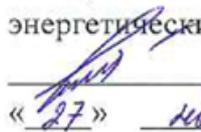


Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич  
Должность: ректор  
Дата подписания: 16.09.2024 15:02:38  
Уникальный программный ключ:  
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИИ  
Юго-Западный государственный университет

УТВЕРЖДАЮ:

Заведующий кафедрой инфраструктурных  
энергетических систем

 Н.Е. Семичева  
« 27 » сентября 2023 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА  
для текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации обучающихся  
по дисциплине  
Тепломассообмен

*(наименование дисциплины)*

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, профиль «Промышленная теплоэнергетика»

*(код и наименование ОПОП ВО)*

Курск – 2023

# 1 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

## 1.1 ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ

### 1. Теплопроводность при стационарных условиях. Нестационарная теплопроводность.

- 1 Основные три вида теплообмена.
- 2 Что называется тепловым потоком? поверхностной плотностью теплового потока? Единицы их измерения.
- 3 .Что называется температурным полем? Классификация температурных полей.
- 4 Что называется изотермической поверхностью? изотермой?
- 5 Что называется температурным градиентом? Его физический смысл. В какую сторону направлен температурный градиент?
- 6 Расскажите закон Фурье (теплопроводности), напишите его математическую формулу.
- 7 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для однородных изотропных тел с учетом внутренних источников теплоты.
- 8 Что называется коэффициентом температуропроводности? Что он характеризует?
- 9 Что называется коэффициентом теплопроводности? От чего он зависит?
- 10 Запишите уравнения теплопроводности для однослойной и многослойной плоской стенки.
- 11 Запишите уравнения теплопроводности для однослойной и многослойной цилиндрической стенки.
- 12 Что называется термическим сопротивлением теплопроводности стенки? В каких единицах измерения вычисляется?
- 13 Основные положения теплопроводности при нестационарных условиях.
- 14 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарных условий теплообмена.
- 15 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарных условий теплообмена.
- 16 Запишите дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарных условий теплообмена при наличии внутренних источников тепла.
- 17 Что называется краевыми и граничными условиями?
- 18 Назовите условия подобия процессов теплообмена.
- 19 Что называется коэффициентом температуропроводности? Что он характеризует?
- 20 Дайте аналитическое описание процесса нестационарной

теплопроводности.

21 Опишите методику расчета нестационарного температурного поля при охлаждении (нагревании) неограниченной пластины.

22 Опишите методику расчета нестационарного температурного поля при охлаждении (нагревании) цилиндра бесконечной длины.

23 Опишите методику расчета нестационарного температурного поля для тел конечных размеров.

## **2. Теплообмен излучением. Защита от излучения. Излучение газов.**

1 Что называется тепловым излучением? Каков механизм теплообмена излучением?

2 Перечислите основные законы лучистого теплообмена.

3 Что называется отражательной, поглощательной и пропускной способностью тела?

4 Какие тела называются абсолютно белыми?

5 Какие тела называются абсолютно прозрачными?

6 Какие тела называются абсолютно черными?

7 Какие тела называются серыми телами?

8 Напишите закон Стефана-Больцмана для серых тел.

9 Напишите закон Кирхгофа? Что такое поглощательная способность? Что такое степень черноты?

10 Напишите уравнение Стефана-Больцмана для теплообмена излучением между двумя телами. Что называется приведенной степенью черноты?

11 Опишите случай теплообмена излучением между двумя параллельными пластинами.

12 Опишите случай теплообмена излучением между двумя телами, когда одно находится внутри другого.

13 Что называется экранированием? Для чего его применяют?

14 Какие материалы применяют в качестве экранов?

15 Во сколько раз изменится тепловой поток излучением, если между двумя телами поместить  $n$  экранов из того же материала?

## **3. Конвективный теплообмен. Основы теории подобия. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Сложный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях.**

1 Что называется конвективным теплообменом? Какие виды конвекции вы знаете?

2 Что называется свободной конвекцией? Что называется вынужденной конвекцией?

3 Что называется теплоотдачей? Напишите уравнение Ньютона-Рихмана.

- 4 Что называется коэффициентом теплоотдачи? От каких факторов он зависит?
- 5 Назовите способы, как можно увеличить коэффициент теплоотдачи.
- 6 Напишите дифференциальное уравнение конвективного теплообмена.
- 7 Что такое теория подобия? Расскажите три теоремы подобия.
- 8 Перечислите критерии теплового и гидромеханического подобия?
- 9 Запишите формулу критерия Рейнольдса. Каков его физический смысл?
- 10 Какие режимы течения теплоносителей вы знаете? Каким критерием они определяются?
- 11 Что называется критериальным уравнением? Какие основные критерии подобия в него входят?
- 12 Запишите формулу критерия Нуссельта. Каков его физический смысл?
- 13 Запишите формулу критерия Прандтля. Каков его физический смысл?
- 14 Запишите формулу критерия Грасгофа. Каков его физический смысл?
- 15 Что называется определяющей температурой? Приведите примеры.
- 16 Что называется определяющим размером? Приведите примеры.
- 17 Что называется вынужденной конвекцией? Что называется конвективной теплоотдачей?
- 18 Понятие о гидродинамическом и тепловом пограничных слоях.
- 19 Каковы значения критерия Рейнольдса для труб круглого сечения при ламинарном режиме?
- 20 Каковы значения критерия Рейнольдса для труб круглого сечения при переходном режиме?
- 21 Каковы значения критерия Рейнольдса для труб круглого сечения при турбулентном режиме?
- 22 Напишите критериальное уравнение для вынужденной конвекции при турбулентном режиме.
- 23 Напишите критериальное уравнение для вынужденной конвекции при переходном режиме.
- 24 Опишите случай конвективной теплоотдачи при движении теплоносителя вдоль пластины.
- 25 Опишите случай конвективной теплоотдачи при движении теплоносителя в трубах круглого сечения.
- 26 Опишите случай конвективной теплоотдачи при поперечном обтекании теплоносителем одиночной трубы.
- 27 Опишите случай конвективной теплоотдачи при поперечном обтекании пучков труб с коридорным расположением.
- 28 Опишите случай конвективной теплоотдачи при поперечном обтекании пучков труб с шахматным расположением.
- 29 Что называется свободной конвекцией? От каких факторов она зависит?

- 30 Какие два основные критерия теплового подобия характеризуют теплообмен при свободной конвекции? Запишите их формулы.
- 31 Опишите случай свободной конвекции в большом объеме.
- 32 Опишите случай свободной конвекции вдоль вертикальной поверхности. Что является определяющим размером в этом случае?
- 33 Опишите случай свободной конвекции в ограниченном пространстве.
- 34 Что такое эквивалентный коэффициент теплопроводности? Как он определяется?
- 35 Какие три случая вязкостно-гравитационного течения в вертикальных трубах вы знаете? Чем они отличаются?
- 36 Опишите случай вязкостно-гравитационного течения в вертикальных трубах, когда направление потока и свободной конвекции совпадают?
- 37 Опишите случай вязкостно-гравитационного течения в вертикальных трубах, когда направление потока и свободной конвекции не совпадают?
- 38 Опишите случай вязкостно-гравитационного течения в горизонтальных трубах.
- 39 Что называется сложной теплоотдачей? Из каких видов теплообмена она состоит?
- 40 Напишите формулу для расчета теплового потока при сложной лучисто-конвективной теплоотдаче.
- 41 Что называется кипением? При каких условиях наступает кипение?
- 42 Как изменяется температура кипения в зависимости от давления на поверхность жидкости?
- 43 Что называется скрытой теплотой парообразования?
- 44 Какие режимы конденсации пара вы знаете? Опишите их.
- 45 Опишите случай теплоотдачи при пленочной конденсации пара.
- 46 Опишите случай теплоотдачи при капельной конденсации пара.
- 47 Какие режимы кипения жидкости вы знаете? Опишите их.
- 48 Опишите теплообмен при пузырьковом кипении жидкости.
- 49 Опишите теплообмен при пленочном кипении жидкости.
- 50 Изобразите график зависимости удельного теплового потока от температурного напора при кипении воды.
- 51 Изобразите график зависимости коэффициента теплоотдачи от температурного напора при кипении воды.
- 52 При каких условиях происходит конденсация пара? Что называется теплотой конденсации пара?
- 53 Теплоотдача при конденсации паров. Механизм конденсации, расчетные уравнения коэффициента теплоотдачи.
- 54 Теплоотдача при кипении жидкостей. Механизм кипения, расчетные уравнения коэффициента теплоотдачи.

#### **4. Теплопередача. Основы расчета теплообменных аппаратов.**

- 1 Что называется теплопередачей? Из каких видов теплообмена она состоит?
- 2 Напишите основное уравнение теплопередачи. Что называется коэффициентом теплопередачи?
- 3 От каких величин зависит коэффициент теплопередачи? Назовите способы, как можно увеличить коэффициент теплопередачи.
- 4 Что называется термическим сопротивлением теплопередаче?
- 5 Какие материалы называются теплоизоляционными? Напишите формулы, по которой рассчитывается толщина теплоизоляции?
- 6 Что называется теплообменным аппаратом? Какие виды теплообменных аппаратов вы знаете?
- 7 Какие теплоносители применяются в теплообменных аппаратах?
- 8 Напишите уравнение теплового баланса для теплообменника-водонагревателя.
- 9 Какие схемы движения теплоносителей в теплообменных аппаратах вы знаете?
- 10 Средний температурный напор в теплообменных аппаратах; при прямоточной, противоточной и других схемах движения теплоносителей.

#### **5. Массообмен: основные понятия и определения, закономерности.**

- 1 Назовите основные массообменные процессы в теплотехнике.
- 2 Напишите дифференциальные уравнения массообмена.
- 3 Что является движущей силой процессов массообмена?
- 4 Что называется молекулярной и конвективной диффузией?
- 5 Напишите закон Фика.
- 6 Что называется градиентом концентраций?
- 7 Что называется коэффициентом молекулярной диффузии?
- 8 Что называется массоотдачей?
- 9 Напишите основное уравнение массоотдачи.
- 10 Что называется коэффициентом массоотдачи?
- 11 Что называется массопередачей?
- 12 Напишите основное уравнение массопередачи.
- 13 Покажите аналогию процессов тепло - и массообмена.
- 14 Какие критерии подобия процессов массообмена вы знаете?

**Шкала оценивания:** 3 балльная.

**Критерии оценивания** (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

**3 балла** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если он принимает активное участие в беседе по большинству обсуждаемых вопросов (в том числе самых сложных); демонстрирует сформированную способность к диалогическому мышлению, проявляет уважение и интерес к иным мнениям; владеет глубокими (в том числе дополнительными) знаниями по существу обсуждаемых вопросов, ораторскими способностями и правилами ведения полемики; строит логичные, аргументированные, точные и лаконичные высказывания, сопровождаемые яркими примерами; легко и заинтересованно откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

**2 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в обсуждении не менее 50% дискуссионных вопросов; проявляет уважение и интерес к иным мнениям, доказательно и корректно защищает свое мнение; владеет хорошими знаниями вопросов, в обсуждении которых принимает участие; умеет не столько вести полемику, сколько участвовать в ней; строит логичные, аргументированные высказывания, сопровождаемые подходящими примерами; не всегда откликается на неожиданные ракурсы беседы; не нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

**1 балл** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он принимает участие в беседе по одному-двум наиболее простым обсуждаемым вопросам; корректно выслушивает иные мнения; неуверенно ориентируется в содержании обсуждаемых вопросов, порой допуская ошибки; в полемике предпочитает занимать позицию заинтересованного слушателя; строит краткие, но в целом логичные высказывания, сопровождаемые наиболее очевидными примерами; теряется при возникновении неожиданных ракурсов беседы и в этом случае нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

**0 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если он не владеет содержанием обсуждаемых вопросов или допускает грубые ошибки; пассивен в обмене мнениями или вообще не участвует в дискуссии; затрудняется в построении монологического высказывания и (или) допускает ошибочные высказывания; постоянно нуждается в уточняющих и (или) дополнительных вопросах преподавателя.

## ***1.2 ТЕМЫ РЕФЕРАТОВ***

**1. Теплопроводность при стационарных условиях. Нестационарная теплопроводность.**

1 Основные способы теплообмена и их краткая характеристика: теплопроводность, конвекция, излучение.

2 Теплопроводность как вид теплообмена. Основные понятия: температурное поле, изотермические поверхности, градиент температур.

3 Закон Фурье, коэффициент теплопроводности, его физический смысл, зависимость от температуры.

4 Дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарных и нестационарных условий, при наличии внутренних источников тепла.

5 Уравнения теплопроводности плоской однослойной стенки, плоской многослойной стенки,

6 Уравнения теплопроводности цилиндрической однослойной стенки, цилиндрической многослойной стенки.

7 Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности неограниченной пластины.

8 Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности цилиндра бесконечной длины.

9 Аналитическое описание процесса нестационарной теплопроводности для тел конечных размеров.

## **2. Теплообмен излучением. Защита от излучения. Излучение газов.**

1 Теплообмен излучением, его физическая сущность. Основные понятия: лучистый тепловой поток, излучательная способность тела, радиация, экранирование.

2 Основные законы лучистого теплообмена: законы Стефана-Больцмана, Кирхгофа, Ламберта.

3 Теплообмен излучением между двумя телами: параллельными плоскими поверхностями; одно тело находится внутри другого; между телами при установке между ними экрана.

4 Применение экранов для защиты от излучения. Излучение газов.

## **3. Конвективный теплообмен. Основы теории подобия. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Сложный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях.**

1 Конвективный теплообмен, его физическая сущность. Основные понятия: теплоотдача, конвекция свободная и вынужденная, теплоноситель.

2 Основное уравнение конвективного теплообмена (уравнение Ньютона-Рихмана). Факторы, влияющие на интенсивность конвективного теплообмена.

3 Дифференциальное уравнение конвективного теплообмена для стационарного и нестационарного трехмерного температурного поля.

4 Основные критерии теплового подобия. Общий вид критериального уравнения конвективного теплообмена.

5 Теплоотдача при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности (пластины).

6 Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя внутри трубы.

7 Теплоотдача при вынужденном движении теплоносителя при поперечном обтекании одиночной трубы.

8 Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании коридорного пучка труб.

9 Теплоотдача при вынужденном поперечном омывании шахматного пучка труб.

10 Теплоотдача при свободной конвекции в неограниченном пространстве.

11 Теплоотдача при свободной конвекции в щелях и прослойках.

12 Сложная (конвективно-лучистая) теплоотдача. Коэффициент теплоотдачи при сложной теплоотдаче.

13 Теплообмен при конденсации пара. Пленочная и капельная конденсация пара.

14 Теплообмен при кипении жидкостей. Пузырьковое и пленочное кипение.

#### **4. Теплопередача. Основы расчета теплообменных аппаратов.**

1 Теплопередача. Основное уравнение теплопередачи.

2 Теплопередача через плоскую однослойную стенку.

3 Теплопередача через плоскую многослойную стенку.

4 Теплопередача через цилиндрическую однослойную стенку.

5 Теплопередача через многослойную цилиндрическую стенку.

6 Теплообменные аппараты. Классификация (схема, принцип действия).

7 Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата: конструктивный расчет.

8 Тепловой расчет рекуперативного теплообменного аппарата: поверочный расчет.

9 Уравнение теплового баланса для теплообменных аппаратов различных типов (нагреватели, охладители, конденсаторы, выпарные установки).

#### **5. Массообмен: основные понятия и определения, закономерности.**

1 Массопередача. Основные определения: массообмен, движущая сила, фаза, система, распределяемый компонент, носитель, молекулярная диффузия, массоотдача, массопередача.

2 Основные массообменные процессы. Способы задания состава фаз. Условия равновесия. Правило фаз Гиббса.

3 Молекулярная диффузия. Первый закон Фика, основные понятия: градиент концентраций, коэффициент молекулярной диффузии.

4 Конвективная диффузия. Дифференциальные уравнения массообмена в неподвижной и движущейся среде.

5 Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Движущая сила процесса. Коэффициент массоотдачи, физический смысл, размерность, формула.

6 Массопередача. Перенос вещества в твердой фазе. Критерий Био. Аналогия процессов тепло- и массообмена.

7 Классификация сушильных установок по способу подвода тепла.

8 Классификация конвективных сушилок (схема, принцип действия, достоинства и недостатки, область применения).

