнами. В верхнем кронштейне 2, изолированном от массы установки, неподвижно закреплен один конец струны. Другой конец струны зажат в головке индикатора часового типа 5. Головка индикатора свободно перемещается в изоляторе-держателе 4 нижнего кронштейна. Груз 6 обеспечивает постоянное по величине натяжение струны. Напряжение от сети 220 вольт подводится через автотрансформатор к держателю 2 и головке индикатора 5. Для определения мощности теплового потока служат амперметр 8 и вольтметр 7. Все результаты измерений при стационарном режиме занести в таблицу 2. О стационарности режима можно судить по неизменности показаний индикатора удлинения струны, т.е. по постоянству температуры струны.

Таблица 2.

№

п/п Измеряемая величина Обозначение Единицы
измерен. Номера опытов

1 2 3 4 5

1 Удлинение струны Δl мм

2 Сила тока I а

3 Напряжение U в

4 Температура окружающей среды $t_{окр}$ °С

5 Показания барометра В мбар

Перечень вопросов для защиты отчетов по лабораторной работе

1. Сформулируйте цель лабораторной работы и поясните, как она достигается?
2. Назовите основные узлы экспериментальной установки и укажите их назначение.
3. Как определяется средняя температура струны в данной установке?
4. Для чего замеряется барометрическое давление в данной работе?
5. Что такое свободная и вынужденная конвекция?
6. Как определяется количество теплоты, отданное струной окружающему воздуху посредством конвекции?
7. Каков физический смысл и размерность коэффициента теплоотдачи?
8. Как определяется количество теплоты, отданное посредством излучения струной окружающему воздуху?
9. Какие факторы определяют интенсивность конвективного теплообмена?
10. Что такое критерий подобия?
11. Что такое «определяющий» размер и «определяющая температура»?
12. Какие критерии называются «определяемыми» и «определяющими»?
13. Для чего и как составляются критериальные уравнения?
14. Что характеризуют критерии Nu , Gr , Pr ?
15. Как определяется коэффициент теплоотдачи α из критериального уравнения?

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

Критерии оценки к экзамену/диф. зачёту

Оценка «отлично» (86-100 баллов) ставится обучающемуся, обнаружившему систематические и глубокие знания учебно-программного материала, умения свободно выполнять задания, предусмотренные программой в типовой ситуации (с ограничением времени) и в нетиповой ситуации, знакомство с основной и дополнительной литературой, усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины в их значении приобретаемой специальности и проявившему творческие способности и самостоятельность в приобретении знаний. Студент исчерпывающим образом ответил на вопросы экзаменационного билета. Задача решена правильно, студент способен обосновать выбранный способ и пояснить ход решения задачи.

Оценка «хорошо» (71-85 баллов) ставится обучающемуся, обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешное выполнение заданий, предусмотренных программой в типовой ситуации (с ограничением времени), усвоение материалов основной литературы, рекомендованной в программе, способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей работы над литературой и в профессиональной деятельности. При ответе на вопросы экзаменационного билета студентом допущены несущественные ошибки. Задача решена правильно или ее решение содержало несущественную ошибку, исправленную при наводящем вопросе экзаменатора.

Оценка «удовлетворительно» (56-70 баллов) ставится обучающемуся, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, достаточном для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, знакомство с основной литературой, рекомендованной программой, умение выполнять задания, предусмотренные программой. При ответе на экзаменационные вопросы и при выполнении экзаменационных заданий обучающийся допускает погрешности, но обладает необходимыми знаниями для устранения ошибок под руководством преподавателя. Решение задачи содержит ошибку, исправленную при наводящем вопросе экзаменатора.

Оценка «неудовлетворительно» (менее 56 баллов) ставится обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, слабые побуждения к самостоятельной работе над рекомендованной основной литературой.

Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании академии без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Критерии оценивания контрольной работы текущего контроля успеваемости обучающихся (рекомендуемое)

Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов

Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерные критерии оценивания:

- правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);
- полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);
- сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);
- логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени, с учетом индивидуальных особенностей обучающихся).

Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерная шкала оценивания:

Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Обучающийся полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса (задания); обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.
71-85 баллов «хорошо»	Обучающийся достаточно полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса (задания); обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно. Допускает 1-2 ошибки, исправленные с помощью наводящих вопросов.
56-70 баллов «удовлетворительно»	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

0-55 баллов «неудовлетворительно»	Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание (вопрос), допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Отмечаются такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.
Критерии оценивания контрольной работы дискуссионных тем и вопросов для круглого стола (дискуссии, полемики, диспута, дебатов)	
Перечень дискуссионных тем Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся) Примерные критерии оценивания: - теоретический уровень знаний; - качество ответов на вопросы; - подкрепление материалов фактическими данными (статистические данные или др.); - практическая ценность материала; - способность делать выводы; - способность отстаивать собственную точку зрения; - способность ориентироваться в представленном материале; - степень участия в общей дискуссии. Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся) Примерная шкала оценивания:	
Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Обучающийся свободно владеет учебным материалом; проявляет навыки анализа, обобщения, критического осмысления, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология; показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; высказывать свою точку зрения.
71-85 баллов «хорошо»	Ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «отлично», но при этом имеет один из недостатков: в усвоении учебного материала допущены небольшие пробелы, не искавшие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации.
56-70 баллов «удовлетво-рительно»	Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов. Обучающийся не может применить теорию в новой ситуации.
0-55 баллов «неудовлетворительно»	Не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов; не сформированы умения и навыки публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации.
Критерии оценивания контрольной работы для контрольной работы (обязательно для дисциплин, где по УП предусмотрена контрольная работа)	
Перечень заданий для контрольной работы Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся) Примерные критерии оценивания: – полнота раскрытия темы; – правильность формулировки и использования понятий и категорий; – правильность выполнения заданий/ решения задач;	

