



Федеральное агентство по рыболовству  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Калининградский государственный технический университет»  
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник УРОПСИ

Фонд оценочных средств  
(приложение к рабочей программе модуля)  
**«ТЕПЛОЭНЕРГОСНАБЖЕНИЕ ПИЩЕВЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ»**

основной профессиональной образовательной программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
**19.03.03 ПРОДУКТЫ ПИТАНИЯ ЖИВОТНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

ИНСТИТУТ  
РАЗРАБОТЧИК

Агроинженерии и пищевых систем  
Кафедра энергетики

## 1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
<p>ПК-4: Способен аккумулировать научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области технологических процессов и производств</p>	<p>ПК-4.3: Использует научно-техническую информацию, отечественный и зарубежный опыт в области теплоэнергоснабжения пищевых предприятий в своей профессиональной деятельности</p>	<p>Теплоэнергоснабжение пищевых предприятий</p>	<p><u>Знать:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные законы термодинамики и теплообмена применительно к источникам и системам теплоэнергоснабжения пищевых предприятий;</li> <li>- принципы действия источников и систем теплоэнергоснабжения пищевых предприятий;</li> <li>- тепловые схемы источников и систем теплоэнергоснабжения пищевых предприятий и методы их расчета;</li> <li>- источники вредного воздействия на окружающую среду, методы расчета величины выбросов, экономического ущерба от них и способы их снижения ;</li> <li>- основы энергосбережения применительно к источникам и системам теплоэнергоснабжения пищевых предприятий.</li> <li>- тепловую схему теплогенерирующих установок, методы их расчета и основы проектирования;</li> <li>- источники вредного воздействия на окружающую среду, методы расчета величины выбросов, экономического ущерба от них, способы снижения;</li> <li>- методику расчета техникоэкономических расходов, пути экономии топлива и тепловой энергии.</li> </ul> <p><u>Уметь:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- разработать технологические процессы с обеспечением высокого уровня энергосбережения; сделать рациональный выбор теплообменного, холодильного и электрического оборудования; выполнить инженерные расчеты теплоэнергетического оборудования;</li> <li>- проведение экспериментальных</li> </ul>

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
			<p>исследований, обработку и анализ экспериментальных данных;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- сочетание учебной работы с исследовательской работы;</li> <li>- выбирать теплогенерирующей установки для заданного района теплоснабжения;</li> <li>- самостоятельно анализировать работу холодильных установок;</li> <li>- диагностировать нерасчетные режимы холодильных установок.</li> </ul> <p><u>Владеть:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- элементарными приемами и навыками при возникновении экстремальных ситуаций на теплоэнергоснабжении и др. объектах жизнеобеспечения предприятия;</li> <li>- методами расчета теплогенерирующих установок и элементов оборудования;</li> <li>- методами расчета и выбора и холодильных машин.</li> </ul>

## **2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по темам практических занятий;
- задания для контрольной работы (для студентов заочной формы обучения);

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме зачета, относятся:

- промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости.

## **3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ**

3.1 Тестовые задания используются для оценки освоения тем дисциплины студентами. Тестирование обучающихся проводится на занятиях после изучения на лекциях соответствующих разделов. В приложении № 1 приведены типовые тестовые задания.

По итогам выполнения тестовых заданий оценка выставляется по пятибалльной шкале в следующем порядке при правильных ответах на:

- 85–100 % заданий – оценка «5» (отлично);
- 70–84 % заданий – оценка «4» (хорошо);
- 51–69 % заданий – оценка «3» (удовлетворительно);
- менее 50 % – оценка «2» (неудовлетворительно).

3.2 В приложении № 2 приведены задания по темам практических занятий.

3.3 В приложении № 3 приведены задания по контрольной работе (для обучающихся по заочной форме обучения). В процессе работы над контрольной работой студент закрепляет навыки, полученные в ходе изучения дисциплины.

Руководство контрольной работой осуществляется преподавателем кафедры энергетики, читающим соответствующую дисциплину, и заключается в консультациях, контроле качества и хода поэтапного выполнения работы студентом.

Выполнение контрольной работы является самостоятельным видом учебного процесса. Студент несет полную ответственность за полученные результаты, принятые решения и окончание работы в назначенный срок.

## 4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация в форме зачета проходит по результатам прохождения всех видов текущего контроля успеваемости. Допуск студентов к зачету осуществляется при условии выполнения всех практических заданий с учетом результатов текущего контроля успеваемости.

Таблица 2 – Критерии выставления отметки

Критерий	«не зачтено»		«зачтено»	
	«не зачтено»	«зачтено»	«зачтено»	«зачтено»
<b>1 Системность и полнота знаний в отношении изучаемых объектов</b>	Обладает частичными и разрозненными знаниями, которые не может научно- корректно связывать между собой (только некоторые из которых может связывать между собой)	Обладает минимальным набором знаний, необходимым для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает набором знаний, достаточным для системного взгляда на изучаемый объект	Обладает полной знаний и системным взглядом на изучаемый объект
<b>2 Работа с ин-</b>	Не в состоянии	Может найти не-	Может найти,	Может найти, си-