**Шкала оценивания:** 3 балльная.

**Критерии оценивания** (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

**3 балла** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если тема реферата раскрыта полно и глубоко, при этом убедительно и аргументированно изложена собственная позиция автора по рассматриваемому вопросу; структура реферата логична; изучено большое количество актуальных источников, грамотно сделаны ссылки на источники; самостоятельно подобран яркий иллюстративный материал; сделан обоснованный убедительный вывод; отсутствуют замечания по оформлению реферата.

**2 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если тема реферата раскрыта полно и глубоко, сделана попытка самостоятельного осмысления темы; структура реферата логична; изучено достаточное количество источников, имеются ссылки на источники; приведены уместные примеры; сделан обоснованный вывод; имеют место незначительные недочеты в содержании и (или) оформлении реферата.

**1 балл** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если тема реферата раскрыта неполно и (или) в изложении темы имеются недочеты и ошибки; структура реферата логична; количество изученных источников менее рекомендуемого, сделаны ссылки на источники; приведены общие примеры; вывод сделан, но имеет признаки неполноты и неточности; имеются замечания к содержанию и (или) оформлению реферата.

**0 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если содержание реферата имеет явные признаки плагиата и (или) тема реферата не раскрыта и (или) в изложении темы имеются грубые ошибки; материал не структурирован, излагается непоследовательно и сбивчиво; количество изученных источников значительно менее рекомендуемого, неправильно сделаны ссылки на источники или они

отсутствуют; не приведены примеры или приведены неверные примеры; отсутствует вывод или вывод расплывчат и неконкретен; оформление реферата не соответствует требованиям.

### 1.3 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАДАЧИ

Методика расчета и задания представлены в методических указаниях:

\* **Тепломассообмен:** методические указания и задания к практическим занятиям и самостоятельной работе для студентов очной и заочной формы обучения направлений подготовки 08.03.01 «Строительство», 08.04.01 «Строительство», 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин, Н.С. Кобелев, Е.М. Кувардина. – Курск, 2017. – 32 с.: ил. 9, табл. 8, прилож. 4. – Библиогр.: с. 28.

#### 1. Теплопроводность при стационарных условиях. Нестационарная теплопроводность.

##### *Производственная задача № 1*

Обмуровка печи состоит из слоев шамотного,  $\delta_1$ , [ $\lambda=1,14$  Вт/(м·К)] и красного,  $\delta_3$ , [ $\lambda=0,76$  Вт/(м·К)] кирпича, между которыми расположена засыпка из изоляционного материала,  $\delta_2=250$  мм.

Определить тепловые потери через  $1 \text{ м}^2$  поверхности стенки, если на внутренней стороне шамотного кирпича температура равна  $t_{w1}$ , а на наружной стороне красного кирпича  $t_{w2}$ . Какой толщины потребуется слой из красного кирпича, если отказаться от применения засыпки из изоляционного материала при тех же температурных условиях и неизменном тепловом потоке? Данные, необходимые для решения задачи выбрать из табл. 1\*

Таблица 1 – Исходные данные к расчету

Вариант П	$\delta_1$ , мм	$t_{w1}$ °С	Вариант ПП	$\delta_3$ , мм	$t_{w2}$ , °С	Изоляционный материал	
						Название	$\lambda_2=...$ ,Вт/(м·К)
0	80	1050	0	60	90	Совелит	$0,0901+0,000087 \times t$
1	90	980	1	60	85	Новоасбозурит	$0,144+0,00014 \times t$
2	80	1070	2	120	93	Диатомит молот.	$0,091+0,00028 \times t$
3	100	950	3	60	97	Вермикулит	$0,072+0,000362 \times t$
4	120	1030	4	125	86	Асбослюда	$0,120+0,000148 \times t$
5	120	945	5	125	82	Асботермит	$0,109+0,000145 \times t$
6	80	1020	6	125	94	Асбозонолит	$0,143+0,00019 \times t$
7	90	990	7	60	78	Асбозурит	$0,1622+0,000169 \times t$
8	80	1140	8	120	89	Диатомит молот	$0,091+0,00028 \times t$
9	120	1135	9	60	91	Шлаковая вата	$0,05+0,000145 \times t$

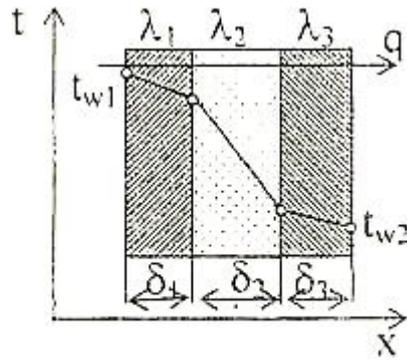


Рис.1. Расчетная схема 3-х слойной плоской стенки

## 2. Теплообмен излучением. Защита от излучения. Излучение газов.

### Производственная задача № 2

Определить удельный лучистый тепловой поток  $q$  между двумя параллельно расположенными плоскими стенками, имеющими температуры,  $t_{w1}$  и  $t_{w2}$ . и степени черноты,  $\epsilon_1$  и  $\epsilon_2$ , если между ними нет экрана. Определить также удельный тепловой поток при наличии экрана,  $q^э$  со степенью черноты,  $\epsilon^э$  (см. табл. П.4). Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл.2.\*

Таблица 2 – Исходные данные к расчету

Вариант П	$\epsilon_1$	$\epsilon_2$	Материал экрана	Вариант ПП	$t_{w1},$ °C	$t_{w2},$ °C
0	0,5	0,6	Алюминий полиров	0	200	30
1	0,55	0,52	Латунь полированная	1	250	35
2	0,60	0,70	Хром полированный	2	300	25
3	0,52	0,72	Алюминий шероховат.	3	350	20
4	0,58	0,74	Латунь прокатная	4	400	40
5	0,58	0,74	Хром полированный	4	400	40
6	0,70	0,58	Медь полированная	6	500	50
7	0,65	0,62	Алюминий шероховат	7	550	55
8	0,75	0,73	Латунь полированная	8	600	60

Вариант П	$\varepsilon_1$	$\varepsilon_2$	Материал экрана	Вариант ПП	$t_{w1},$ °C	$t_{w2},$ °C
9	0,80	0,77	Сталь полированная	9	650	65

**3. Конвективный теплообмен. Основы теории подобия. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Сложный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях.**

*Производственная задача № 3*

Определить потери теплоты конвекцией и излучением (отдельно) за сутки горизонтально расположенного трубопровода диаметром  $d$  мм и длиной  $l$  м, охлаждаемого свободным потоком воздуха, если температура поверхности трубопровода,  $t_w$  температура воздуха в помещении,  $t_f$  (степень черноты трубы  $\varepsilon$  см. по справочной литературе). Данные, необходимые для решения задачи, взять из табл.3.\*

Таблица 3 – Исходные данные к расчету

Вариант П	$d,$ мм	$\varepsilon,$ м	Вариант ПП	$t_w,$ °C	$t_f,$ °C	Поверхность трубы
0	230	3	0	150	15	Жесть белая старая
1	220	5	1	140	20	Асбестовый картон
2	250	7	2	130	25	Лак белый
3	240	9	3	120	35	Лак черный матовый
4	210	11	4	110	25	Железо оцинкованное
5	270	6	5	100	20	Масляная краска
6	340	4	6	190	15	Сталь шероховатая
7	320	12	7	180	10	Алюминиевая краска
8	360	8	8	170	5	Сталь окисленная
9	300	10	9	160	0	Чугун шероховатый

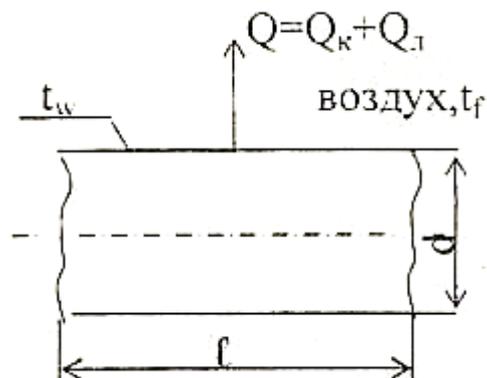


Рис. 2. Расчетная схема для определения сложной теплоотдачи конвекцией и излучением

#### 4. Теплопередача. Основы расчета теплообменных аппаратов.

##### Производственная задача № 4

По горизонтально расположенной стальной трубе [ $\lambda=20$  Вт/(м·К)] со скоростью  $w$ , м/с течёт вода, имеющая температуру,  $t_1$ . Снаружи труба охлаждается окружающим воздухом, температура которого,  $t_2$ . Определить коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$ , соответственно, от воды к внутренней стенке трубы и от наружной стенки трубы к воздуху, а также коэффициент теплопередачи и тепловой поток  $q$ , отнесённый к 1 м длины трубы, если внутренний диаметр трубы равен  $d_1$ , внешний –  $d_2$ . Данные, необходимые для решения задачи, взять из табл. 4.\*

При определении  $\alpha_1$  и  $\alpha_2$  принять температуру поверхностей трубы  $t_w$ , равной  $t_w=(t_1+t_2)/2$ .

Таблица 4 – Исходные данные к расчету

Вариант П	$t_1$ , °C	$w$ , м/с	Вариант ПП	$t_2$ , °C	$d_1$ , мм	$d_2$ , мм
0	140	0,25	0	18	190	210
1	150	0,36	1	16	180	200
2	120	0,27	2	14	170	190
3	160	0,38	3	12	160	180
4	150	0,19	4	10	150	170
5	190	0,21	5	8	140	160
6	170	0,23	6	6	130	150
7	210	0,42	7	4	120	140
8	200	0,43	8	2	110	130
9	220	0,44	9	0	100	120

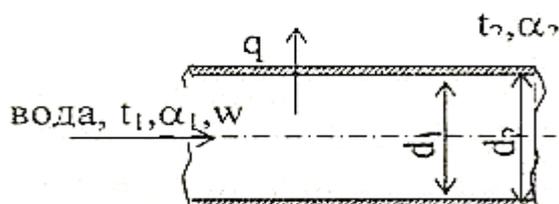


Рис. 3. Расчетная схема теплопередачи через цилиндрическую стенку

##### Производственная задача № 5

Водовоздушный нагреватель выполнен из труб диаметром 38x3 мм. Греющая среда - воздух, подается в межтрубное пространство с температурой  $t_1'$ . На выходе из аппарата температура воздуха  $t_2'$ . По трубам протекает нагреваемая вода расходом  $G_2$  т/ч с начальной температурой  $t_2''$  и конечной  $t_2$ . Коэффициенты теплоотдачи от воздуха к трубам  $\alpha_1$  и от труб к воде  $\alpha_2$ .

Определить поверхность нагрева аппарата, если он подключен по прямоточной и противоточной схемам. Учесть загрязнения поверхности труб: с одной стороны - слоем масла толщиной 0,1 мм и с другой - накипью толщиной 0,5 мм. Теплопроводность масла  $\lambda_m=0,15$  Вт/(м·К), накипи -  $\lambda_n =1,75$  Вт/(м·К). Теплопроводность материала труб приведена в табл. 5.

Кривизной стенки трубы можно пренебречь. Учесть потери тепла в

окружающую среду, которые составляют 5% теплоты, получаемой водой ( $Q_{\text{пот.}}=0,05 \times Q_2$ ). Данные для решения задачи взять из табл. 5.

Таблица 5 – Исходные данные к расчету

Вариант П	Материал труб	$t_1'$ °C	$t_1''$ °C	$t_2'$ °C	$t_2''$ °C	Вариант ПП	$G_2$ , т/ч	$\alpha_1$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\alpha_2$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
0	Латунь	340	280	20	150	0	1,8	45	2400
1	Алюминий	350	250	30	200	1	2,0	30	2200
2	Титан	380	200	40	150	2	4,0	40	3400
3	Латунь	400	300	50	120	3	6,0	50	4100
4	Медь	420	280	55	180	4	8,0	60	5500
5	Сталь 20	450	280	60	190	5	2,5	65	6300
6	Нержавеющая сталь	270	200	65	140	6	5,0	35	3500
7	Латунь	360	220	70	170	7	3,5	45	2500
8	Медь	500	350	80	215	8	3,0	55	4500
9	Сталь 45	300	190	75	160	9	3,2	36	3200

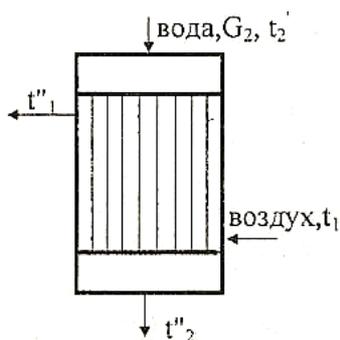


Рис. 4. Расчетная схема теплообменного аппарата

## 5. Массообмен: основные понятия и определения, закономерности.

### Производственная задача № 6

Вычислить коэффициент массоотдачи в процессе сушки песка в воздушной конвективной сушилке. Сушильный агент - воздух с параметрами по психрометру  $t_c$ , °C и  $t_m$ , °C перемещается вдоль поверхности испарения со скоростью  $w$ , м/с. Давление воздуха в сушилке  $P$ , мм рт.ст., длина поверхности испарения  $L$ , м.

Примечание: При решении задачи принять:

1) коэффициент диффузии  $D_0=21,6 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  при нормальных физических условиях;

2) критериальное уравнение для процесса сушки  $Nu_D=C \cdot Re^n \cdot Pr_D^{0,33} \cdot Gu^{0,135}$ .  
Данные для решения задачи взять из табл.6 и 7.

Таблица 6 – Исходные данные к расчету

Вариант П	Показание психрометра		Р, мм рт.ст.	Вариант ПП	W, м/с	ℓ, м
	t <sub>с</sub> °С	t <sub>м</sub> °С				
0	30	15	735	0	1,20	0,90
1	35	20	740	1	1,30	0,80
2	40	25	775	2	1,40	0,70
3	34	20	750	3	1,50	0,75
4	36	22	760	4	1,60	0,65
5	32	18	765	5	1,70	0,60
6	42	22	780	6	1,25	0,85
7	45	25	785	7	1,35	0,85
8	38	24	735	8	1,45	0,75
9	40	22	785	9	1,55	0,70

**Шкала оценивания:** 3 балльная.

**Критерии оценивания** (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

**3 балла** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время или с опережением времени, при этом обучающимся предложено оригинальное (нестандартное) решение, или наиболее эффективное решение, или наиболее рациональное решение, или оптимальное решение.

**2 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если задача решена правильно, в установленное преподавателем время, типовым способом; допускается наличие несущественных недочетов.

**1 балл** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если при решении задачи допущены ошибки не критического характера и (или) превышено установленное преподавателем время.

**0 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если задача не решена или при ее решении допущены грубые ошибки.

### 1.4 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Методика расчета и задания представлены в методических указаниях:

\* Тепломассообмен: методические указания к лабораторным работам для студентов технических направлений подготовки очной и заочной форм обучения / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин, Н.С. Кобелев, Е.М. Кувардина. – Курск, 2017. – 59 с.: ил. 23, табл. 11, прилож. 3. – Библиогр.: с. 56.

### 3. Конвективный теплообмен. Основы теории подобия. Теплоотдача при свободной и вынужденной конвекции. Сложный теплообмен. Теплообмен при фазовых превращениях.

*Лабораторная работа № 3. «Определение коэффициента теплоотдачи горизонтальной трубы при свободной конвекции воздуха».*

Целью работы является углубление знаний по теории конвективного теплообмена, ознакомление с методикой опытного исследования процесса теплообмена и получение навыков в проведении эксперимента.

Задание:

1. Определить опытным путём коэффициент теплоотдачи конвекцией от горизонтальной трубы к воздуху.
2. Вычислить теоретическое значение коэффициента теплоотдачи от горизонтальной трубы к воздуху по критериальному уравнению и сравнить его с опытным значением.
3. Составить отчёт по работе.

Проведение опыта:

Установку включает и выключает преподаватель. Тепловой режим трубы регулируется при помощи автотрансформатора 8. Установив мощность нагревателя (40-60 Вт), необходимо следить за тем, чтобы она оставалась неизменной в течение всего опыта. Установка прогревается примерно 50-60 минут. После того как наступит стационарное состояние, записывают показания всех термопар 1-6 в таблицу 3.1. Производят три записи показаний термопар, делая интервал между записями 1-2 мин.