– аккуратность оформления работы и др.
 Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)
 Примерная шкала оценивания:

Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Полное раскрытие темы, указание точных названий и определений, правильная формулировка понятий и категорий, приведены все необходимые формулы, соответствующая статистика и т.п., все задания выполнены верно (все задачи решены правильно), работа выполнена аккуратно, без помарок.
71-85 баллов «хорошо»	Недостаточно полное раскрытие темы, одна-две несущественные ошибки в определении понятий и категорий, в формулах, статистических данных и т. п., кардинально не меняющие суть изложения, наличие незначительного количества грамматических и стилистических ошибок, одна-две несущественные погрешности при выполнении заданий или в решениях задач. Работа выполнена аккуратно.
56-70 баллов «удовлетво-рительно»	Ответ отражает лишь общее направление изложения лекционного материала, наличие более двух несущественных или одной-двух существенных ошибок в определении понятий и категорий, формулах, статистических данных и т. п.; большое количество грамматических и стилистических ошибок, одна-две существенные ошибки при выполнении заданий или в решениях задач. Работа выполнена небрежно.
0-55 баллов «неудовлетворительно»	Обучающийся демонстрирует слабое понимание программного материала. Тема не раскрыта, более двух существенных ошибок в определении понятий и категорий, в формулах, статистических данных, при выполнении заданий или в решениях задач, наличие грамматических и стилистических ошибок и др.

Критерии оценивания контрольной работы для практических (лабораторных) работ

Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)
 Примерные критерии оценивания:
 – правильность выполнения задания на практическую/лабораторную работу в соответствии с вариантом;
 – степень усвоения теоретического материала по теме практической /лабораторной работы;
 – способность продемонстрировать преподавателю навыки работы в инструментальной программной среде, а также применить их к решению типовых задач, отличных от варианта задания;
 – качество подготовки отчета по практической / лабораторной работе;
 – правильность и полнота ответов на вопросы преподавателя при защите работы
 и др.
 Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)
 Примерная шкала оценивания практических занятий (лабораторных работ):

Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Выполнены все задания практической (лабораторной) работы, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.
71-85 баллов «хорошо»	Выполнены все задания практической (лабораторной) работы; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.
56-70 баллов «удовлетво-рительно»	Выполнены все задания практической (лабораторной) работы с замечаниями; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.
0-55 баллов «неудовлетворительно»	Обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания практической (лабораторной) работы; обучающийся ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы.

Критерии оценивания контрольной работы тестовых заданий

Материалы тестовых заданий

Материалы тестовых заданий следует сгруппировать по темам/разделам изучаемой дисциплины (модуля) в следующем виде:

Тема (темы) / Раздел дисциплины (модуля)

Тестовые задания по данной теме (темам)/Разделу с указанием правильных ответов.

Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерные критерии оценивания:

- отношение правильно выполненных заданий к общему их количеству

Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерная шкала оценивания:

Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Выполнено 86-100% заданий
71-85 баллов «хорошо»	Выполнено 71-85% заданий
56-70 баллов «удовлетво-рительно»	Выполнено 56-70% заданий
0-55 баллов «неудовлетворительно»	Выполнено 0-56% заданий

Критерии оценивания контрольной работы кейс-задач

Задание (я):

Критерии оценивания (устанавливаются разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерные критерии оценивания:

- соответствие решения сформулированным в кейсе вопросам (адекватность проблеме и рынку);

- оригинальность подхода (новаторство, креативность);

- применимость решения на практике;

- глубина проработки проблемы (обоснованность решения, наличие альтернативных вариантов, прогнозирование возможных проблем, комплексность решения).

Шкала оценивания (устанавливается разработчиком самостоятельно с учетом использования рейтинговой системы оценки успеваемости обучающихся)

Примерная шкала оценивания:

Баллы для учета в рейтинге (оценка)	Степень удовлетворения критериям
86-100 баллов «отлично»	Предложенное решение соответствует поставленной в кейс-задаче проблеме. Обучающийся применяет оригинальный подход к решению поставленной проблемы, демонстрирует высокий уровень теоретических знаний, анализ соответствующих источников. Формулировки кратки, ясны и точны. Ожидаемые результаты применения предложенного решения конкретны, измеримы и обоснованы.
71-85 баллов «хорошо»	Предложенное решение соответствует поставленной в кейс-задаче проблеме. Обучающийся применяет в основном традиционный подход с элементами новаторства, частично подкрепленный анализом соответствующих источников, демонстрирует хороший уровень теоретических знаний. Формулировки недостаточно кратки, ясны и точны. Ожидаемые результаты применения предложенного решения требуют исправления незначительных ошибок.
56-70 баллов «удовлетво-рительно»	Демонстрирует средний уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Предложенное решение требует дополнительной конкретизации и обоснования, в целом соответствует поставленной в задаче проблеме. При решении поставленной проблемы обучающийся применяет традиционный подход, демонстрирует твердые знания по поставленной проблеме. Предложенное решение содержит ошибки, уверенно исправленные после наводящих вопросов.
0-55 баллов «неудовлетворительно»	Наличие грубых ошибок в решении ситуации, непонимание сущности рассматриваемой проблемы, неуверенность и неточность ответов после наводящих вопросов. Предложенное решение не обосновано и не применимо на практике

ИЗМЕНЕНИЯ И ДОПОЛНЕНИЯ			
Ведомость изменений			
№ п/п	Вид обновлений	Содержание изменений, вносимых в ОПОП	Обснoвание изменений
1			
2			
3			
4			
5			
6			