<b>формацией</b>	находить необходимую информацию, либо в состоянии находить отдельные фрагменты информации в рамках поставленной задачи	обходимую информацию в рамках поставленной задачи	интерпретировать и систематизировать необходимую информацию в рамках поставленной задачи	стематизировать необходимую информацию, а также выявить новые, дополнительные источники информации в рамках поставленной задачи
<b>3. Научное осмысление изучаемого явления, процесса, объекта</b>	Не может делать научно корректных выводов из имеющихся у него сведений, в состоянии проанализировать только некоторые из имеющихся у него сведений	В состоянии осуществлять научно корректный анализ предоставленной информации	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные задачи данные	В состоянии осуществлять систематический и научно корректный анализ предоставленной информации, вовлекает в исследование новые релевантные поставленной задаче данные, предлагает новые ракурсы поставленной задачи
<b>4. Освоение стандартных алгоритмов решения профессиональных задач</b>	В состоянии решать только фрагменты поставленной задачи в соответствии с заданным алгоритмом, не освоил предложенный алгоритм, допускает ошибки	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом	В состоянии решать поставленные задачи в соответствии с заданным алгоритмом, понимает основы предложенного алгоритма	Не только владеет алгоритмом и понимает его основы, но и предлагает новые решения в рамках поставленной задачи

## **5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ**

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Теплоэнергоснабжение пищевых предприятий» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению подготовки 19.03.03 Продукты питания животного происхождения.

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры энергетики (протокол № 4 от 29.03.2022 г.)

Заведующий кафедрой



В.Ф. Белей

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры технологии продуктов питания 13.04.2022 г. (протокол № 10).

Заведующая кафедрой



И.М. Титова

## ТИПОВЫЕ ТЕСТОВЫЕ ЗАДАНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### Вариант №1

<i>Вопрос 1. Источниками тепловой энергии в системе централизованного теплоснабжения являются:</i>	
1. - ТЭЦ и котельные	3. - Индивидуальные котлы
2. ГРЭС	4. КЭС
<i>Вопрос 2. Теплофикацией называется:</i>	
1. Выработка электроэнергии	3. Выработка тепловой энергии
2. Централизованное теплоснабжение на базе комбинированной выработки тепловой и электрической энергии	4- Потребление тепловой энергии
<i>Вопрос 3. Виды тепловых нагрузок</i>	
1. Сезонные и круглогодичные	3 - Технологические
2. На отопление и вентиляцию	4. Горячее водоснабжение и вентиляция
<i>Вопрос 4. К сезонным тепловым нагрузкам относятся:</i>	
1. Горячее водоснабжение	3 Технологическая
2. Отопление и вентиляция	4. Электроснабжение
<i>Вопрос 5. Коэффициент инфильтрации учитывает:</i>	
1. Теплопроводность стен	3. Теплопередачу изоляционного слоя
2. Долю расхода тепла на подогрев наружного воздуха, поступающего через неплотности	4. Количество теплоты, теряемого через неплотности ограждений
<i>Вопрос 6. В зависимости от источника приготовления тепла различают системы теплоснабжения:</i>	
1. Централизованные и децентрализованные	3. Водяные и паровые
2. Однотрубные и многотрубные водяные	4. Централизованные и децентрализованные
<i>Вопрос 7. Водяные системы по способу подачи воды на горячее водоснабжение делят на</i>	
1. Многоступенчатые и одноступенчатые	3. Централизованные и децентрализованные
2. Открытые и закрытые	4. Однотрубные и многотрубные
<i>Вопрос 8. Схемы присоединения местных систем отопления различаются</i>	
1. Зависимые и независимые	3. Паровые и водяные
2. Однотрубные и многотрубные	4 Однотрубные и многотрубные водяные

<i>Вопрос 9 В зависимых схемах присоединения теплоноситель поступает</i>	
1. Из тепловой сети в подогреватель	3. Непосредственно из тепловых сетей в отопительные приборы
2. Из подогревателя в тепловую сеть	4. Непосредственно из тепловых сетей в смесительный узел

<i>Вопрос 10. Системы горячего водоснабжения по месту расположения источника разделяются на</i>	
1. С естественной циркуляцией и с принудительной циркуляцией	3. С аккумулятором и без аккумулятора
2. Централизованные и децентрализованные	4. Однотрубные и многотрубные

<i>Вопрос 11. Регулирование тепловой нагрузки по месту регулирования различают</i>	
1. Центральное, групповое, местное	3. Автоматическое и ручное
2. Количественное и качественное	4. Прямоточное и с рециркуляцией

<i>Вопрос 12. Качественное регулирование тепловой нагрузки осуществляется</i>	
1. Изменением температуры теплоносителя при постоянном расходе	3. Пропусками подачи теплоносителя
2. Изменением расхода теплоносителя при постоянной температуре	4. Изменением давления теплоносителя

<i>Вопрос 13 Грязевики, элеваторы, насосы, подогреватели являются оборудованием</i>	
1. ЦТП	3. Тепловых камер
2. МТП	4. Котельной установки

<i>Вопрос 14. Задачей гидравлического расчета тепловых сетей является</i>	
1. Определение потерь теплоты	3. Определение скорости движения теплоносителя
2. Определение диаметра труб и потерь давления	4. Определение потерь расхода теплоносителя

<i>Вопрос 15. Потери давления при движении теплоносителя по трубам складывается из</i>	
1. Потерь давления на трение и местные сопротивления	3. Потерь теплоты при трении
2. Потерь напора на турбулентность движения	4. Потерь теплоты через изоляционный слой