Таблица 3.1 – Протокол испытаний

Номера термопар	1	2	3	4	5	6
Измеряемая температура	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t_4$	$t_5$	$t_6$
1 замер						
2 замер						
3 замер						
Среднее значение						
Мощность электрического нагревателя $Q=$ Вт.						

Вопросы для защиты лабораторной работы:

1. Что называется конвекцией? Какие виды конвекции существуют?
2. Что называется свободной конвекцией? Каков механизм теплоотдачи при свободной конвекции?

3. Что называется вынужденной конвекцией? Каков механизм теплоотдачи при вынужденной конвекции?
4. Что такое конвективная теплоотдача?
5. Основное уравнение теплоотдачи.
6. Коэффициент теплоотдачи, физический смысл, размерность. От каких факторов зависит коэффициент теплоотдачи?
7. Критерии теплового подобия, формулы, их физический смысл.
8. Критериальное уравнение теплоотдачи при свободной конвекции.
9. Описание лабораторной установки и ход проведения опыта.
10. В чем суть расчета коэффициента теплоотдачи первым и вторым способом?

**Шкала оценивания:** .6 балльная.

**Критерии оценивания** (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

**6 баллов** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена полностью, а доля правильных ответов на вопросы для защиты лабораторной работы составляет 100-90%.

**4 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена полностью, а доля правильных ответов на вопросы для защиты лабораторной работы составляет 89-75% заданий.

**2 балла** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена полностью, а доля правильных ответов на вопросы для защиты лабораторной работы составляет 74-60% заданий.

**0 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если лабораторная работа выполнена не в полном объеме, а доля правильных ответов на вопросы для защиты лабораторной работы составляет 59% и менее.

## 2 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

### 2.1 ТЕМЫ КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ

1. «Тепловой и гидравлический расчёт кожухотрубчатого водо-водяного подогревателя» (по вариантам заданий, см. таблицу П.1).

Таблица П.1 - Исходные данные вариантов.

Показатели	Ед.из	Выбор варианта									
Расход греющей воды $G_1$	кг/ч	Последняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
		2200	4800	6500	10500	12500	5000	6000	7000	8000	9500
Температура греющей воды на входе в ТО $t'_1$	$^{\circ}\text{C}$	90	92	91	93	94	96	98	97	99	95
Расход нагреваемой воды $G_2$	кг/ч	4100	8400	10500	17000	20000	8000	10000	12500	15000	17000
Внутренний диаметр корпуса $D$	мм	49	69	82	107	158	209	259	309	82	158
Число трубок в секции $n$		4	7	10	19	37	61	109	151	10	37
Температура нагреваемой воды на входе в ТО $t'_2$	$^{\circ}\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
		6	7	8	9	5	6	7	10	9	10
Температура нагреваемой воды на выходе из ТО $t''_2$	$^{\circ}\text{C}$	47	48	49	52	54	52	53	45	55	50
Коэффициент теплопроводности материала трубок $\lambda$	$\frac{\text{Вт.}}{(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})}$	05	102	106	100	108	110	112	114	118	101
Расчетная длина секции ТО $l$	м	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3	3,2	3,4	3,6	3,8
Диаметры трубок $d_2/d_1$	мм	16/14									

Требования к структуре, содержанию, объему, оформлению курсовых работ (курсовых проектов), процедуре защиты, а также критерии оценки определены в:

- стандарте СТУ 04.02.030-2017 «Курсовые работы (проекты). Выпускные квалификационные работы. Общие требования к структуре и оформлению»;
- положении П 02.016-2018 «О балльно-рейтинговой системе оценивания

результатов обучения по дисциплинам (модулям) и практикам при освоении обучающимися образовательных программ»;

- методических указаниях по выполнению курсовой работы (курсового проекта) «Тепловой и гидравлический расчёт кожухотрубчатого водо-водяного подогревателя»: методические указания и задания к курсовому проектированию и самостоятельной работе для студентов очной и заочной формы обучения направления подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.А. Жмакин, Н.С. Кобелев, Е.М. Кувардина. – Курск, 2017. – 25 с.: ил. 3, табл. 1, прилож. 4. – Библиогр.: с. 27.

**Шкала оценивания курсовых проектов:** 100-балльная.

**Критерии оценивания** (нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):

**85-100 баллов** (или оценка «отлично») выставляется обучающемуся, если тема курсовой работы раскрыта полно и глубоко, при этом убедительно и аргументированно изложена собственная позиция автора по рассматриваемому вопросу; курсовая работа демонстрирует способность автора к сопоставлению, анализу и обобщению; структура курсовой работы четкая и логичная; изучено большое количество актуальных источников, включая дополнительные источники, корректно сделаны ссылки на источники; самостоятельно подобраны убедительные примеры; основные положения доказаны; сделан обоснованный и убедительный вывод; сформулированы мотивированные рекомендации; выполнены требования к оформлению курсовой работы.

**70-84 балла** (или оценка «хорошо») выставляется обучающемуся, если тема курсовой работы раскрыта, сделана попытка самостоятельного осмысления темы; структура курсовой работы логична; изучены основные источники, правильно оформлены ссылки на источники; приведены уместные примеры; основные положения и вывод носят доказательный характер; сделаны рекомендации; имеются незначительные погрешности в содержании и (или) оформлении курсовой работы.

**50-69 балла** (или оценка «удовлетворительно») выставляется обучающемуся, если тема курсовой работы раскрыта неполно и (или) в изложении темы имеются недочеты и ошибки; отмечаются отступления от рекомендованной структуры курсовой работы; количество изученных источников менее рекомендуемого, сделаны ссылки на источники; приведены самые общие примеры или недостаточное их количество; вывод сделан, но имеет признаки неполноты и неточности; рекомендации носят формальный характер; имеются недочеты в содержании и (или) оформлении курсовой работы.

**0-49 баллов** (или оценка «неудовлетворительно») выставляется обучающемуся, если тема курсовой работы не раскрыта и (или) в изложении темы имеются грубые ошибки; структура курсовой работы нечеткая или не определяется вообще; количество изученных источников значительно менее рекомендуемого, неправильно сделаны ссылки на источники или они отсутствуют; не приведены примеры или приведены неверные примеры; отсутствует вывод или автор испытывает затруднения с выводами; не соблюдаются требования к оформлению курсовой работы.

## **2.2 БАНК ВОПРОСОВ И ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ**

### **1 Вопросы в закрытой форме.**

1.1. Что называется теплопроводностью?

- а) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемым телом.
- б) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.**
- в) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.
- г) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.
- д) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.

1.2. При увлажнении коэффициент теплопроводности пористых материалов:

- а) не изменяется.
- б) уменьшается.
- в) увеличивается.**
- г) зависит от множества других факторов.
- д) изменяется произвольно.

1.3. Тепловой поток – это ...

- а) количество теплоты, переданное через единицу площади изотермической поверхности.
- б) количество теплоты, переданное через изотермическую поверхность.
- в) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при градиенте температуры, равном единице.
- г) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через изотермическую поверхность.**
- д) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности.

1.4. Что такое конвективный теплообмен?

- а) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.
- б) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.
- в) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.
- г) **процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.**
- д) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.

1.5. Укажите уравнение конвективной теплоотдачи (Ньютона-Рихмана):

- а)  $Q = C_0 \cdot F(T/100)^4$ .
- б)  $Q = \lambda(dT/dn)F$ .
- в)  $Q = -\lambda(dT/dn)F$ .
- г)  $Q = k(t_1 - t_2)F$ .
- д)  **$Q = \alpha(t_c - t_{ж})F$ .**

1.6. Коэффициент теплоотдачи - это ...

- а) **количество теплоты, передаваемое в единицу времени с единицы площади поверхности стенки к жидкости или газу при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина.**
- б) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при градиенте температуры, равном единице.
- в) количества тепла, передаваемого в единицу времени через единицу площади поверхности стенки при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в 1 оС или К.
- г) количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
- д) количество теплоты, передаваемое в единицу времени с одного погонного метра длины трубопровода.

1.7. Что такое свободная конвекция?

- а) движение жидкости (или газа) под действием внешних побудителей потока, например, насоса, вентилятора или компрессора и пр.
- б) **движение жидкости (или газа) вследствие разности плотностей нагретых и холодных частей жидкости (или газа), обусловленное разностью температур, под действием сил гравитации.**
- в) движение жидкости (или газа) спокойное, параллельноструйное, без вихревых

ПОТОКОВ.

- г) движение жидкости (или газа) бурлящее, с беспорядочным перемешиванием слоев жидкости (или газа), с вихревыми потоками
- д) движение жидкости (или газа) в направлении от поверхности теплообмена.

1.8. О режиме течения жидкости (или газа) судят по значению:

- а) критерия Грасгофа Gr.
- б) критерия Прандтля Pr.
- в) критерия Рейнольдса Re.**
- г) средней скорости потока  $w$ .
- д) критерия Грасгофа Gr.

1.9. Укажите область значений критерия Рейнольдса Re для ламинарного режима течения в трубах круглого сечения:

- а)  $Re < 10000$ .
- б)  $Re > 10000$ .
- в)  $Re > 2300$ .
- г)  $Re < 2300$ .**
- д)  $2300 < Re < 10000$ .

1.10. Назовите вид теплообмена, который возможен в условиях отсутствия вещества между телами (в вакууме):

- а) теплопередачей.
- б) конвекцией.
- в) теплоотдачей.
- г) теплопередачей.
- д) излучением.**

1.11. Теплообмен излучением - это ...

- а) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.**
- б) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.
- в) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.
- г) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.
- д) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

1.12. Лучи, которые поглощаются телами и их энергия превращается в тепловую, называются тепловыми. Какие из перечисленных ниже лучи относятся к тепловым?

- а) ультрафиолетовые.
- б) световые и инфракрасные.**
- в) рентгеновские.
- г) микроволны.
- д) гамма-лучи.

1.13. Что называется сложной теплоотдачей?

- а) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.
- б) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.
- в) процесс переноса от поверхности твердого тела к газообразной среде, осуществляемый совместно конвекцией и излучением.**
- г) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.
- д) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.

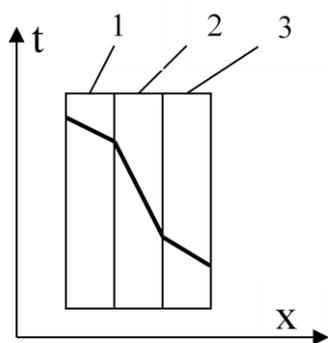
1.14. Укажите формулу для расчета удельного теплового потока  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, сложной теплоотдачей:

- а)  $q = \epsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$ .
- б)  $q = (\lambda/\delta) \cdot (T_1 - T_2)$ .
- в)  $q = k(t_1 - t_2)$ .
- г)  $q = \alpha(tc - tж) + \epsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$ .**
- д)  $q = \alpha(tc - tж)$ .

1.15. Что называется теплопередачей?

- а) процесс переноса от поверхности твердого тела к газообразной среде, осуществляемый совместно конвекцией и излучением.
- б) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.
- в) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.
- г) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.
- д) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.**

1.16 Какой слой многослойной стенки имеет наименьший коэффициент теплопроводности?



- а) слой 1.
- б) слой 2.**
- в) все равны.
- г) слой 3.
- д) слои 1 и слой 3.

1.17. Градиент температуры - это ...

- а) векторная величина, направленная по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равная производной от температуры по этому направлению.**
- б) векторная величина, направленная по нормали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры, и численно равная производной от температуры по этому направлению.
- в) количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу площади поверхности стенки толщиной в 1 м при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина.
- г) количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
- д) векторная величина, направленная по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры.

1.18. Укажите формулу закона Фурье:

- а)  $Q = - \lambda(dT/dn)F.$**
- б)  $Q = \lambda(dT/dn)F.$
- в)  $Q = \alpha(tc - tж)F.$
- г)  $Q = k(t_1 - t_2)F.$
- д)  $Q = Co * F(T/100)^4.$

1.19 Критерий Нуссельта Nu ...

- а) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- б) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.**
- в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.

- г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.
- д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.

1.20. Критерий Прандтля  $Pr$  ...

- а) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.
- б) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.
- в) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).**
- г) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.
- д) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.

1.21. Критерий Грасгофа  $Gr$  ...

- а) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.
- б) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.
- в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.**
- г) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- д) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.

1.22. Укажите область значений критерия Рейнольдса  $Re$  для турбулентного режима течения в трубах круглого сечения:

- а)  $Re < 2300$ .
- б)  $Re > 2300$ .
- в)  $Re < 10000$ .
- г)  $Re > 10000$ .**
- д)  $2300 < Re < 10000$ .

1.23. Укажите область значений критерия Рейнольдса  $Re$  для переходного режима течения в трубах круглого сечения:

**а)  $2300 < Re < 10000$ .**

б)  $Re < 2300$ .

в)  $Re > 2300$ .

г)  $Re < 10000$ .

д)  $Re > 10000$ .

1.24. Что принимают за определяющий линейный размер  $l_0$  при поперечном омывании трубы теплоносителем в числах подобия (например,  $Re = w \cdot l_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l_0^3 / \nu^2$ ):

а) внутренний диаметр трубы.

б) длину трубы.

**в) наружный диаметр трубы.**

г) эквивалентный диаметр трубы.

д) высоту трубы.

1.25 Абсолютно черным называется тело, если ...

а) вся падающая лучистая энергия полностью проходит сквозь тело.

**б) вся падающая лучистая энергия полностью поглощается телом.**

в) вся падающая лучистая энергия полностью отражается телом.

г) поглощательная способность тела не зависит от длины волны.

д) вся падающая лучистая энергия частично поглощается телом, частично проходит сквозь него, частично отражается телом.

1.26. Абсолютно белым называется тело, если ...

а) поглощательная способность тела не зависит от длины волны.

б) вся падающая лучистая энергия частично поглощается телом, частично проходит сквозь него, частично отражается телом.

в) вся падающая лучистая энергия полностью проходит сквозь тело.

г) вся падающая лучистая энергия полностью поглощается телом.

**д) вся падающая лучистая энергия полностью отражается телом.**

1.27. Абсолютно прозрачным называется тело, если ...

**а) вся падающая лучистая энергия полностью отражается телом.**

б) поглощательная способность тела не зависит от длины волны.

в) вся падающая лучистая энергия частично поглощается телом, частично проходит сквозь него, частично отражается телом.

г) вся падающая лучистая энергия полностью проходит сквозь тело.

д) вся падающая лучистая энергия полностью поглощается телом.

1.28. Укажите уравнение теплопередачи:

**а)  $Q = k(t_1 - t_2)F$ .**

- б)  $Q = \alpha(t_c - t_{ж})F$ .
- в)  $Q = \varepsilon_{\text{гр}} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \cdot F_1$ .
- г)  $Q = (\lambda/\delta) \cdot (t_1 - t_2)F$ .
- д)  $Q = (T_1 - T_2)F / [(1/2\lambda) \cdot \ln(d_2/d_1)]$ .

1.29. Укажите формулу для расчета коэффициента теплопередачи ( $k$ ) для плоской стенки:

- а)  $k = 1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2$ .
- б)  $k = 1/[1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)]$ .
- в)  $k = 1/[1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2]$ .**
- г)  $k = 1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)$ .
- д)  $k = Q/(F \cdot \Delta t)$ .

1.30. Укажите формулу для расчета коэффициента теплопередачи ( $k$ ) для цилиндрической стенки:

- а)  $k = 1/[1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2]$ .
- б)  $k = 1/[1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)]$ .**
- в)  $k = 1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2$ .
- г)  $k = 1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)$ .
- д)  $k = Q/(F \cdot \Delta t)$ .

1.31. Знак "минус" в записи закона Фурье выражает:

- а) что вектор плотности теплового потока направлен противоположно вектору градиента температуры, т.е. в сторону уменьшения температуры.**
- б) что чем больше градиент температуры, тем меньше плотность потока тепла.
- в) что коэффициент теплопроводности отрицателен.
- г) что тепло передается от нагретых тел к более холодным.
- д) что плотность теплового потока всегда отрицательная величина.

1.32. Коэффициент теплопроводности  $\lambda$ , Вт/(м·К) характеризует:

- а) интенсивность собственного излучения тела.
- б) интенсивность теплообмена между поверхностью тела и средой.
- в) способность вещества передавать теплоту.**
- г) скорость изменения температуры в нестационарных тепловых процессах.
- д) способность тела поглощать теплоту при изменении температуры тела на один градус Цельсия или Кельвина.