### Вариант № 2

<i>Вопрос 1. Пьезометрический график позволяет определить</i>	
1. Предельно допустимые напоры	3. Статический напор
2. Давление или напор в любой точке тепловой сети	4. Потери теплоты при движении теплоносителя

<i>Вопрос 2. Компенсация температурных удлинений труб производится</i>	
1. Подвижными опорами	3. Компенсаторами

2. Неподвижными опорами	4. Запорной арматурой
-------------------------	-----------------------

*Вопрос 3. Тепловые перемещения теплопроводов обусловлены*

1. Линейным удлинением труб при нагревании	3. Трением теплопроводов по опоре
2. Скольжением опор при охлаждении	4. Потерями теплоты при движении теплоносителя

*Вопрос 4. Проходные каналы относятся к следующему типу прокладок*

1. Надземной	3. Подземной канальной
2. Подземной бесканальной	4. Подводной

*Вопрос 5. Канальные прокладки теплопроводов предназначены для*

1. Защиты теплопроводов от воздействия грунта и коррозионного влияния почвы	3. Защиты теплопроводов от потерь теплоты
2. Защиты теплопроводов от воздействия атмосферных осадков	4. Компенсации температурных удлинений труб

*Вопрос 6. При прокладке в одном направлении не менее 5 труб применяются*

1. Непроходные каналы	3. Полупроходные каналы
2. Проходные каналы	4. Стальные трубы

*Вопрос 7. По принципу работы высокие стойки подразделяются на*

1 Жесткие, гибкие и качающиеся	3. Одноветвевые, двухветвевые
2. Вертикальные, горизонтальные	4. Водяные и паровые

*Вопрос 8. Назначение тепловой изоляции:*

1. Защита от воздействия грунта	3. Поддержание гидравлического режима тепловой сети
2. Уменьшение тепловых потерь	4. Компенсация температурных удлинений труб

*Вопрос 9. Теплоизоляционные материалы должны обладать*

1. Высокими теплозащитными свойствами	3. Коррозионно- агрессивными свойствами
2. Высоким коэффициентом теплопроводности	4. Низкими теплозащитными свойствами

*Вопрос 10. Антикоррозионную обработку наружной поверхности труб при температуре теплоносителя до 150 С производят*

1. Битумной грунтовкой	3. Органическими растворителями
2. Бензином	4. Минеральной ватой

*Вопрос 11. Тепловые потери в тепловых сетях бывают*

1. Линейные и местные	3. Аварийные и базовые
2. Гидравлические и статические	4. Непрерывные и периодические

*Вопрос 12. К основному оборудованию ТЭЦ относятся*

1. Насосы и подогреватели	3. Котел и турбина
---------------------------	--------------------

2 Теплопроводы и РОУ	4. Тепловые узлы и абонентские вводы
----------------------	--------------------------------------

<i>Вопрос 13 Водоподготовка для тепловых сетей включает следующие операции</i>	
1. Механическое фильтрование	3 Регенерация ионитов
2. Осветление, умягчение, деаэрация	4. Регенерация и отмывка ионитов

<i>Вопрос 14 Испытания тепловых сетей бывают</i>	
1. Первичные и плановые	3 Пусковые и эксплуатационные
2. Наладочные и аварийные	4. Непрерывные и периодические

<i>Вопрос 15. Для теплоснабжения потребителей используются теплоносители</i>	
1. Вода и водяной пар	3. Горячий воздух
2. Перегретый пар	4 Инертные газы

### Вариант № 3

<i>Вопрос 1. Система централизованного теплоснабжения включает в себя</i>	
1. Источник теплоты, теплопроводы, тепловые пункты	3. Источник теплоты, потребители
2. Котел и турбину	4. ЦТП и абонентские вводы

<i>Вопрос 2. По характеру циркуляции различают системы отопления:</i>	
1. С естественным и принудительным движением воды	3. Водяные и паровые
2. Открытые и закрытые	4. Однотрубные и многотрубные водяные

<i>Вопрос 3. Изменение температуры теплоносителя при постоянном его расходе относится к методу регулирования тепловой нагрузки</i>	
1. Количественному	3. Качественному
2. Прерывистому	4. Сезонному

<i>Вопрос 4 В независимых схемах присоединения теплоноситель поступает</i>	
1. Непосредственно из тепловых сетей в отопительные приборы	3. Из подогревателя в тепловую сеть
2. Из тепловой сети в подогреватель	4. Непосредственно из тепловых сетей в аккумулятор

<i>Вопрос 5В одноступенчатых системах теплоснабжения потребители присоединяют</i>	
1. Непосредственно к тепловым сетям	3 К тепловому узлу
2. К котельной установке	4. К ЦТП

<i>Вопрос 6. Сетевая вода используется как греющая среда для нагревания водопроводной воды в</i>	
1. Открытых системах	3. Паровых системах
2. Закрытых системах	4. Многотрубных водяных системах

<i>Вопрос 7. В производственно-отопительных котельных с переменной паровой нагрузкой экономичнее использовать</i>	
1. Барабанные котлы с естественной цир-	3. Паровые и водогрейные котлы

куляцией	
2. Барабанные котлы с принудительной циркуляцией	4. Пароводогрейные котлы

*Вопрос 8. Температура стенки труб конвективного пароперегревателя не должна превышать температуру пара плюс:*

1. 100 градусов	3. 130 градусов
2. 50 градусов	4. 130 градусов

*Вопрос 9. Паровой котел называется высокого, если он имеет следующие параметры*

1. P=9,8□13, 8 МПа, t <sub>nn</sub> =540-560 градусов	3. P=0,88 МПа, t <sub>nn</sub> =t <sub>нас</sub>
2. P=1,36□2,36 МПа, t <sub>nn</sub> =540-560 градусов	4. P=25 МПа, t <sub>nn</sub> =540-560 градусов

*Вопрос 10. Величина «Д» в выражении для КПД котла означает:*

$$\eta_{ка} = \frac{D \cdot (i_{nn} - i_{не})}{B \cdot Q_n^p} \cdot 100\%$$

1 Теплота сгорания топлива	3. Паропроизводительность котлоагрегата
2. Расход топлива	4. Площадь поверхности топочных экранов

*Вопрос 11. Основными параметрами котла являются*

1. Объем топки, площадь экранов, температура горения топлива	3. Паропроизводительность, давление и температура пара, температура питательной воды, КПД брутто
2. Температура горения на выходе из топки, температура уходящих газов, температура подогрева воздуха, относительное приращение энтальпий воды и пара	4. Приращение энтальпий воды и пара в поверхностях нагрева, энтальпии продуктов сгорания за поверхностями нагрева, коэффициент теплопередачи в поверхностях нагрева, температурный

*Вопрос 12. Водяные экономайзеры предназначены для*

1. Подогрев питательной воды до температуры, необходимой при подаче в испарительные поверхности нагрева	3. Для тепловосприятия конвекцией тепла дымовых газов
2. Для снижения потерь тепла с уходящими газами	4. Для образования насыщенного пара

*Вопрос 13. Что означает в маркировке мазута цифры за буквами М100, М40...*

1. Условная вязкость при температуре 50 градусов	3. Температура воспламенения
2. Температура застывания	4. Температура вспышки

*Вопрос 14. Продуктами неполного сгорания топлива являются*

1. CO <sub>2</sub> , C <sub>2</sub> H <sub>8</sub>	3. CO, H <sub>2</sub>
2. C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> , H <sub>2</sub> O	4. CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub>

*Вопрос 15. Тепловой баланс котла характеризует*

1. Соответствие между теплотой пара и теплотой дымовых газов	3. Равенство между приходом и расходом теплоты
2. Равенство между полезно затраченной теплотой и тепловыми потерями	4. Различия тепловых процессов при сжигании различных видов топлива

## ЗАДАНИЯ ПО ТЕМАМ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

### Задание 1

Выполнить расчет термодинамического цикла теплового двигателя. Определить значения параметров  $p$ ,  $v$  и  $T$  во всех характерных точках (A; C; Z и B), а также термический КПД, удельную работу и среднее теоретическое давление цикла, полагая, что рабочим телом является воздух. Расчет выполнить для случая, когда теплоёмкость рабочего тела постоянна  $c = \text{const}$ . Изобразить цикл с соблюдением выбранного масштаба в координатах  $p - v$  и  $T - s$  для случая, когда теплоёмкость принята постоянной.

### Задание 2

Решить задачу по теории теплообмена

Плоскую поверхность с температурой  $t_1$  °С необходимо изолировать, чтобы потеря теплоты не превышала  $q$  Вт/м<sup>2</sup> при температуре внешней поверхности изоляции  $t_2 = 50$  °С. Определить толщину изоляционного слоя  $\delta$  из совелита, коэффициент теплопроводности которого зависит от температуры и равен  $\lambda = 0,09 + 0,000087 \cdot t$  Вт/(м·К). Изменение температуры в слое изоляции показать на графике.

$$t_1 = 200^\circ\text{C}$$

$$q = 550 \text{ Вт/м}^2$$

$$t_2 = 50^\circ\text{C}$$

$$\lambda = 0,09 + 0,000087t$$

### Задание 3

Определить термическое сопротивление  $R$  обмуровки топочной камеры, состоящей из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми имеется засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1$  мм, диатомитовой засыпки  $\delta_2$  мм и красного кирпича  $\delta_3$  мм. Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,93$ ;  $\lambda_2 = 0,13$ ;  $\lambda_3 = 0,7$  Вт/(м·К). Какой толщины следует сделать слой красного кирпича  $\delta_3$ , если отказаться от применения засыпки из диатомита, чтобы тепловые потери через обмуровку остались неизменными?

**Дано:**

$$\delta_1 = 130 \text{ мм}$$

$$\delta_2 = 100 \text{ мм}$$

$$\delta_3 = 170 \text{ мм}$$

$$\lambda_1 = 0,93 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

$$\lambda_2 = 0,13 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

$$\lambda_3 = 0,7 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

### Задание 4

Паропровод диаметром  $d_2/d_1 = 170/160$  мм покрыт двухслойной изоляцией. Толщина первого слоя  $\delta_2=25$  мм и второго  $\delta_3=30$  мм. Коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции соответственно равны:  $\lambda_1 = 50$ ;  $\lambda_2 = 0,15$  и  $\lambda_3 = 0,1$  Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности паропровода  $t_1=310^\circ\text{C}$  и внешней поверхности изоляции  $t_4 = 50^\circ\text{C}$ . Определить тепловые потери с 1 м длины паропровода и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на стыке отдельных слоев. Температурное поле представить графически.