1.33. Критерий Рейнольдса  $Re$  ...

- а) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.
- б) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил

давления и инерционных сил.

- в) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- г) **представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.**
- д) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.

1.34. Какие критерии теплового подобия входят в критериальное уравнение при вынужденной конвекции?

- а)  $Nu = f(Re, Gr, Pr)$ .
- б)  $Nu = f(Eu, Pr)$ .
- в)  $Nu = f(Gr, Pr)$ .
- г)  $Nu = f(Re, Gr)$ .
- д)  **$Nu = f(Re, Pr)$ .**

1.35. Какие критерии теплового подобия входят в критериальное уравнение при свободной конвекции?

- а)  **$Nu = f(Gr, Pr)$ .**
- б)  $Nu = f(Re, Pr)$ .
- в)  $Nu = f(Re, Gr)$ .
- г)  $Nu = f(Re, Gr, Pr)$ .
- д)  $Nu = f(Eu, Pr)$ .

1.36. Что принимают за определяющий линейный размер  $l_0$  в числах подобия при течении теплоносителя внутри трубы (например,  $Re = w \cdot l_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l_0^3 / \nu^2$ ):

- а) длину трубы.
- б) наружный диаметр трубы.
- в) **внутренний диаметр трубы.**
- г) эквивалентный диаметр трубы.
- д) высоту трубы.

1.37. Что принимают за определяющую температуру  $t_0$  для теплофизических свойств теплоносителя -  $\rho$ ,  $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  - при расчетах турбулентного потока внутри трубы:

- а) температура стенки трубы  $t_c$ .
- б) **температура теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$ .**
- в) средняя температура пограничного слоя  $t_{п.с.} = (t_{ж} + t_c)/2$ .
- г) разница температур теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$  и стенки трубы  $t_c$ :  
 $t_0 = |t_{ж} - t_c|$ .

д) сумма температур теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$  и стенки трубы  $t_c$ :  
 $t_0 = t_{ж} + t_c$ .

1.38. Что принимают за определяющую температуру  $t_0$  для теплофизических свойств теплоносителя -  $\rho$ ,  $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ ,  $\nu$  - при расчетах вязкостно-гравитационного потока внутри трубы:

а) температура стенки трубы  $t_c$ .

б) температура теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$ .

**в) средняя температура пограничного слоя  $t_{п.с.} = (t_{ж} + t_c)/2$ .**

г) разница температур теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$  и стенки трубы  $t_c$ :  
 $t_0 = |t_{ж} - t_c|$ .

д) сумма температур теплоносителя вдали от стенки  $t_{ж}$  и стенки трубы  $t_c$ :  
 $t_0 = t_{ж} + t_c$ .

1.39. Серым называется тело, если ...

а) вся падающая лучистая энергия частично поглощается телом, частично проходит сквозь него, частично отражается телом.

б) вся падающая лучистая энергия полностью отражается телом.

в) вся падающая лучистая энергия полностью проходит сквозь тело.

г) вся падающая лучистая энергия полностью поглощается телом.

**д) поглощательная способность тела не зависит от длины волны.**

1.40. Степенью черноты тела ( $\epsilon$ ) называется:

**а) отношение плотностей потока излучения  $E$  серого тела и абсолютно черного тела  $E_0$ .**

б) отношение потока излучения, поглощенного телом  $Q_a$ , ко всему потоку излучения, падающему на тело  $Q_0$ .

в) отношение потока излучения, отраженного телом  $Q_r$ , ко всему потоку излучения, падающему на тело  $Q_0$ .

г) отношение потока излучения, прошедшего сквозь тело  $Q_d$ , ко всему потоку излучения, падающему на тело  $Q_0$ .

д) отношение плотности потока излучения  $E$  к площади излучающей поверхности тела  $F$ .

1.41. Укажите формулу закона Стефана-Больцмана:

а)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .

б)  $E_0 = E/A = f(T)$ .

**в)  $E_0 = C_0(T/100)^4$ .**

г)  $E = \epsilon \cdot E_0$ .

д)  $I_\psi = I_n \cdot \cos(\psi)$

1.42. Укажите формулу для определения термического сопротивления

теплопередаче (R) плоской стенки:

а)  $R = 1/[1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2]$ .

**б)  $R = 1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2$ .**

в)  $R = 1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)$ .

г)  $R = 1/[1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)]$ .

д)  $R = (F \cdot \Delta t)/Q$ .

1.43. Укажите формулу для определения термического сопротивления теплопередаче (R) цилиндрической стенки:

а)  $R = (F \cdot \Delta t)/Q$ .

б)  $R = 1/[1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2]$ .

в)  $R = 1/\alpha_1 + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_2$ .

**г)  $R = 1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)$ .**

д)  $R = 1/[1/(\alpha_1 \cdot d_1) + \Sigma(1/2\lambda_i) \cdot \ln(d_j/d_i) + 1/(\alpha_2 \cdot d_2)]$ .

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

а) не повлияет на теплопередачу.

б) повлияет, если только коэффициенты теплоотдачи равны.

в) со стороны большего коэффициента теплоотдачи.

г) одинаково с любой стороны.

**д) со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи.**

1.45. Что называется изотермической поверхностью?

а) линия, объединяющая точки тела с различной температурой.

**б) поверхность, объединяющая точки тела с одинаковой температурой.**

в) поверхность, объединяющая точки тела с различной температурой.

г) поверхность, объединяющая точки тела с одинаковым давлением.

д) поверхность раздела фаз между жидкостью (или газом) и твердым телом.

1.46. Что называется теплоизоляционными материалами?

**а) материалы с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  менее 0,25 Вт/(м\*К).**

б) материалы с коэффициентом теплопроводности,  $\lambda$  равным 0,25 Вт/(м\*К).

в) материалы с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  более 0,25 Вт/(м\*К).

г) материалы с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  менее 0,75 Вт/(м\*К).

д) материалы с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  более 0,75 Вт/(м\*К).

1.47. Какие критерии теплового подобия входят в критериальное уравнение при свободно-вынужденной конвекции?

а)  $Nu = f(Re, Gr)$ .

б)  $Nu = f(Re, Pr)$ .

- в)  $Nu = f(Eu, Pr)$ .
- г)  $Nu = f(Gr, Pr)$ .
- д)  **$Nu = f(Re, Gr, Pr)$ .**

1.48. Коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  в общем случае зависит от температуры поверхности  $t_c$ , температуры теплоносителя  $t_{ж}$ , скорости теплоносителя  $w$ , теплофизических свойств жидкости:  $\rho$ ,  $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ , формы и размеров поверхности  $\ell_1$ ,  $\ell_2$ ,  $\ell_3, \dots$  и положении в пространстве, массы тела  $m$ . Что здесь лишнее?

- а) размеры поверхности  $\ell_1$ ,  $\ell_2$ ,  $\ell_3, \dots$  и положение в пространстве.
- б) теплофизические свойства жидкости:  $\rho$ ,  $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\mu$ .
- в) **масса тела  $m$ .**
- г) температуры поверхности  $t_c$ , теплоносителя  $t_{ж}$ .
- д) скорость теплоносителя  $w$ .

1.49. Теплоотдачей называется ...

- а) процесс переноса теплоты между потоком жидкости (или газа) и стенкой.
- б) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.
- в) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.
- г) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.
- д) **процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.**

1.50. Что принимают за определяющий линейный размер  $\ell_0$  в числах подобия при свободной конвекции вдоль вертикальной поверхности (пластины или трубы) в неограниченном пространстве (например,  $Re = w \cdot \ell_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot \ell_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell_0^3 / \nu^2$ ):

- а) длину.
- б) **высоту.**
- в) наименьший линейный размер.
- г) наружный диаметр.
- д) наибольший линейный размер.

1.51. Укажите условия ламинарного режима свободной конвекции при течении вдоль вертикальных труб и пластин:

- а)  $Re < 10000$ .
- б)  $Re < 2300$ .
- в)  $2300 < Re < 10000$ .
- г)  **$1000 < (Gr \cdot Pr)_{ж} < 10^9$ .**
- д)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} > 10^9$ .

1.52. Укажите условия турбулентного режима свободной конвекции при течении вдоль вертикальных труб и пластин:

- а)  $Re < 2300$ .
- б)  $1000 < (Gr \cdot Pr)_{ж} < 10^9$ .
- в)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} > 10^9$ .**
- г)  $Re < 10000$ .
- д)  $2300 < Re < 10000$ .

1.53. Укажите формулу закона Кирхгофа:

- а)  $I_{\psi} = I_n \cdot \cos(\psi)$ .
- б)  $E = \varepsilon \cdot C_0 (T/100)^4$ .
- в)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .
- г)  $E_0 = C_0 (T/100)^4$ .
- д)  $E_0 = E/A = f(T)$ .**

1.54. Укажите формулу закона Ламберта:

- а)  $E_0 = E/A = f(T)$ .
- б)  $I_{\psi} = I_n \cdot \cos(\psi)$ .**
- в)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .
- г)  $E = \varepsilon \cdot C_0 (T/100)^4$ .
- д)  $E_0 = C_0 (T/100)^4$ .

1.55. Укажите формулу закона Вина:

- а)  $E_0 = C_0 (T/100)^4$ .
- б)  $E = \varepsilon \cdot C_0 (T/100)^4$ .
- в)  $E_0 = E/A = f(T)$ .
- г)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .**
- д)  $I_{\psi} = I_n \cdot \cos(\psi)$ .

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

- а) со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи.**
- б) со стороны большего коэффициента теплоотдачи.
- в) одинаково с любой стороны.
- г) не повлияет на теплопередачу.
- д) повлияет, если только коэффициенты теплоотдачи равны.

1.57. С какой стороны плоской поверхности увеличение скорости теплоносителя позволит в наибольшей степени интенсифицировать теплопередачу?

- а) одинаково с любой стороны.
- б) со стороны большего коэффициента теплоотдачи.
- в) со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи.**
- г) не повлияет на теплопередачу.
- д) повлияет, если только коэффициенты теплоотдачи равны.

1.58. На что повлияет очистка теплопередающей поверхности от загрязнений, выполняемая для интенсификации теплопередачи?

- а) повысится термическое сопротивление стенки теплопроводности.
- б) повысится термическое сопротивление стенки теплоотдаче с обеих сторон стенки.
- в) снизится термическое сопротивление стенки теплоотдаче со стороны большего коэффициента теплоотдачи.
- г) снизится термическое сопротивление стенки теплопроводности.**
- д) снизится термическое сопротивление стенки теплоотдаче со стороны меньшего коэффициента теплоотдачи.

1.59. Что называется граничными условиями первого рода?

- а) заданы температура окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.
- б) распределение плотности теплового потока на поверхности тела для любого момента времени.
- в) распределение температуры на поверхности тела для любого момента времени.**
- г) заданы температуры соприкасающихся поверхностей (они равны между собой) и тепловой поток, проходящий через поверхности соприкосновения материалов стенки.
- д) распределение температуры во всем объеме тела в начальный момент времени.

1.60. Что называется граничными условиями второго рода?

- а) распределение плотности теплового потока на поверхности тела для любого момента времени.**
- б) распределение температуры на поверхности тела для любого момента времени.
- в) заданы температура окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.
- г) заданы температуры соприкасающихся поверхностей (они равны между собой) и тепловой поток, проходящий через поверхности соприкосновения материалов стенки.
- д) распределение температуры во всем объеме тела в начальный момент времени.

1.61. Что называется граничными условиями третьего рода?

- а) распределение плотности теплового потока на поверхности тела для любого момента времени.

- б) распределение температуры во всем объеме тела в начальный момент времени.
- в) заданы температура окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.**
- г) распределение температуры на поверхности тела для любого момента времени.
- д) заданы температуры соприкасающихся поверхностей (они равны между собой) и тепловой поток, проходящий через поверхности соприкосновения материалов стенки.

1.62. Что называется граничными условиями четвертого рода?

- а) заданы температура окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.
- б) распределение плотности теплового потока на поверхности тела для любого момента времени.
- в) распределение температуры на поверхности тела для любого момента времени.
- г) распределение температуры во всем объеме тела в начальный момент времени.
- д) заданы температуры соприкасающихся поверхностей (они равны между собой) и тепловой поток, проходящий через поверхности соприкосновения материалов стенки.**

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

- а) гораздо ниже.
- б) гораздо выше.**
- в) одного порядка.
- г) одинаковы.
- д) невозможно предсказать.

1.64. Укажите формулу для расчета критерия Рейнольдса (Re):

- а)  $Re = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell^3 / \nu^2$ .
- б)  $Re = \alpha \cdot \ell / \lambda$ .
- в)  $Re = \nu / a$ .
- г)  **$Re = w \cdot \ell / \nu$ .**
- д)  $Re = w \cdot \ell / \nu^2$ .

1.65. Укажите формулу для расчета критерия Грасгофа Gr:

- а)  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell^3 / \nu^2$ .**
- б)  $Gr = w \cdot \ell / \nu$ .
- в)  $Gr = \nu / a$ .

- г)  $Gr = \alpha \cdot \ell / \lambda$ .
- д)  $Gr = w \cdot \ell / \nu^2$ .

1.66. Укажите условия ламинарного режима свободной конвекции при течении вдоль горизонтальных труб и пластин:

- а)  $Re < 2300$ .
- б)  $1000 < (Gr \cdot Pr)_{п.с.} < 10^8$ .
- в)  $0,001 < (Gr \cdot Pr)_{п.с.} < 1000$ .**
- г)  $Re < 10000$ .
- д)  $2300 < Re < 10000$ .

1.67. Укажите условия турбулентного режима свободной конвекции при течении вдоль горизонтальных труб и пластин:

- а)  $Re < 10000$ .
- б)  $Re < 2300$ .
- в)  $2300 < Re < 10000$ .
- г)  $1000 < (Gr \cdot Pr)_{ж} < 10^8$ .**
- д)  $0,001 < (Gr \cdot Pr)_{п.с.} < 1000$ .

1.68. Что принимают за определяющий линейный размер  $\ell_0$  в числах подобия при свободной конвекции вдоль горизонтальной поверхности (пластины или трубы) в неограниченном пространстве (например,  $Re = w \cdot \ell_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot \ell_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell_0^3 / \nu^2$ ):

- а) длину.
- б) наименьший линейный размер (для пластины) или наружный диаметр.**
- в) высоту.
- г) наибольший линейный размер (для пластины) или наружный диаметр.
- д) наибольший линейный размер (для пластины) или внутренний диаметр.

1.69. Укажите формулу закона Стефана – Больцмана для серых тел:

- а)  $I_\psi = I_n \cdot \cos(\psi)$ .
- б)  $E_0 = E/A = f(T)$ .
- в)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .
- г)  $E_0 = C_0(T/100)^4$ .
- д)  $E = \varepsilon \cdot C_0(T/100)^4$ .**

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

- а)  $Q = \varepsilon_{пр} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] \cdot F_1$ .**
- б)  $Q = k(T_1 - T_2)F$ .
- в)  $Q = \alpha(t_c - t_{ж})F$ .
- г)  $Q = (\lambda/\delta) \cdot (T_1 - T_2)F$ .

д)  $Q = (T_1 - T_2)F / [(1/2\lambda) \cdot \ln(d_2/d_1)]$ .

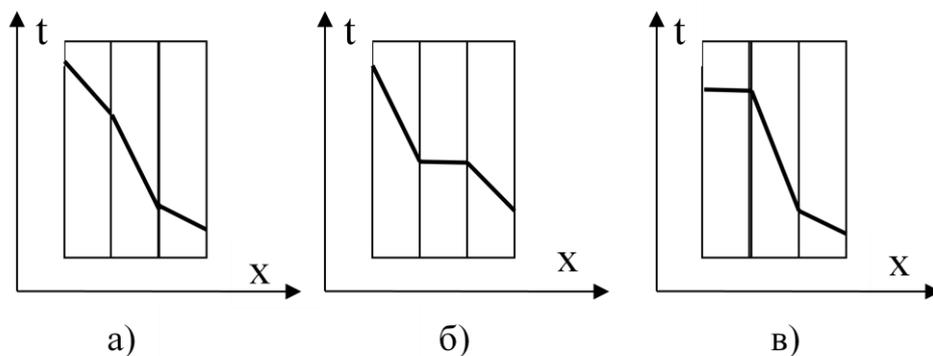
1.71. Укажите общую формулу для расчета приведенной степени черноты системы тел ( $\epsilon_{пр}$ ), между которыми происходит теплообмен излучением:

- а)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon + 1/\epsilon_2 - 1]$ .
- б)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 + 2\sum(1/\epsilon_n) - (n+1)]$ .
- в)  $\epsilon_{пр} = \epsilon_1$ .
- г)  $\epsilon_{пр} = 1/[(1/\epsilon_1) + (F_1/F_2) \cdot (1/\epsilon_2 - 1)]$ .
- д)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]$ .