Дано:

$$d_2/d_1 = 170/160 \text{ мм}$$

$$\delta_2=25 \text{ мм}$$

$$\delta_3=30 \text{ мм}$$

$$\lambda_1 = 50 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\lambda_2 = 0,15 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\lambda_3 = 0,1 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$t_1=310^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 50^\circ\text{C}$$

#### Задание 5

Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_2 = 20$ мм с одной стороны покрыта слоем сажи толщиной  $\delta_1 = 1$  мм, а с другой стороны слоем накипи толщиной  $\delta_3 = 3$  мм. Коэффициенты теплопроводности равны: для сажи  $\lambda_1 = 0,08$  Вт/(м·К); для стали  $\lambda_2 = 50$  Вт/(м·К); для накипи  $\lambda_3 = 2,3$  Вт/(м·К). Температура наружной поверхности сажи  $t_1=640^\circ\text{C}$ , а температура наружной поверхности накипи  $t_4=170^\circ\text{C}$ . Определить поверхностную плотность теплового потока через стенку и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на поверхностях соприкосновения сажи и накипи с металлом. Определить во сколько раз увеличится поверхностная плотность теплового потока через стенку, если удалить сажу и накипь. Температурное поле в обоих случаях представить графически.

Дано:

$$\delta_1 = 1 \text{ мм}$$

$$\delta_2 = 20 \text{ мм}$$

$$\delta_3 = 3 \text{ мм}$$

$$\lambda_1 = 0,08 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\lambda_2 = 50 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$\lambda_3 = 2,3 \text{ Вт/(м·К)}$$

$$t_1=640^\circ\text{C}$$

$$t_4=170^\circ\text{C}$$

## ЗАДАНИЯ ПО КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЕ

Задание по контрольной работе, выполняемой студентами заочной формы обучения, предполагает решение задач на способы передачи теплоты. Подготовка работы осуществляется студентом самостоятельно с использованием лекционного материала и учебной литературы.

### 3.1 Теплопроводность

Задача 1. Плоскую поверхность с температурой  $t_1$  °С необходимо изолировать, чтобы потеря теплоты не превышала  $q$  Вт/м<sup>2</sup> при температуре внешней поверхности изоляции  $t_2 = 50$  °С. Определить толщину изоляционного слоя  $\delta$  из совелита, коэффициент теплопроводности которого зависит от температуры и равен  $\lambda = 0,09 + 0,000087 \cdot t$  Вт/(м·К). Изменение температуры в слое изоляции показать на графике.

Задача 2. Определить термическое сопротивление  $R$  обмуровки топочной камеры, состоящей из слоев шамотного и красного кирпича, между которыми имеется засыпка из диатомита. Толщина шамотного слоя  $\delta_1$  мм, диатомитовой засыпки  $\delta_2$  мм и красного кирпича  $\delta_3$  мм. Коэффициенты теплопроводности материалов соответственно равны:  $\lambda_1 = 0,93$ ;  $\lambda_2 = 0,13$ ;  $\lambda_3 = 0,7$  Вт/(м·К). Какой толщины следует сделать слой красного кирпича  $\delta_3'$ , если отказаться от применения засыпки из диатомита, чтобы тепловые потери через обмуровку остались неизменными?

Задача 3. Паропровод диаметром  $d_2/d_1 = 170/160$  мм покрыт двухслойной изоляцией. Толщина первого слоя  $\delta_2$  мм и второго  $\delta_3$  мм. Коэффициенты теплопроводности трубы и изоляции соответственно равны:  $\lambda_1 = 50$ ;  $\lambda_2 = 0,15$  и  $\lambda_3 = 0,1$  Вт/(м·К). Температура внутренней поверхности паропровода  $t_1$  °С и внешней поверхности изоляции  $t_4 = 50$  °С. Определить тепловые потери с 1 м длины паропровода и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на стыке отдельных слоев. Температурное поле представить графически.

Задача 4. Плоская стальная стенка толщиной  $\delta_2 = 20$  мм с одной стороны покрыта слоем сажи толщиной  $\delta_1 = 1$  мм, а с другой стороны слоем накипи толщиной  $\delta_3 = 3$  мм. Коэффициенты теплопроводности равны: для сажи  $\lambda_1 = 0,08$  Вт/(м·К); для стали  $\lambda_2 = 50$  Вт/(м·К); для накипи  $\lambda_3 = 2,3$  Вт/(м·К). Температура наружной поверхности сажи  $t_1$  °С, а температура наружной поверхности накипи  $t_4$  °С. Определить поверхностную плотность теплового потока через стенку и температуры  $t_2$  и  $t_3$  на поверхностях соприкосновения сажи и накипи с металлом. Определить во сколько раз увеличится поверхностная плотность теплового потока через

стенку, если удалить сажу и накипь. Температурное поле в обоих случаях представить графически.

### 3.2 Конвективный теплообмен

Задача 5. Определить среднее значение коэффициента теплоотдачи  $\alpha$  и количество передаваемой теплоты  $Q$  при течении теплоносителя в горизонтальной трубе диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м, если средняя скорость течения  $\bar{W}$  м/с, средняя температура теплоносителя  $\bar{t}_ж$  °С, средняя температура стенки  $\bar{t}_с$  °С.

Задача 6. Определить средний коэффициент теплоотдачи от воздуха для  $n$ -рядного пучка труб диаметром  $d$  мм. Средняя температура воздуха  $\bar{t}_ж$  °С, средняя скорость в самом узком сечении пучка  $\bar{W}$  м/с, угол атаки  $\varphi^\circ$ .

Задача 7. Определить потерю теплоты путем свободной конвекции от трубы диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м к воздуху, если средняя температура поверхности трубы  $\bar{t}_с$  °С, а средняя температура воздуха  $\bar{t}_ж$  °С.

Задача 8. Определить эквивалентный коэффициент теплопроводности и потери теплоты при свободной конвекции в плоской воздушной или водяной прослойке (щели) с поперечным размером  $\delta$  мм, расположенной между нагретой и холодной поверхностями с температурами  $\bar{t}_{с1}$  °С и  $\bar{t}_{с2}$  °С.

Задача 9. Вычислить средний коэффициент теплоотдачи при кипении воды и количество пара, получаемое в испарителе за 1 час, если общая поверхность испарения составляет  $F$  м<sup>2</sup>, средняя температура стенки испарителя  $\bar{t}_с$  °С, давление пара  $p$  МПа.

Задача 10. Определить средний коэффициент теплоотдачи от пара к трубе (горизонтальной или вертикальной) конденсатора и количество конденсата, образующегося за 1 час, если труба имеет наружный диаметр  $d$  мм, длину (высоту)  $l$  м и среднюю температуру поверхности  $\bar{t}_с$  °С. На поверхности трубы конденсируется сухой насыщенный пар при давлении  $p$  МПа.

### 3.3 Теплообмен излучением

Задача 11. Обмуровка топочной камеры парового котла выполнена из шамотного кирпича, а внешняя облицовка из листовой стали. Расстояние между обшивкой и кирпичной кладкой мало по сравнению с размерами стенок топки. Вычислить потери теплоты в окружающую среду с единицы поверхности за счет лучистого теплообмена между поверхностями обмуровки и обшивки, если температура внешней поверхности обмуровки  $t_1$  °С, а температура стальной обшивки  $t_2$  °С. Степень черноты шамота  $\varepsilon_1 = 0,8$ , а листовой стали  $\varepsilon_2 = 0,6$ .

Задача 12. Между двумя поверхностями с температурами  $T_1$  К и  $T_2$  К установлен экран. Материалы поверхностей и экрана одинаковы:  $c_1 = c_2 = c_3$  Вт/(м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup>). Определить лучистый поток между этими поверхностями через экран и температуру экрана. Как изменится лучистый поток, если экран убрать?

Задача 13. Вычислить степень черноты продуктов сгорания при общем давлении в топке  $p = 0,1$  МПа и температуре  $t$  °С, если парциальное давление водяных паров  $p_{H_2O}$  МПа, парциальное давление углекислоты  $p_{CO_2}$  МПа. Объем топки  $V$  м<sup>3</sup>, общая площадь поверхности ее стен  $F$  м<sup>2</sup>.

### 3.4 Теплопередача и теплообменные аппараты

Задача 14. В воде-водяном теплообменнике охлаждается пресная вода из системы охлаждения ДВС от  $t_1'$  °С до  $t_1''$  °С. Для охлаждения используется забортная вода с температурой  $t_2'$  °С. Расход пресной воды  $G_1$  кг/с, расход забортной воды  $G_2$  кг/с, коэффициент теплопередачи  $k = 800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Определить площадь поверхности теплообмена при прямотоке и противотоке при условии, что теплоемкость пресной воды  $c_{p1} = 4,19$  кДж/(кг·К), забортной воды  $c_{p2} = 3,85$  кДж/(кг·К).

Задача 15. В трубчатом подогревателе судовой адиабатной опреснительной установки подогревается забортная вода от  $t_2'$  °С до  $t_2'' = 90$  °С; расход воды  $G_2$  кг/с, а ее средняя теплоемкость  $c_{p2} = 3,9$  кДж/(кг·К). Подогрев происходит за счет конденсации сухого насыщенного пара с давлением  $p$  МПа. Средний коэффициент теплопередачи  $k = 2800$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Определить расход конденсирующегося пара и площадь поверхности нагрева подогревателя.

Задача 16. Для подогрева мазута от температуры  $t_2'$  °С до  $t_2'' = 95$  °С используется сухой насыщенный пар с давлением  $p$  МПа. Пар конденсируется на внешней поверхности трубчатого подогревателя. Определить среднелогарифмический температурный напор. Какую погрешность внесем в расчет, если заменим его среднеарифметическим температурным напором?