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

- а) уменьшится.
- б) увеличится.**
- в) практически не изменится.
- г) изменится непредсказуемо.
- д) изменится в ту или иную сторону в зависимости от диаметра труб.

1.73. Какой из температурных графиков соответствует случаю: стальная стенка с теплопроводностью  $\lambda = 45 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  с одной стороны покрыта слоем сажи с теплопроводностью  $\lambda = 0,09 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ , а с другой слоем накипи с теплопроводностью  $\lambda = 1,75 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .



- а) только а и в.
- б) все три графика.
- в) в.
- г) а.
- д) **б.**

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

- а) изменится в зависимости от направления потока воздуха.
- б) изменится непредсказуемо.
- в) увеличится.**
- г) уменьшится.
- д) практически не изменится.

1.75. Укажите выражение для определения термического сопротивления теплопроводности цилиндрической стенки:

- а)  $R = \delta/\lambda$
- б)  $R = (1/2\lambda) \cdot \ln(d_2/d_1)$**
- в)  $R = 1/(d \cdot \alpha)$
- г)  $R = 1/(d_1 \cdot \alpha_1) + (1/2\lambda) \cdot \ln(d_2/d_1) + 1/(d_2 \cdot \alpha_2)$ .
- д)  $R = \lambda/\delta$ .

1.76. Что называется коэффициентом температуропроводности?

а) количество теплоты, отдаваемое в единицу времени единицей поверхности при разности температур между стенкой и жидкостью (или газом) в один градус Цельсия или Кельвина.

б) величина, характеризующая способность тела проводить теплоту.

**в) величина, характеризующая скорость изменения температуры в нестационарных тепловых процессах.**

г) количество теплоты, проходящее в единицу времени через единицу изотермической поверхности при температурном градиенте, равном единице.

д) количество теплоты, передаваемое в единицу времени от одного теплоносителя к другому через единицу поверхности при разности температур между теплоносителями в один градус Цельсия или Кельвина.

1.76. Укажите формулу для расчета критерия Нуссельта Nu:

- а)  $Nu = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell^3 / \nu^2$ .
- б)  $Nu = \alpha \cdot \ell / \lambda$ .**
- в)  $Nu = w \cdot \ell / \nu$ .
- г)  $Nu = v/a$ .
- д)  $Nu = w \cdot \ell / \nu^2$ .

1.77. Укажите формулу для расчета критерия Прандтля Pr :

- а)  $Pr = w \cdot \ell / \nu^2$ .
- б)  $Pr = w \cdot \ell / \nu$ .
- в)  $Pr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell^3 / \nu^2$ .
- г)  $Pr = \nu/a$ .**
- д)  $Pr = \alpha \cdot \ell / \lambda$ .

1.78. Укажите условия расчета свободной конвекции в щелях и прослойках (в ограниченном пространстве) по формулам теплопроводности:

- а)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} > 1000$ .
- б)  $Re < 2300$ .
- в)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} < 1000$ .**
- г)  $2300 < Re < 10000$ .
- д)  $Re < 10000$ .

1.79. Укажите условия расчета свободной конвекции в щелях и прослойках (в ограниченном пространстве) по формуле  $Nu = 0,18(Gr \cdot Pr)_{ж}^{0,25}$ :

- а)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} > 1000$ .
- б)  $(Gr \cdot Pr)_{ж} < 1000$ .
- в)  $Re < 2300$ .
- г)  $Re < 10000$ .
- д)  $2300 < Re < 10000$ .

1.80. Укажите формулу для расчета приведенной степени черноты системы тел ( $\epsilon_{пр}$ ) - две параллельные пластины, расположенные на близком расстоянии друг от друга:

- а)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon + 1/\epsilon_3 - 1]$ .
- б)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 + 2\sum(1/\epsilon_3) - (n+1)]$ .
- в)  $\epsilon_{пр} = \epsilon_1$ .
- г)  $\epsilon_{пр} = 1/[(1/\epsilon_1) + (F_1/F_2) \cdot (1/\epsilon_2 - 1)]$ .
- д)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]$ .

1.81. Укажите общую формулу для расчета приведенной степени черноты системы тел ( $\epsilon_{пр}$ ), если одно тело площадью  $F_1$  находится внутри другого площадью  $F_2$  и их площади во много раз отличаются  $F_1 \ll F_2$ :

- а)  $\epsilon_{пр} = \epsilon_1$ .
- б)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]$ .
- в)  $\epsilon_{пр} = 1/[(1/\epsilon_1) + (F_1/F_2) \cdot (1/\epsilon_2 - 1)]$ .
- г)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 + 2\sum(1/\epsilon_3) - (n+1)]$ .
- д)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon + 1/\epsilon_3 - 1]$ .

1.82. Укажите общую формулу для расчета приведенной степени черноты системы тел ( $\epsilon_{пр}$ ), если между телами расположен экран со степенью черноты, отличающейся от степени черноты этих тел:

- а)  $\epsilon_{пр} = \epsilon_1$ .
- б)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 + 2\sum(1/\epsilon_3) - (n+1)]$ .
- в)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]$ .
- г)  $\epsilon_{пр} = 1/[(1/\epsilon_1) + (F_1/F_2) \cdot (1/\epsilon_2 - 1)]$ .
- д)  $\epsilon_{пр} = 1/[1/\epsilon + 1/\epsilon_3 - 1]$

1.83. Что такое вынужденная конвекция?

- а) **движение жидкости (или газа) под действием внешних побудителей потока, например, насоса, вентилятора или компрессора и пр.**
- б) движение жидкости (или газа) вследствие разности плотностей нагретых и холодных частей жидкости (или газа), обусловленное разностью температур, под действием сил гравитации.
- в) движение жидкости (или газа) спокойное, параллельноструйное, без вихревых потоков.
- г) движение жидкости (или газа) бурлящее, с беспорядочным перемешиванием слоев жидкости (или газа), с вихревыми потоками
- д) движение жидкости (или газа) в направлении от поверхности теплообмена.

1.84. Коэффициент теплопередачи - это ...

- а) количество теплоты, передаваемое в единицу времени с единицы площади поверхности стенки к жидкости или газу при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина.
- б) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при градиенте температуры, равном единице.
- в) количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
- г) количества тепла, передаваемого в единицу времени через единицу площади поверхности стенки при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в 1 оС или К.
- д) количество теплоты, передаваемое в единицу времени с одного погонного метра длины трубопровода.

1.85. Укажите формулу для выбора теплоизоляционного материала для снижения тепловых потерь от трубопровода, покрытого слоем теплоизоляции ( $d_2$  - наружный диаметр неизолированного трубопровода,  $\alpha_2$  - коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности в окружающую среду):

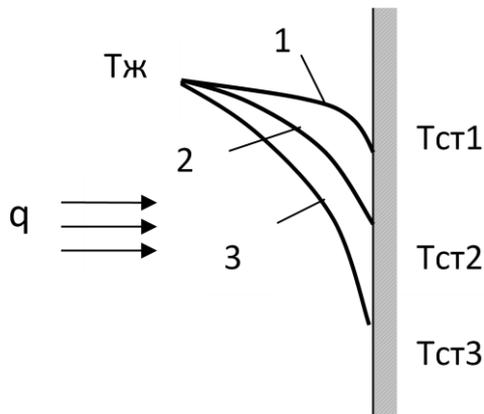
- а)  $\lambda_{\text{из}} > 0,5 \cdot \alpha_2 \cdot d_2$ .
- б)  $\lambda_{\text{из}} < 0,5 \cdot \alpha_2 \cdot d_2$ .**
- в)  $\lambda_{\text{из}} = 0,5 \cdot \alpha_2 \cdot d_2$ .
- г)  $\lambda_{\text{из}} < 0,5 \cdot \alpha_2 / d_2$ .
- д)  $\lambda_{\text{из}} > 0,5 \cdot \alpha_2 / d_2$ .

1.86. Лучи, которые поглощаются телами и их энергия превращается в тепловую, называются тепловыми. Какие из перечисленных ниже лучи относятся к тепловым?

- а) ультрафиолетовые.
- б) световые и инфракрасные.**
- в) рентгеновские.
- г) микроволны.
- д) гамма-лучи.

1.87. Укажите график изменения температуры в пристенном слое, который соответствует наименьшему коэффициенту теплоотдачи, если тепловые потоки  $q$  во всех случаях равны:

- а) график 2.
- б) график 3.**
- в) график 1.
- г) одинаково для всех трех графиков.
- д) графики 1 и 3.



1.88. Что характеризует критерий Грасгофа  $Gr$  ...

**а) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.**

б) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).

в) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.

г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.

д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.

1.89. Что характеризует критерий Нуссельта  $Nu$ ?

а) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).

**б) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.**

в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.

г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.

д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.

1.90. Укажите график изменения температуры в пристенном слое соответствует наибольшему коэффициенту теплоотдачи, если тепловые потоки  $q$  во всех случаях равны:

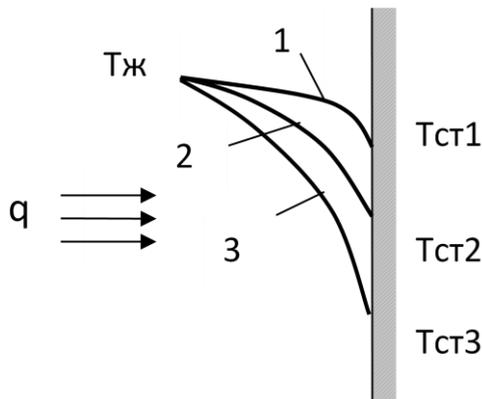
а) График 3.

б) График 2.

**в) График 1.**

г) Одинаково для всех трех графиков.

д) Графики 1 и 3.



1.91. Что характеризует критерий Прандтля  $Pr$ ?

- а) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- б) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.
- в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.
- г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.
- д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.

1.92. Что принимают за определяющий линейный размер  $l_0$  в числах подобия при свободной конвекции вдоль вертикальной поверхности (пластины или трубы) в неограниченном пространстве (например,  $Re = w \cdot l_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l_0^3 / \nu^2$ ):

- а) высоту.
- б) длину.
- в) наименьший линейный размер.
- г) наибольший линейный размер.
- д) наружный диаметр.

1.93. Что характеризует критерий Нуссельта  $Nu$  ...

- а) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- б) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.
- в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.
- г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.
- д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.

- 1.94. Как изменится при увлажнении коэффициент теплопроводности пористых материалов:
- а) **увеличивается;**
  - б) уменьшается;
  - в) не изменяется;
  - г) изменяется произвольно;
  - д) зависит от множества других факторов.
- 1.95. Что называется коэффициентом теплоотдачи?
- а) **количество теплоты, передаваемое в единицу времени с единицы площади поверхности стенки к жидкости или газу при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина.**
  - б) количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при градиенте температуры, равном единице.
  - в) количества тепла, передаваемого в единицу времени через единицу площади поверхности стенки при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  или К.
  - г) количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
  - д) количество теплоты, передаваемое в единицу времени с одного погонного метра длины трубопровода.
- 1.96. Что характеризует критерий Прандтля  $Pr$  ...
- а) **характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).**
  - б) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.
  - в) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.
  - г) представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.
  - д) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.
- 1.97. Что называется градиентом температуры?
- а) **Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равный производной от температуры по этому направлению.**
  - б) Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону убывания температуры, и численно равный производной от температуры по этому направлению.
  - в) Количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу площади поверхности стенки толщиной в 1 м при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина.

- г) Количество теплоты, которое проходит в единицу времени через единицу поверхности.
- д) Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры.

1.98. Что называется конвективным теплообменом:

- а) **процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.**
- б) процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой.
- в) процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемых телом.
- г) процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом.
- д) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

1.99. Что характеризует критерий Рейнольдса  $Re$  ...

- а) **представляет собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризует гидродинамический режим движения жидкости.**
- б) характеризует подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие так называемую свободную конвекцию.
- в) характеризует физические свойства жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе).
- г) характеризует подобие полей давления и является мерой отношения сил давления и инерционных сил.
- д) характеризует интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело.

1.100. Укажите формулу для расчета удельного теплового потока  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>, сложной теплоотдачей:

- а)  $q = \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$ .
- б)  $q = (\lambda/\delta) \cdot (T_1 - T_2)$ .
- в)  $q = k(t_1 - t_2)$ .
- г)  **$q = \alpha(tc - tж) + \varepsilon_{\text{пр}} \cdot C_0 \cdot [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4]$ .**
- д)  $q = \alpha(tc - tж)$ .

## 2 Вопросы в открытой форме.

2.1. Процесс распространения тепла при непосредственном соприкосновении частиц с различной температурой называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «теплопроводностью».**

2.2. Процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «конвективный теплообмен».**

2.3. Процесс распространения теплоты посредством электромагнитных волн, испускаемым телом, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «тепловое излучение».**

2.4. Процесс переноса теплоты между поверхностью твердого тела и жидкостью или газом, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «теплоотдачей».**

2.5. Процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «теплопередачей».**

2.6. Движение жидкости (или газа) вследствие разности плотностей нагретых и холодных частей жидкости (или газа), обусловленное разностью температур, под действием сил гравитации, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «свободной или естественной конвекцией».**

2.7. Движение жидкости (или газа), обусловленное действием внешних побудителей потока, например, насоса, вентилятора или компрессора и пр., называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «вынужденной конвекцией».**

2.8. Количество теплоты, передаваемое в единицу времени через изотермическую поверхность, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «тепловым потоком».**

2.9. Количество теплоты, передаваемое в единицу времени с единицы площади поверхности стенки к жидкости или газу при разности температур в один градус Цельсия или Кельвина называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «коэффициентом теплоотдачи».**

2.10. Количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «поверхностной плотностью теплового потока».**

2.11. Количество теплоты, передаваемое в единицу времени через единицу площади изотермической поверхности при градиенте температуры, равном единице, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «коэффициентом теплопроводности».**

2.12. Количества тепла, передаваемого в единицу времени через единицу площади поверхности стенки при разности температур между горячим и холодным теплоносителями в  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  или К, называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «коэффициентом теплопередачи».**

2.13. Вид теплообмена, который возможен в условиях отсутствия вещества между телами (в вакууме), называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «тепловое излучение».**

2.14. Процесс переноса теплоты от поверхности твердого тела к газообразной среде, осуществляемый совместно конвекцией и излучением, называется \_\_\_\_\_ . **Ответ: «сложной теплоотдачей».**

2.15. Критерий теплового подобия тепловых процессов, характеризующий влияние физических свойств жидкости (или газа) и способность распространения теплоты в жидкости (или газе), называется критерием или числом \_\_\_\_\_ .  
**Ответ: «Прандтля».**

2.16. Критерий теплового подобия тепловых процессов, характеризующий интенсивность теплоотдачи на границе жидкость (или газ) — твердое тело, называется критерием или числом \_\_\_\_\_ . **Ответ: «Нуссельта».**

2.17. Критерий теплового подобия тепловых процессов, характеризующий подъемные силы, возникающие в жидкости (или газе) вследствие разности плотностей их частиц и вызывающие свободную конвекцию, называется критерием или числом \_\_\_\_\_ . **Ответ: «Грасгофа».**

2.18. Критерий теплового подобия тепловых процессов, представляющий собой, отношение сил инерции к силам внутреннего трения и характеризующий гидродинамический режим движения жидкости, называется критерием или числом \_\_\_\_\_ . **Ответ: «Рейнольдса».**

2.19. Тело называется \_\_\_\_\_ , если вся падающая лучистая энергия полностью поглощается телом. **Ответ: «абсолютно черным».**

2.20 Тело называется \_\_\_\_\_ , если вся падающая лучистая энергия полностью отражается телом. **Ответ: «абсолютно белым».**

2.21. Тело называется \_\_\_\_\_ , если вся падающая лучистая энергия полностью проходит сквозь тело. **Ответ: «абсолютно прозрачным».**

2.22. Тело называется \_\_\_\_\_ , если поглощательная способность тела не зависит от длины волны. **Ответ: «серым».**

2.23. Отношение плотностей потока излучения  $E$  серого тела к плотности потока абсолютно черного тела  $E_0$ , называется \_\_\_\_\_ . **Ответ: «степенью черноты».**

2.24. Отношение потока излучения, поглощенного телом  $Q_A$ , ко всему потоку излучения, падающему на тело  $Q_0$ , называется (какой?) \_\_\_\_\_ способностью тела. **Ответ: «поглощательной».**

2.25. Отношение потока излучения, отраженного телом  $Q_R$ , ко всему потоку

излучения, падающему на тело  $Q_0$ , называется (какой?) \_\_\_\_\_ способностью тела. **Ответ: «отражательной».**

2.26. Отношение потока излучения, прошедшего сквозь тело  $Q_D$ , ко всему потоку излучения, падающему на тело  $Q_0$ , называется (какой?) \_\_\_\_\_ способностью тела. **Ответ: «пропускной».**

2.27. Поверхность, объединяющая точки тела с одинаковой температурой, называется (какой?) \_\_\_\_\_ поверхностью. **Ответ: «изотермической».**

2.28. Величина, характеризующая скорость изменения температуры в нестационарных тепловых процессах, называется коэффициентом (чего?) \_\_\_\_\_. **Ответ: «температуропроводности».**

2.29. Векторная величина, направленная по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равная производной от температуры по этому направлению называется \_\_\_\_\_. **Ответ: «градиентом температуры».**

2.30. Строительные материалы с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  менее 0,25 Вт/(м\*К) называются \_\_\_\_\_. **Ответ: «теплоизоляционными».**

### 3. Вопросы на установление последовательности.

3.1 Выберите правильную последовательность процессов теплопередачи между двумя теплоносителями через твердую стенку:

- 1) теплообмен теплопроводностью в твердой стенке;
- 2) конвективная теплоотдача от твердой стенки к нагреваемому теплоносителю;
- 3) конвективная теплоотдача от твердой стенки к нагревающему теплоносителю;
- 4) конвективная теплоотдача от нагревающего теплоносителя к твердой стенке;
- 5) конвективная теплоотдача от нагреваемого теплоносителя к твердой стенке.