Варианты индивидуальных заданий по разделу теплопередача представлены в таблице 3.1-3.3

Таблица 3.1 – Варианты 1-10 индивидуальных заданий по теплопередаче

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	$t_1$	200	250	300	350	400	450	200	250	300	350
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160
	$\delta_2$	40	50	60	70	80	90	100	40	50	60
	$\delta_3$	170	180	190	200	210	220	170	180	190	200
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$\delta_3$	30	35	40	45	50	55	30	35	40	45
	$t_1$	250	260	270	280	290	300	310	250	260	270
4	$t_1$	700	690	680	670	660	650	640	630	620	610
	$t_4$	110	120	130	140	150	160	170	110	120	130
5	$d$	3	4	5	6	8	50	60	70	80	90
	теплоноситель	вода					воздух				
	$l$	0,12	0,16	0,12	0,16	0,20	2	3	4	5	6
	$\bar{W}$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,1	5	20	15	20	25
	$\bar{t}_ж$	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
	$\bar{t}_c$	10	10	20	20	30	40	60	60	50	40
6	тип пучка	коридорный					шахматный				
	$n$	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
	$d$	40	40	40	40	40	50	50	50	50	50
	$\bar{t}_ж$	200	250	300	350	400	400	350	300	250	200
	$\bar{W}$	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
	$\varphi$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	60
7	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	160	180	200	220	240	40	50	60	70	80
	$l$	4	5	6	8	7	2	3	4	5	6
	$\bar{t}_c$	50	60	70	80	90	150	160	170	180	190
	$\bar{t}_ж$	10	20	30	10	20	30	10	20	30	10
8	$\delta$	25	20	15	10	30	5	10	15	20	25
	$\bar{t}_{c1}$	150	160	170	180	190	80	85	90	95	100
	$\bar{t}_{c2}$	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
	теплоноситель	воздух					вода				
9	$F$	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4
	$\bar{t}_c$	110	115	125	135	140	150	160	165	170	190
	$p$	0,1	0,12	0,16	0,2	0,26	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8
10	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
	$l$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
	$\bar{t}_c$	95	95	95	100	100	100	120	130	140	95
	$p$	0,4	0,5	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	0,3
11	$t_1$	117	127	137	147	157	117	127	137	147	157
	$t_2$	47	47	47	47	47	50	50	50	50	50
12	$T_1$	800	800	800	800	800	900	900	900	900	900
	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5
13	$t \cdot 10^{-2}$	14	15	16	17	18	14	15	16	17	18
	$P_{H_2O} \cdot 10^2$	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2
	$P_{CO_2} \cdot 10^2$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$V$	10	12	14	16	18	17	15	13	11	9

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	$F$	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
14	$t_1$	80	82	84	86	78	82	84	86	78	80
	$t_1$	40	38	36	32	42	40	38	36	32	42
	$t_2$	8	8	8	8	8	10	10	10	10	10
	$G_1$	0,28	0,29	0,30	0,31	0,32	0,32	0,31	0,30	0,29	0,28
	$G_2$	0,47	0,47	0,47	0,47	0,47	0,45	0,45	0,45	0,45	0,45
15	$t_2$	10	12	14	16	18	20	22	22	20	18
	$G_2$	3	2,8	2,6	2,4	2,2	2,0	2,0	2,2	2,4	2,6
	$p$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	25	23	21	19	27	29	21	19	23	25
	$p$	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6

Таблица 3.2 – Варианты 11-20 индивидуальных заданий по теплопередаче

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	$t_1$	400	450	200	250	300	350	400	450	200	250
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160
	$\delta_2$	70	80	90	100	40	50	60	70	80	90
	$\delta_3$	210	220	170	180	190	200	210	220	170	180
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$\delta_3$	50	55	30	35	40	45	50	55	30	35
	$t_1$	280	290	300	310	250	260	270	280	290	300
4	$t_1$	600	590	700	690	680	670	660	650	640	630
	$t_4$	140	150	160	170	110	120	130	140	150	160
5	$d$	3	4	5	6	8	50	60	70	80	90
	теплоноситель	вода					воздух				
	$l$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	1	2	3	4	5
	$\bar{W}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	10	15	20	25	30
	$\bar{t}_ж$	70	80	90	60	50	120	130	140	150	160
	$\bar{t}_c$	10	15	20	25	30	40	50	60	70	80
6	тип пучка	коридорный					шахматный				
	$n$	6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
	$d$	20	30	50	70	60	70	60	40	30	20
	$\bar{t}_ж$	200	250	300	350	400	450	450	450	450	450
	$\bar{W}$	30	8	10	12	14	16	18	20	22	24
	$\varphi$	90	80	70	60	50	40	30	20	10	60
7	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	40	50	60	70	80	160	180	200	220	240
	$l$	3	4	5	6	7	2	3	4	5	6
	$\bar{t}_c$	200	210	220	230	240	40	50	60	70	80
	$\bar{t}_ж$	20	30	40	20	30	10	20	30	10	20
8	$\delta$	40	50	60	70	80	30	35	40	45	50