**Ответ: 4, 1, 2**

3.2 Выберите правильную последовательность процессов теплообмена излучением:

- 1) превращение внутренней энергии излучающего тела в лучистую энергию в виде электромагнитных волн;
- 2) превращение лучистой энергии в виде электромагнитных волн во внутреннюю энергию тела, поглощающего тепловое излучение;
- 3) распространение в газообразной среде теплового излучения посредством электромагнитных волн;
- г) превращение лучистой энергии в виде электромагнитных волн во внутреннюю энергию тела, излучающего тепловое излучение;
- д) теплообмен теплопроводностью в газообразной среде.

**Ответ: 1, 3, 2**

3.3 Паросиловая установка, работающая по циклу Ренкина, включает в себя основное оборудование, работающее в следующей последовательности:

- 1) конденсатор
- 2) парогенератор
- 3) насос
- 4) пароперегреватель
- 5) паровая турбина

**Ответ: 2, 4, 5, 1, 3, 2**

3.4 Выберите правильную последовательность процессов с хладагентом в цикле парокомпрессионной холодильной установки:

- 1) конденсация паров хладагента;
- 2) сжатие хладагента в компрессоре;
- 3) дросселирование в редукционном вентиле;
- 4) кипение жидкого хладагента в испарителе.

**Ответ: 2, 1, 3, 4, 2**

3.5 Укажите последовательность холодильного цикла с теплообменником-переохладителем:

- 1) Компрессор
- 2) Испаритель
- 3) Теплообменник-переохладитель
- 4) Дроссельное устройство
- 5) Ресивер
- 6) Конденсатор

**Ответ: 1,6,3,4,5,2**

#### **4. Вопросы на установление соответствия.**

4.1. Укажите соответствующие размерности для физических величин из теории тепломассообмена:

- |   |                      |
|---|----------------------|
| а) количество теплоты                                       | 1) Вт                |
| б) тепловой поток   | 2) Вт/м <sup>2</sup> |
| в) поверхностная плотность теплового потока                 | 3) Дж                |
| г) линейная плотность теплового потока                      | 4) Вт/м <sup>3</sup> |
| д) удельная тепловая мощность внутренних источников теплоты | 5) Вт/м              |

Ответ: а) - 3

б) - 1

в) - 2

г) - 5

д) - 4

4.2. Укажите соответствующие размерности для физических величин из теории тепломассообмена:

- |                                 |                            |
|---------------------------------|----------------------------|
| а) коэффициент теплопроводности | 1) Вт/(м <sup>2</sup> ·°С) |
|---------------------------------|----------------------------|

- |                                       |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|
| б) коэффициент теплоотдачи            | 2) Вт/(м <sup>0</sup> С)   |
| в) коэффициент теплопередачи          | 3) Вт/(м <sup>2.0</sup> С) |
| г) коэффициент температуропроводности | 4) °С/м                    |
| д) температурный градиент             | 5) м <sup>2</sup> /с       |

Ответ: а) - 2

б) - 1

в) - 1 или 3

г) - 5

д) - 4

4.3. Укажите соответствующие величины для физических констант из теории теплообмена:

- |   |  |
|---|--|
| а) коэффициент излучения абсолютно черного тела | 1) 1   |
| б) степень черноты абсолютно черного тела       | 2) 5,67 Вт/(м <sup>2</sup> ·К <sup>4</sup> ) |
| в) удельная массовая теплоемкость воды          | 3) 1,005 кДж/(кг·°С)                         |
| г) удельная массовая теплоемкость воздуха       | 4) 4,19 кДж/(кг·°С)                          |
| д) степень черноты абсолютно белого тела        | 5) 0   |

Ответ: а) - 2

б) - 1

в) - 4

г) - 3

д) - 5

4.4. Соотнесите основные понятия теплопередачи с соответствующими им определениями:

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| а) теплопроводность     | 1) количество теплоты, проходящее в единицу времени через изотермическую поверхность   |
| б) температурное поле   | 2) процесс распространения теплоты между соприкасающимися телами или частями одного тела с различной температурой  |
| в) градиент температуры | 3) векторная величина, направленная по нормали к изотермической поверхности в сторону увеличения температуры и численно равная производной от температуры по этому направлению |
| г) тепловой поток       | 4) количество теплоты, проходящее за единицу времени через изотермическую поверхность площадью 1 квадратный метр при температурном градиенте, равном единице.                  |

- д) коэффициент теплопроводности      5) совокупность значений температуры во всех точках тела в данный момент времени

**Ответ:** а) - 2  
б) - 5  
в) - 3  
г) - 1  
д) - 4

4.5. Соотнесите критерии подобия с соответствующими им определениями

- |                     |   |
|---------------------|---|
| а) число Рейнольдса | 1) устанавливает соотношение между толщиной динамического и теплового пограничных слоёв   |
| б) число Прандтля   | 2) характеризует режим течения жидкости или газа и выражает отношение сил инерции (скоростного напора) к силам вязкостного трения |
| в) число Нуссельта  | 3) характеризует отношение перепада давления к скоростному напору   |
| г) число Грасгофа   | 4) характеризует интенсивность свободного конвективного теплообмена   |
| д) число Эйлера     | 5) характеризует интенсивность конвективного теплообмена между жидкостью (газом) и поверхностью твёрдого тела                     |

**Ответ:** а) - 2  
б) - 1  
в) - 5  
г) - 4  
д) - 3

4.6. Соотнесите название законов, описывающих теплообмен излучением с соответствующими им определениями

- |                            |  |
|----------------------------|--|
| а) закон Планка            | 1) плотность интенсивности излучения абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры                 |
| б) закон Вина              | 2) максимальное излучение имеет место в направлении нормали к поверхности; количество энергии, излучаемой под углом $\phi$ к нормали |
| в) закон Стефана-Больцмана | 3) интенсивность излучения абсолютно черного тела и любого реального тела зависит от температуры и длины волны                       |

г) закон Кирхгофа

4) отношение энергии излучения к коэффициенту поглощения не зависит от природы тела и равно энергии излучения абсолютно черного тела при той же температуре

д) закон Ламберта

5) кривая излучения черного тела для разных температур достигает максимума при разных длинах волн, которые обратно пропорциональны температуре.

**Ответ:** а) - 3  
б) - 5  
в) - 1  
г) - 4  
д) - 2

4.7. Какими приборами измеряется давление?

а) барометром

1) атмосферное

б) манометром

2) вакуумметрическое

в) вакуумметром

3) перепад давлений

г) косвенными измерениями по формулам

4) абсолютное

д) дифманометром

5) избыточное

**Ответ:** а) – 1  
б) - 5  
в) – 2  
г) – 4  
д) – 3

4.8. Укажите область значений критерия Рейнольдса  $Re$  для соответствующего режима течения теплоносителя в трубах круглого сечения:

а) ламинарный

1)  $Re < 10000$

б) переходный

2)  $Re > 10000$

в) турбулентный

3)  $Re > 2300$

4)  $Re < 2300$

5)  $2300 < Re < 10000$ .

**Ответ:** а) – 4  
б) - 5  
в) – 2

4.9. Что принимают за определяющий линейный размер  $l_0$  в числах подобия (например,  $Re = w \cdot l_0 / \nu$ ,  $Nu = \alpha \cdot l_0 / \lambda$ ,  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot l_0^3 / \nu^2$ ) при различных случаях течения теплоносителя около твердой поверхности:

а) внутри горизонтальной трубы

1) длину трубы

- б) снаружи горизонтальной трубы вдоль
- в) при поперечном омывании трубы снаружи
- г) внутри канала произвольного сечения
- д) снаружи вертикальной трубы вверх

- 2) внутренний диаметр трубы
- 3) высота трубы
- 4) эквивалентный диаметр канала.
- 5) наружный диаметр трубы

**Ответ: а) – 2**

**б) - 1**

**в) – 5**

**г) – 4**

**д) – 3**

4.10. Каким называется тело с точки зрения теории теплового излучения, если оно...

- а) всю падающую лучистую энергию полностью пропускает сквозь себя
- б) всю падающую лучистую энергию полностью поглощает
- в) всю падающую лучистую энергию полностью отражает
- г) поглощательная способность тела не зависит от длины волны.
- д) всю падающую лучистую энергию частично поглощает, частично проходит сквозь него, частично отражает

- 1) абсолютно белым
- 2) серым
- 3) абсолютно прозрачным
- 4) абсолютно черным
- 5) обобщенный случай

**Ответ: а) – 3**

**б) - 4**

**в) – 1**

**г) – 2**

**д) – 5**

4.11. Соотнесите основные понятия теплопередачи с соответствующими им определениями:

а) конвективный теплообмен

1) процесс переноса от поверхности твердого тела к газообразной среде, осуществляемый совместно конвекцией и излучением.

б) свободная конвекция

2) процесс переноса теплоты путем перемещения и перемешивания частиц с различной температурой.

в) сложная теплоотдача

3) движение жидкости (или газа) под действием внешних побудителей потока, например, насоса, вентилятора или компрессора и пр.

г) вынужденная конвекция

4) движение жидкости (или газа) вследствие разности плотностей нагретых и холодных частей жидкости

(или газа), обусловленное разностью температур, под действием сил гравитации.

д) теплопередача

5) процесс переноса теплоты от нагретого теплоносителя к холодному через разделяющую их стенку.

**Ответ: а) – 2**

**б) - 4**

**в) – 1**

**г) – 3**

**д) – 5**

4.12. Укажите соответствие формул основных законов теплообмена с их названиями:

а) закон Фурье

1)  $E_o = C_o(T/100)^4$ .

б) уравнение Ньютона-Рихмана

2)  $E_o = E/A = f(T)$ .

в) закон Стефана-Больцмана

3)  $Q = -\lambda(dT/dn)F$

г) закон Кирхгофа

4)  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ .

д) закон Вина

5)  $Q = \alpha(t_c - t_{ж})F$ .

**Ответ: а) – 3**

**б) - 5**

**в) – 1**

**г) – 2**

**д) – 4**

4.13. Укажите соответствие наименований граничных условий теплообмена теплоотдачей конвекцией их физической сущности:

а) граничные условия первого рода

1) распределение плотности теплового потока на поверхности тела для любого момента времени.

б) граничные условия второго рода

2) заданы температура окружающей среды и закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.

в) граничные условия третьего рода

3) заданы температуры соприкасающихся поверхностей (они равны между собой) и тепловой поток, проходящий через поверхности соприкосновения материалов стенки.

г) граничные условия четвертого рода

4) распределение температуры на поверхности тела для любого момента времени.

**Ответ: а) – 4**

**б) - 1**

**в) – 2**

**г) – 3**

4.14. Укажите соответствие формул критериев теплового подобия с их названиями:

а) критерий Рейнольдса

1)  $Pr = \nu/a$

б) критерий Грасгофа

2)  $Gr = g \cdot \beta \cdot \Delta t \cdot \ell^3 / \nu^2$

в) критерий Прандтля

3)  $Eu = p / (\rho \cdot w^2)$

г) критерий Нуссельта

4)  $Re = w \cdot \ell / \nu$

д) критерий Эйлера

5)  $Nu = \alpha \cdot \ell / \lambda$

**Ответ: а) – 4**

**б) - 2**

**в) – 1**

**г) – 5**

**д) – 3**

4.15. Укажите соответствие формул для расчета степени черноты различным случаям лучистого теплообмена между телами:

а) если одно тело площадью  $F_1$  находится внутри другого площадью  $F_2$  и их площади во много раз отличаются  $F_1 \ll F_2$ ; 1)  $\epsilon_{np} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 + 2\sum(1/\epsilon_{3i}) - (n+1)]$

б) если между телами расположен экран со степенью черноты, отличающейся от степени черноты этих тел; 2)  $\epsilon_{np} = \epsilon_1$

в) если две параллельные пластины с равной площадью поверхности ( $F_1 = F_2$ ), расположены на близком расстоянии друг от друга. 3)  $\epsilon_{np} = 1/[(1/\epsilon_1) + (F_1/F_2) \cdot (1/\epsilon_2 - 1)]$

г) если между телами, разными по площади поверхности ( $F_1 < F_2$ ), происходит теплообмен излучением; 4)  $\epsilon_{np} = 1/[1/\epsilon_1 + 1/\epsilon_2 - 1]$

**Ответ: а) – 2**

**б) - 1**

**в) – 4**

**г) – 3**

**Шкала оценивания результатов тестирования:** в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание

результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения - 60 баллов (установлено положением П 02.016).

Максимальный балл за тестирование представляет собой разность двух чисел: максимального балла по промежуточной аттестации для данной формы обучения (36 или 60) и максимального балла за решение компетентностно-ориентированной задачи (6).

Балл, полученный обучающимся за тестирование, суммируется с баллом, выставленным ему за решение компетентностно-ориентированной задачи.

Общий балл по промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

***Критерии оценивания результатов тестирования:***

Каждый вопрос (задание) в тестовой форме оценивается по дихотомической шкале: выполнено - **2 балла**, не выполнено - **0 баллов**.

## ***2.2 КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ЗАДАЧИ*** *(производственные (или ситуационные) задачи и (или) кейс-задачи)*

*Компетентностно-ориентированная задача № 1.*

Определить потери тепла  $Q$ , Вт, через плоскую керамзитобетонную стенку толщиной  $\delta=400$  мм, длиной  $\ell = 6$  м, высотой  $h=3$  м, если на одной поверхности стенки температура  $t_1= 18$  °С, а на другой равна  $t_2= -32$  °С. Коэффициент теплопроводности стенки  $\lambda= 0,33$  Вт/(м\*К). К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $Q = 742,5$  Вт.**
- б)  $Q = 247,5$  Вт.
- в)  $Q = 123,8$  Вт.
- г)  $Q = 41,3$  Вт.
- д)  $Q = 1091$  Вт.

*Компетентностно-ориентированная задача №2.*

Определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С), и линейный тепловой поток теплоотдачей  $q_l$ , Вт/м, если известно, что вода движется по трубам внутренним диаметром  $d_B = 35$  мм со скоростью  $w = 1$  м/с и нагревается от  $t_{ж1} = 15$  °С до  $t_{ж2} = 85$  °С. Труба имеет температуру  $t_c = 95$  °С на поверхности. Теплофизические свойства воды ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $\alpha = 5443$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $q_l = 47855$  Вт/м.
- б)  $\alpha = 2443$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $q_l = 12082$  Вт/м.
- в)  $\alpha = 3443$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $q_l = 26918$  Вт/м.
- г)  **$\alpha = 5443$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $q_l = 26918$  Вт/м.**
- д)  $\alpha = 5443$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С),  $q_l = 30764$  Вт/м.

*Компетентностно-ориентированная задача №3.*

Определите толщину слоя теплоизоляции сосуда стеклянной ватой с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,06$  Вт/(м·К), если известно, что стенка сосуда имеет температуру поверхности 125 °С, температура воздуха в цехе 25 °С, коэффициент теплоотдачи поверхности равен 6 Вт/(м<sup>2</sup>·К). Температура поверхности изоляции не должна превышать 35 °С. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $\delta = 0,075$  м.
- б)  **$\delta = 0,09$  м.**
- в)  $\delta = 0,009$  м.
- г)  $\delta = 0,053$  м.
- д)  $\delta = 0,070$  м.

*Компетентностно-ориентированная задача №4.*

Стенка теплообменника из стали ( $\lambda_{ст} = 45$  Вт/(м·К)) толщиной  $\delta_{ст} = 5$  мм покрыта снаружи теплоизоляцией из шлаковаты ( $\lambda_{из} = 0,16$  Вт/(м·К)) толщиной  $\delta_{из} = 50$  мм. В теплообменнике находится жидкость с температурой  $t_1 = 100$  °С, температура наружного воздуха  $t_2 = 10$  °С. Коэффициенты теплоотдачи со стороны жидкости  $\alpha_1 = 240$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), со стороны воздуха  $\alpha_2 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Найти коэффициент теплопередачи  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), и удельный тепловой поток  $q$ , Вт/м<sup>2</sup>. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $k = 4,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $q = 432$  Вт/м<sup>2</sup>.
- б)  **$k = 2,4$  Вт/(м<sup>2</sup>·К);  $q = 216$  Вт/м<sup>2</sup>.**

- в)  $k = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $q = 108 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
- г)  $k = 2,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $q = 432 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
- д)  $k = 1,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $q = 216 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №5.*

Определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ , и линейный тепловой поток теплоотдачей  $q_\ell$ ,  $\text{Вт}/\text{м}$ , если известно, что воздух движется по горизонтальному трубопроводу внутренним диаметром  $d_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$  со скоростью  $w = 4,6 \text{ м}/\text{с}$  и температурой  $t_{\text{ж}} = 95 \text{ }^\circ\text{С}$ . Температура стенки трубы  $t_c = 60 \text{ }^\circ\text{С}$ . Теплофизические свойства воздуха ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $\alpha = 18,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ,  $q_\ell = 100 \text{ Вт}/\text{м}$ .
- б)  $\alpha = 36,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ,  $q_\ell = 200 \text{ Вт}/\text{м}$ .
- в)  $\alpha = 9,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ,  $q_\ell = 50 \text{ Вт}/\text{м}$ .
- г)  $\alpha = 18,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ,  $q_\ell = 32 \text{ Вт}/\text{м}$ .
- д)  $\alpha = 36,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$ ,  $q_\ell = 300 \text{ Вт}/\text{м}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №6.*

Найти толщину изоляции  $\delta$ , если известно, что коэффициент теплопроводности теплоизоляции  $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Плоскую поверхность с температурой  $340^\circ\text{С}$  надо изолировать так, чтобы потери тепла не превышали  $300 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , а температура на внешней поверхности изоляции  $40 \text{ }^\circ\text{С}$ . К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $\delta = 0,05 \text{ м}$ .
- б)  $\delta = 0,1 \text{ м}$ .
- в)  $\delta = 0,5 \text{ м}$ .
- г)  $\delta = 0,25 \text{ м}$ .
- д)  $\delta = 0,025 \text{ м}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №7.*

Трубопровод с наружным диаметром  $d_1 = 100 \text{ мм}$  покрыт слоем теплоизоляции толщиной  $\delta = 30 \text{ мм}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Температура наружной поверхности трубы  $t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{С}$ , а на наружной поверхности теплоизоляции  $t_2 = 30 \text{ }^\circ\text{С}$ . Определить линейную плотность теплового потока  $q$ ,  $\text{Вт}/\text{м}$ , и суммарные потери теплоты  $Q$  трубопроводом, если его длина  $\ell = 20 \text{ м}$ . К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $q_\ell = 120,3 \text{ Вт/м}$ ;  $Q = 1603,4 \text{ Вт}$ .
- б)  $q_\ell = 80,17 \text{ Вт/м}$ ;  $Q = 2406 \text{ Вт}$ .
- в)  $q_\ell = 17,7 \text{ Вт/м}$ ;  $Q = 354 \text{ Вт}$ .
- г)  $q_\ell = 120,3 \text{ Вт/м}$ ;  $Q = 2406 \text{ Вт}$ .
- д)  **$q_\ell = 80,17 \text{ Вт/м}$ ;  $Q = 1603,4 \text{ Вт}$ .**

*Компетентностно-ориентированная задача №8.*

Помещение отапливается с помощью горизонтального трубопровода наружным диаметром  $d_n = 25 \text{ мм}$ . Температура поверхности трубопровода  $t_c = 100 \text{ °С}$ , а воздуха в помещении  $25 \text{ °С}$ . Определить коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  и линейный тепловой поток  $q_\ell$ ,  $\text{Вт/м}$ . Теплофизические свойства воздуха ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  **$\alpha = 9,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q_\ell = 55 \text{ Вт/м}$ .**
- б)  $\alpha = 18,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q_\ell = 110 \text{ Вт/м}$ .
- в)  $\alpha = 4,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q_\ell = 27 \text{ Вт/м}$ .
- г)  $\alpha = 9,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q_\ell = 110 \text{ Вт/м}$ .
- д)  $\alpha = 18,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q_\ell = 55 \text{ Вт/м}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №9.*

В узкой щели между стенками, имеющими на поверхности температуры  $t_{c1} = 160 \text{ °С}$  и  $t_{c2} = 60 \text{ °С}$ , циркулирует воздух. Воздушная прослойка в щели имеет толщину  $\delta = 25 \text{ мм}$ . Найти коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , и плотность теплового потока  $q$ ,  $\text{Вт/м}^2$ . Теплофизические свойства воздуха ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $\alpha = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 700 \text{ Вт/м}^2$ .
- б)  $\alpha = 14 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 1400 \text{ Вт/м}^2$ .
- в)  **$\alpha = 3,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 350 \text{ Вт/м}^2$ .**
- г)  $\alpha = 3,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 700 \text{ Вт/м}^2$ .
- д)  $\alpha = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 1400 \text{ Вт/м}^2$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №10.*

Определить тепловой поток  $Q$ , излучаемый стальной трубой с окисленной поверхностью ( $\varepsilon_1 = 0,80$ ), имеющей наружный диаметр  $d_n = 70 \text{ мм}$  и длину  $\ell = 10 \text{ м}$ . Температура поверхности трубы  $t_1 = 230 \text{ °С}$ . Труба расположена в помещении на большом удалении от стен, температура которых  $t_2 = 20 \text{ °С}$ .  $C_0 = 5,67$

$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$  - коэффициент излучения абсолютно черного тела. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  $Q = 565 \text{ Вт}$ .
- б)  $Q = 279 \text{ Вт}$ .
- в)  $Q = 3812 \text{ Вт}$ .
- г)  $Q = 6706 \text{ Вт}$ .
- д)  **$Q = 5647 \text{ Вт}$ .**

*Компетентностно-ориентированная задача №11.*

Сравнить лучистые тепловые потоки  $q$ ,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , между двумя плоскими параллельными поверхностями, разделенными прозрачной средой (воздухом), для двух случаев: 1) между поверхностями нет экрана; 2) между поверхностями есть один экран. Температуры поверхностей  $t_1=200 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_2=30 \text{ }^\circ\text{C}$ ; степени черноты поверхностей  $\varepsilon_1=0,65$  и  $\varepsilon_2=0,7$ . Материал экрана латунь листовая прокатная ( $\varepsilon_3=0,06$ ). К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  **$q_1 = 1203 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; 2)  $q_2 = 68 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .**
- б)  $q_1 = 1533 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; 2)  $q_2 = 141 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
- в)  $q_1 = 1651 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; 2)  $q_2 = 68 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
- г)  $q_1 = 1203 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; 2)  $q_2 = 141 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .
- д)  $q_1 = 1533 \text{ Вт}/\text{м}^2$ ; 2)  $q_2 = 282 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №12.*

Горизонтальная плита с обращенной вверх теплоотдающей поверхностью имеет размеры  $600 \times 1100 \text{ мм}$  и нагрета до  $t_c = 80 \text{ }^\circ\text{C}$ . Вдали от плиты воздух имеет температуру  $t_{ж}=30 \text{ }^\circ\text{C}$ . Найти коэффициент теплоотдачи  $\alpha$ ,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , и тепловой поток  $Q$ ,  $\text{Вт}$ , от плиты к окружающему воздуху. Теплофизические свойства воздуха ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях. К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

- а)  **$\alpha = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $Q = 195 \text{ Вт}$ .**
- б)  $\alpha = 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $Q = 97 \text{ Вт}$ .
- в)  $\alpha = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $Q = 400 \text{ Вт}$ .
- г)  $\alpha = 6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $Q = 97 \text{ Вт}$ .
- д)  $\alpha = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $Q = 195 \text{ Вт}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №13.*

По титановой трубе ( $\lambda = 15 \text{ Вт/(м·К)}$ ) диаметром  $d_n \times \delta = 118 \times 4 \text{ мм}$  движутся нефтепродукты со средней температурой  $t_1 = 350 \text{ °С}$ . Снаружи труба греется газом, имеющим температуру  $t_2 = 1400 \text{ °С}$ . Коэффициенты теплоотдачи на поверхностях снаружи и внутри трубы равны соответственно  $\alpha_1=100 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и  $\alpha_2=300 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Найти линейный коэффициент теплопередачи  $k_\ell$ ,  $\text{Вт/(м·К)}$ , и линейный тепловой поток,  $q_\ell$ ,  $\text{Вт/м}$ . К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

а)  $k_\ell = 8,5 \text{ Вт/(м·К)}$ ;  $q_\ell = 28025 \text{ Вт/м}$ .

б)  $k_\ell = 8,5 \text{ Вт/(м·К)}$ ;  $q_\ell = 8925 \text{ Вт/м}$ .

в)  $k_\ell = 17 \text{ Вт/(м·К)}$ ;  $q_\ell = 56050 \text{ Вт/м}$ .

г)  $k_\ell = 17 \text{ Вт/(м·К)}$ ;  $q_\ell = 28025 \text{ Вт/м}$ .

д)  $k_\ell = 4,4 \text{ Вт/(м·К)}$ ;  $q_\ell = 14012 \text{ Вт/м}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №14.*

Определить коэффициент теплопередачи  $k$ ,  $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , через стальную стенку ( $\lambda_{ст} = 45 \text{ Вт/(м·К)}$ ) толщиной  $\delta = 5 \text{ мм}$ , если с одной стороны стенки ржавчина ( $\lambda_{рж} = 1,15 \text{ Вт/(м·К)}$ ) толщиной  $\delta = 0,5 \text{ мм}$ , а с другой стороны - слой накипи ( $\lambda_{нк} = 1,75 \text{ Вт/(м·К)}$ ) толщиной  $\delta = 2 \text{ мм}$ . Коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1 = 7000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и  $\alpha_2 = 10000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

а)  $k = 518 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

б)  $k = 0,001932 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

в)  $k = 2825 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

г)  $k = 0,6 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

д)  $k = 1,7 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$

*Компетентностно-ориентированная задача №15.*

Определить коэффициент теплопередачи  $k$ ,  $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и удельный тепловой поток  $q$ ,  $\text{Вт/м}^2$ , через плоскую стальную стенку ( $\lambda_{ст} = 45 \text{ Вт/(м·К)}$ ) толщиной  $\delta = 5 \text{ мм}$ , если коэффициенты теплоотдачи  $\alpha_1 = 7000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и  $\alpha_2 = 10000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , а разность температур теплоносителей  $\Delta t = 70 \text{ °С}$ . К ответу на задачу обязательно приложить обоснование решения.

**Ответ:**

а)  $k = 2825 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $q = 197750 \text{ Вт/м}^2$ ;

б)  $k = 0,000354 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $q = 0,02478 \text{ Вт/м}^2$ ;

в)  $k = 9,0 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $q = 63 \text{ Вт/м}^2$ ;

г)  $k = 0,111 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ ,  $q = 7,77 \text{ Вт/м}^2$ ;

д)  $k = 4118 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ,  $q = 288260 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №16.*

Определить поступление теплоты через внешние ограждения при следующих исходных данных. Поверхность ограждения  $F_{\text{огр}} = 450 \text{ м}^2$ ; коэффициент теплопередачи через ограждение  $k_{\text{огр}} = 4 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{°С}$ , температура наружного воздуха  $t_{\text{н}} = 30 \text{ °С}$ ; температура внутреннего воздуха  $t_{\text{в}} = 20 \text{ °С}$ .

**Ответ:**

а)  $Q_{\text{огр}} = 9000 \text{ Вт}$

**б)  $Q_{\text{огр}} = 18000 \text{ Вт}$**

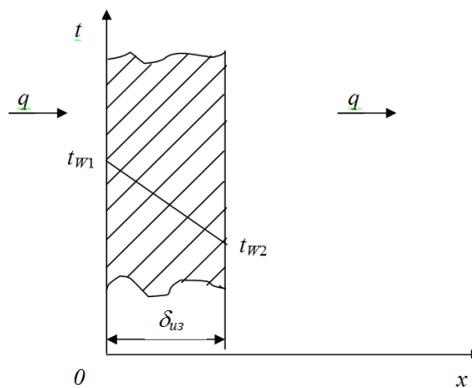
в)  $Q_{\text{огр}} = 36000 \text{ Вт}$

г)  $Q_{\text{огр}} = 24000 \text{ Вт}$

д)  $Q_{\text{огр}} = 15000 \text{ Вт}$

*Компетентностно-ориентированная задача №17.*

Определить толщину тепловой изоляции  $\delta$ , выполненной из: 1) альфоля; 2) шлаковой ваты. Удельные потери теплоты через изоляционный слой  $q = 523 \text{ Вт}/\text{м}^2$ , температуры его поверхности  $t_{\text{w1}} = 700 \text{ °С}$  и  $t_{\text{w2}} = 40 \text{ °С}$ . Коэффициент теплопроводности альфоля  $\lambda = 0,0302 + 0,000085 \cdot t$  и коэффициент теплопроводности шлаковой ваты  $\lambda = 0,058 + 0,000145 \cdot t$ . Здесь  $t$  – средняя температура изоляции в  $\text{°С}$ .



**Ответ:**

а)  $\delta_{\text{ал}} = 0,19 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{шл.в.}} = 0,0778 \text{ м}$

**б)  $\delta_{\text{ал}} = 0,778 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{шл.в.}} = 0,019 \text{ м}$**

в)  $\delta_{\text{ал}} = 0,00778 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{шл.в.}} = 0,019 \text{ м}$

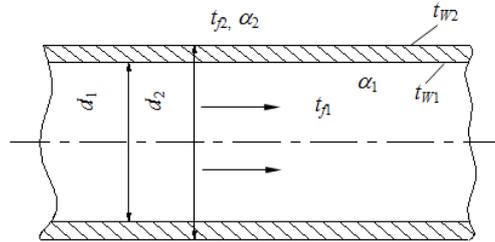
г)  $\delta_{\text{ал}} = 0,80 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{шл.в.}} = 0,20 \text{ м}$

**д)  $\delta_{\text{ал}} = 0,0778 \text{ м}$ ;  $\delta_{\text{шл.в.}} = 0,19 \text{ м}$**

*Компетентностно-ориентированная задача №18.*

По неизолированному трубопроводу диаметром  $d_1 = 170 \text{ мм}$ ,  $d_2 = 185 \text{ мм}$ , проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой

$t_{f1} = 95^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{f2} =$  минус  $18^{\circ}\text{C}$ . Определить потерю теплоты с 1 м длины трубопровода, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 58,15$  Вт/м·град, коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $\alpha_1 = 1395$  Вт/м<sup>2</sup>·град и от трубы к окружающему воздуху  $\alpha_2 = 13,95$  Вт/м<sup>2</sup>·град.