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	$\bar{t}_{c1}$	200	210	220	230	240	40	50	60	70	80
	$\bar{t}_{c2}$	100	100	100	100	100	20	20	20	20	20
	теплоноситель	воздух					вода				
9	$F$	5	6	3	4	5	6	3	4	5	6
	$\bar{t}_c$	195	200	210	220	230	235	240	250	255	260
	$p$	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,4	2,8	3,0	3,5
10	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	30	30	30	30	30	40	40	40	40	40
	$l$	3,0	3,2	3,4	3,6	3,8	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8
	$\bar{t}_c$	90	85	85	85	80	75	70	65	60	55
	$p$	0,26	0,20	0,16	0,12	0,10	0,08	0,06	0,05	0,04	0,03
11	$t_1$	117	127	137	147	157	112	122	132	142	152
	$t_2$	42	42	42	42	42	52	52	52	52	52
12	$T_1 \cdot 10^{-2}$	10	10	10	10	10	11	11	11	11	11
	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0
13	$t \cdot 10^{-2}$	14,0	15,0	16,0	17,0	18,0	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
	$P_{H_2O} \cdot 10^2$	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$P_{CO_2} \cdot 10^2$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
	$V$	8	10	12	14	16	18	20	16	14	12
	$F$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
14	$t_1$	84	86	78	80	82	86	78	80	82	84
	$t_1$	40	38	36	32	42	40	38	36	32	42
	$t_2$	9	9	9	9	9	12	12	12	12	12
	$G_1$	0,28	0,27	0,26	0,25	0,24	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28
	$G_2$	0,49	0,49	0,49	0,49	0,49	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
15	$t_2$	16	14	12	10	8	8	10	12	14	16
	$G_2$	2,8	3,0	3,2	3,4	3,6	3,4	3,2	3,0	2,8	2,6
	$p$	0,25	0,3	0,35	0,2	0,4	0,25	0,2	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	27	29	19	21	23	25	27	29	19	21
	$p$	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,25	0,35	0,45	0,55	0,15

Таблица 3.3 – Варианты 21-30 индивидуальных заданий по теплопередаче

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	$t_1$	300	350	400	450	200	250	300	350	400	450
	$q$	600	550	500	450	400	600	550	500	450	400
2	$\delta_1$	120	130	140	150	160	120	130	140	150	160
	$\delta_2$	100	40	50	60	70	80	90	100	40	50
	$\delta_3$	190	200	210	220	170	180	190	200	210	220
3	$\delta_2$	20	25	30	35	40	20	25	30	35	40
	$\delta_3$	40	45	50	55	30	35	40	45	50	55
	$t_1$	310	250	260	270	280	290	300	310	250	260

Номера задач	Обозначение величины	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
4	$t_1$	620	610	600	590	700	690	680	670	660	650
	$t_4$	170	110	120	130	140	150	160	170	110	120
5	$d$	4	6	8	10	12	40	50	60	70	80
	теплоноситель	вода					воздух				
	$l$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
	$\overline{W}$	0,5	0,6	0,7	0,8	1,0	5	10	15	20	25
	$\overline{t}_ж$	50	60	70	80	90	180	190	200	210	220
	$\overline{t}_c$	10	10	10	10	10	30	40	50	60	70
	6	тип пучка	коридорный					шахматный			
$n$		6	8	10	12	14	6	8	10	12	14
$d$		60	60	80	80	100	100	80	60	80	60
$\overline{t}_ж$		200	300	400	500	600	550	450	350	250	150
$\overline{W}$		5	10	15	20	25	30	20	10	35	40
$\varphi$		10	20	30	40	50	60	70	80	90	80
7	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	50	60	80	100	120	20	30	40	50	60
	$l$	2	4	5	6	7	1	2	3	4	5
	$\overline{t}_c$	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150
	$\overline{t}_ж$	10	30	50	20	30	40	20	30	40	40
8	$\delta$	90	100	110	120	130	10	20	30	40	50
	$\overline{t}_{c1}$	200	250	300	350	400	60	70	80	90	100
	$\overline{t}_{c2}$	80	80	80	80	80	40	40	40	40	40
	теплоноситель	воздух					вода				
9	$F$	3	4	5	6	3	4	5	6	3	4
	$\overline{t}_c$	270	280	295	300	310	320	330	340	350	350
	$p$	4,0	5,0	6,0	7,0	8,0	9,0	10,0	11,0	12,0	13,0
10	расположение трубы	горизонтально					вертикально				
	$d$	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
	$l$	2,6	2,4	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2	1,0	3,8
	$\overline{t}_c$	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5
	$p \cdot 10^2$	2,5	2,0	1,8	1,4	1,0	0,8	0,6	0,5	0,4	0,3
11	$t_1$	112	122	132	142	152	112	122	132	142	152
	$t_2$	50	50	50	50	50	47	47	47	47	47
12	$T_1 \cdot 10^{-2}$	12	12	12	12	12	13	13	13	13	13
	$T_2$	200	300	400	500	600	200	300	400	500	600
	$c$	3,5	4,0	4,5	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	3,5	4,0
13	$t \cdot 10^{-2}$	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5	14,5	15,5	16,5	17,5	18,5
	$P_{H_2O} \cdot 10^2$	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
	$P_{CO_2} \cdot 10^2$	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	$V$	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
	$F$	40	39	38	37	36	35	34	33	32	30
14	$t_1$	78	80	82	84	86	77	79	81	83	85
	$t_1$	40	38	36	32	42	39	41	43	45	47
	$t_2$	11	11	11	11	11	7	8	9	10	11
	$G_1$	0,29	0,30	0,32	0,33	0,34	0,34	0,33	0,32	0,31	0,30

Но- мера задач	Обозначе- ние величи- ны	Номера вариантов									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
	$G_2$	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
15	$t_2$	10	20	22	20	18	16	14	12	10	8
	$G_2$	2,4	2,2	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,8	2,6
	$p$	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
16	$t_2$	23	25	27	29	20	22	24	26	28	30
	$p$	0,15	0,25	0,35	0,45	0,55	0,55	0,45	0,35	0,25	0,15