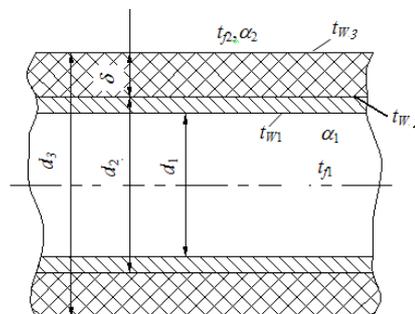


**Ответ:**

- а)  $q_l = 804,7$  Вт/м
- б)  $q_l = 704,7$  Вт/м
- в)  $q_l = 604,7$  Вт/м
- г)  $q_l = 904,7$  Вт/м
- д)  $q_l = 1004,7$  Вт/м

*Компетентностно-ориентированная задача №19.*

По изолированному трубопроводу диаметром  $d_1 = 170$  мм,  $d_2 = 185$  мм, проложенному на открытом воздухе, протекает вода со средней температурой  $t_{f1} = 95^{\circ}\text{C}$ , температура окружающего воздуха  $t_{f2} =$  минус  $18^{\circ}\text{C}$ . Определить потерю теплоты с 1 м длины трубопровода, если коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 58,15$  Вт/м·град, коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $\alpha_1 = 1395$  Вт/м·град, толщина слоя изоляции  $\delta = 70$  мм с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_{из} = 0,116$  Вт/м·град, а коэффициент теплоотдачи поверхности изоляции к окружающей среде  $\alpha_2 = 9,3$  Вт/м<sup>2</sup>·град.



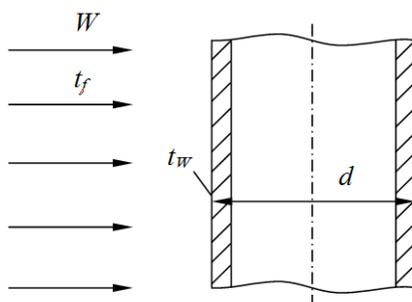
**Ответ:**

- а)  $q_l = 555,4$  Вт/м
- б)  $q_l = 455,4$  Вт/м
- в)  $q_l = 355,4$  Вт/м
- г)  $q_l = 255,4$  Вт/м

д)  $q_l = 155,4 \text{ Вт/м}$

*Компетентностно-ориентированная задача №20.*

Определить коэффициент теплоотдачи и тепловой поток на единицу длины в поперечном потоке воздуха для трубы  $d = 36 \text{ мм}$ , если температура ее поверхности  $t_w = 80^\circ\text{C}$ , температура воздуха  $t_f = 20^\circ\text{C}$  и скорость  $W = 5 \text{ м/с}$ . Параметры воздуха при  $t_f = 20^\circ\text{C}$ : коэффициент теплопроводности  $\lambda_f = 2,593 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ , коэффициент кинематической вязкости  $\nu_f = 15,06 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .



**Ответ:**

- а)  $\alpha = 29 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град.}; q_l = 196,7 \text{ Вт/м}$
- б)  $\alpha = 39 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град.}; q_l = 264,5 \text{ Вт/м}$**
- в)  $\alpha = 49 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град.}; q_l = 332,3 \text{ Вт/м}$
- г)  $\alpha = 59 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град.}; q_l = 400,2 \text{ Вт/м}$
- д)  $\alpha = 69 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{град.}; q_l = 468,0 \text{ Вт/м}$

*Компетентностно-ориентированная задача №21.*

Во сколько раз увеличится термическое сопротивление стенки стального змеевика, свернутого из трубы диаметром 38 мм, толщиной 2,5 мм, если покрыть ее слоем эмали? Считать стенку плоской. Коэффициент теплопроводности эмали  $1,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{K)}$ .

**Ответ:**

- а) в 2 раз.
- б) в 5 раз.
- в) в 10 раз.**
- г) в 12 раз.
- д) в 15 раз.

*Компетентностно-ориентированная задача №22.*

Определить тепловой поток излучением от стальной окисленной трубы (степень черноты стали окисленной  $\varepsilon = 0,8$ ) диаметром 0,1 м и длиной 10 м, используемой для отопления гаража. Температура поверхности трубы  $85^\circ\text{C}$ , температура стен  $15^\circ\text{C}$ .

**Ответ:**

- а)  $Q=1060$  Вт.
- б)  $Q=1360$  Вт.**
- в)  $Q=1260$  Вт.
- г)  $Q=1160$  Вт.
- д)  $Q=960$  Вт.

*Компетентностно-ориентированная задача №23.*

Вычислить плотность теплового потока через плоскую однородную стенку, толщина которой значительно меньше ширины и высоты, если стенка выполнена из стали  $\lambda_{ст}=40$  Вт/(м·°С). Толщина стенки  $\delta=50$  мм. Температуры на поверхностях стенки поддерживаются постоянными  $t_1=100$  °С и  $t_2=90$  °С.

**Ответ:**

- а)  $Q=800$  Вт.
- б)  $Q=8000$  Вт.**
- в)  $Q=700$  Вт.
- г)  $Q=7000$  Вт.
- д)  $Q=9000$  Вт.

*Компетентностно-ориентированная задача №24.*

Стенка холодильной камеры сделана из пробковой плиты (коэффициент теплопроводности  $\lambda_{пр}=0,047$  Вт/м·°С) толщиной 100 мм и обшита с обеих сторон сосновыми досками (коэффициент теплопроводности  $\lambda_{сн}=0,151$  Вт/м·°С) толщиной 15 мм каждая. На внешних поверхностях досок температуры соответственно  $+20$ °С и  $-12$ °С. Определить потери теплоты через 1 м<sup>2</sup> поверхности стенки и температуры на обеих поверхностях пробковой плиты.

**Ответ:**

- а)  $q=18,6$  Вт/м<sup>2</sup>;  $t_1' = 13,75$  °С;  $t_2' = -10,6$  °С.
- б)  $q=13,75$  Вт/м<sup>2</sup>;  $t_1' = 18,6$  °С;  $t_2' = -10,6$  °С.**
- в)  $q=10,6$  Вт/м<sup>2</sup>;  $t_1' = 18,6$  °С;  $t_2' = -13,75$  °С.
- г)  $q=13,75$  Вт/м<sup>2</sup>;  $t_1' = 13,75$  °С;  $t_2' = -10,6$  °С.
- д)  $q=18,6$  Вт/м<sup>2</sup>;  $t_1' = 20$  °С;  $t_2' = -12$  °С.

*Компетентностно-ориентированная задача №25.*

Электронагреватель мощностью 1,7 кВт находится внутри фарфоровых труб (коэффициент теплопроводности фарфора  $\lambda_{ф}=1,04$  Вт/м·°С), диаметр которых  $20 \times 3$  мм, а общая длина 7 м. На внутренней поверхности труб температура  $140$ °С. Трубы опущены в раствор, температура кипения которого  $130$  °С. Будет ли происходить кипение раствора на поверхности труб?

**Ответ:**

- а)  $t_{ст} = 128,8$  °С <  $130$  °С, не закипит.**

- б)  $t_{\text{ст}} = 138,8 \text{ }^\circ\text{C} > 130 \text{ }^\circ\text{C}$ , закипит.
- в)  $t_{\text{ст}} = 130 \text{ }^\circ\text{C} = 130 \text{ }^\circ\text{C}$ , закипит.
- г)  $t_{\text{ст}} = 140 \text{ }^\circ\text{C} > 130 \text{ }^\circ\text{C}$ , закипит.
- д)  $t_{\text{ст}} = 118,8 \text{ }^\circ\text{C} < 130 \text{ }^\circ\text{C}$ , не закипит.

*Компетентностно-ориентированная задача №26.*

Рассчитать толщину слоя изоляции, имеющего на поверхности температуру соответственно 500 и 50  $^\circ\text{C}$ , если допустимые тепловые потери 350  $\text{Вт}/\text{м}^2$ , а теплопроводность материала теплоизоляции  $\lambda_t = 0,84 + 0,0006 \cdot t$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ . Найти температуры в слое изоляции через каждые 50 мм его толщины.

**Ответ:**

- а)  $\delta = 1,0$  м.
- б)  $\delta = 1,1$  м.
- в)  $\delta = 1,2$  м.
- г)  $\delta = 1,3$  м.**
- д)  $\delta = 1,4$  м.

*Компетентностно-ориентированная задача №27.*

Найти коэффициент теплоотдачи и тепловой поток при движении воздуха со скоростью 11 м/с по горизонтальной трубе диаметром 35×2,5 мм и длиной 5 м. Средняя температура воздуха 40  $^\circ\text{C}$ , а стенки трубы 20  $^\circ\text{C}$ . Теплофизические свойства воздуха ( $C_p$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях.

**Ответ:**

- а)  $\alpha = 4,46 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $Q = 42 \text{ Вт}$ .
- б)  $\alpha = 446 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $Q = 4200 \text{ Вт}$ .
- в)  $\alpha = 44,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $Q = 420 \text{ Вт}$ .**
- г)  $\alpha = 0,446 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $Q = 4,2 \text{ Вт}$ .
- д)  $\alpha = 4460 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ,  $Q = 42000 \text{ Вт}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №28.*

Бетонные трубы (коэффициент теплопроводности бетона  $\lambda_b = 1,28 \text{ Вт}/\text{м} \cdot ^\circ\text{C}$ ), имеющие диаметр 150×25 мм, надо проложить в грунте. Температура грунта на внешней поверхности трубы может снизиться до -1,82 $^\circ\text{C}$ . Жидкость в трубах замерзает при температуре -0,5 $^\circ\text{C}$ . Можно ли прокладывать трубы без теплоизоляции, если линейная плотность теплового потока через стенку трубы равна 21,7  $\text{Вт}/\text{м}$ ?

**Ответ:**

- а)  $t_{\text{ст}} = -0,72 \text{ }^\circ\text{C} < -0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , без теплоизоляции нельзя прокладывать.**
- б)  $t_{\text{ст}} = -0,72 \text{ }^\circ\text{C} < -0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ , без теплоизоляции можно прокладывать.

- в)  $t_{\text{ст}} = -0,52 \text{ }^{\circ}\text{C} < -0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , без теплоизоляции можно прокладывать.  
г)  $t_{\text{ст}} = -1,82 \text{ }^{\circ}\text{C} < -0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , без теплоизоляции нельзя прокладывать.  
д)  $t_{\text{ст}} = -1,72 \text{ }^{\circ}\text{C} < -0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ , без теплоизоляции нельзя прокладывать.

*Компетентностно-ориентированная задача №29.*

Паропровод с наружным диаметром 100 мм покрыт слоем изоляции толщиной 80 мм и теплопроводностью, Вт/(м·К),  $\lambda_t = 0,14 + 0,00016 \cdot t$ . На поверхностях слоя температуры 170 и 30 °С. Найти потери теплоты через изоляцию, если длина паропровода 15 м.

**Ответ:**

- а)  $Q = 1154 \text{ Вт}$ .  
**б)  $Q = 2154 \text{ Вт}$ .**  
в)  $Q = 3154 \text{ Вт}$ .  
г)  $Q = 4154 \text{ Вт}$ .  
д)  $Q = 5154 \text{ Вт}$ .

*Компетентностно-ориентированная задача №30.*

В теплообменнике вода движется по трубам диаметром 40×2,5 мм со скоростью 1 м/с и нагревается от 15 до 85 °С. Труба имеет температуру 95 °С на поверхности. Найти коэффициент теплоотдачи и линейный тепловой поток. Теплофизические свойства воды ( $\rho$ ,  $\lambda$ ,  $\nu$ ,  $Pr$ ) представлены в справочной литературе и методических указаниях.

**Ответ:**

- а)  $\alpha = 544 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,  $q_{\ell} = 2692 \text{ Вт}$ .  
б)  $\alpha = 54 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,  $q_{\ell} = 269 \text{ Вт}$ .  
в)  $\alpha = 6443 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,  $q_{\ell} = 26918 \text{ Вт}$ .  
**г)  $\alpha = 5443 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,  $q_{\ell} = 26918 \text{ Вт}$ .**  
д)  $\alpha = 4443 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ,  $q_{\ell} = 16918 \text{ Вт}$ .

**Шкала оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи:**

в соответствии с действующей в университете балльно-рейтинговой системой оценивание результатов промежуточной аттестации обучающихся осуществляется в рамках 100-балльной шкалы, при этом максимальный балл по промежуточной аттестации обучающихся по очной форме обучения составляет 36 баллов, по очно-заочной и заочной формам обучения - 60 (установлено положением П 02.016).

Максимальное количество баллов за решение компетентностно-ориентированной задачи - 6 баллов.

Балл, полученный обучающимся за решение компетентностно-ориентированной задачи, суммируется с баллом, выставленным ему по результатам тестирования.

Общий балл промежуточной аттестации суммируется с баллами, полученными обучающимся по результатам текущего контроля успеваемости в течение семестра; сумма баллов переводится в оценку по 5-балльной шкале следующим образом:

Соответствие 100-балльной и 5-балльной шкал

<i>Сумма баллов по 100-балльной</i>	<i>Оценка по 5-балльной шкале</i>
100-85	отлично
84-70	хорошо
69-50	удовлетворительно
49 и менее	неудовлетворительно

### ***Критерии оценивания решения компетентностно-ориентированной задачи***

*(нижеследующие критерии оценки являются примерными и могут корректироваться):*

**6-5 баллов** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует глубокое понимание обучающимся предложенной проблемы и разностороннее ее рассмотрение; свободно конструируемая работа представляет собой логичное, ясное и при этом краткое, точное описание хода решения задачи (последовательности (или выполнения) необходимых трудовых действий) и формулировку доказанного, правильного вывода (ответа); при этом обучающимся предложено несколько вариантов решения или оригинальное, нестандартное решение (или наиболее эффективное, или наиболее рациональное, или оптимальное, или единственно правильное решение); задача решена в установленное преподавателем время или с опережением времени.

**4-3 балла** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует понимание обучающимся предложенной проблемы; задача решена типовым способом в установленное преподавателем время; имеют место общие фразы и (или) несущественные недочеты в описании хода решения и (или) вывода (ответа).

**2-1 балла** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует поверхностное понимание обучающимся предложенной проблемы; осуществлена попытка шаблонного решения задачи, но при ее решении допущены ошибки и (или) превышено установленное преподавателем время.

**0 баллов** выставляется обучающемуся, если решение задачи демонстрирует непонимание обучающимся предложенной проблемы, и (или) значительное место занимают общие фразы и голословные рассуждения, и (или) задача не решена.

## ***Инструкция по выполнению тестирования на промежуточной аттестации обучающихся***

Необходимо выполнить 16 заданий. На выполнение отводится 2 акад. час.

Задания выполняются на отдельном листе (бланке ответов), который сдается преподавателю на проверку. На отдельном листе (бланке ответов) запишите свои фамилию, имя, отчество и номер группы, затем приступайте к выполнению заданий. Укажите номер задания и рядом с ним:

- при выполнении заданий *в закрытой форме* запишите букву (буквы), которой (которыми) промаркированы правильные ответы;
- при выполнении задания *в открытой форме* запишите пропущенное слово, словосочетание, цифру или формулу;
- при выполнении задания *на установление последовательности* рядом с буквами, которыми промаркированы варианты ответов, поставьте цифры так, чтобы они показывали правильное расположение ответов;
- при выполнении задания *на установление соответствия* укажите соответствия между буквами и цифрами, располагая их парами.

При решении *компетентностно-ориентированной задачи (задания)* запишите развернутый ответ. Ответ записывайте аккуратно, разборчивым почерком. Количество предложений в ответе не ограничивается.

Баллы, полученные Вами за выполнение заданий, суммируются. Каждый верный ответ оценивается следующим образом:

- задание в закрытой форме - 2 балла,
- задание в открытой форме - 2 балла,
- задание на установление последовательности - 2 балла;
- задание на установление соответствия - 2 балла,
- решение компетентностно-ориентированной задачи (задания) - 6 баллов.

Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации - 36 (для обучающихся по очно-заочной и заочной формам обучения - 60).