

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Цыбин, Баянгол Баторович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 10.09.2024 16:22:01  
Уникальный программный ключ:  
056af948c3e48c6f3c571e429957a8ae7b757ae8

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Бурятская государственная сельскохозяйственная академия  
имени В.Р. Филиппова»**

**Инженерный факультет**

**СОГЛАСОВАНО**  
Заведующий  
выпускающей кафедрой  
Электрификация и  
автоматизация сельского  
хозяйства

\_\_\_\_\_  
уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
ФИО

\_\_\_\_\_  
подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан инженерного  
факультета

\_\_\_\_\_  
уч. ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
ФИО

\_\_\_\_\_  
подпись

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
дисциплины (модуля)  
Б1.О.19 Тепломассообмен**

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

Обеспечивающая преподавание дисциплины кафедра  
Разработчик (и)

Электрификация и автоматизация сельского хозяйства

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
уч.ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
И.О.Фамилия

Внутренние эксперты:  
Председатель методической  
комиссии Инженерного  
факультета

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
уч.ст., уч. зв.

\_\_\_\_\_  
И.О.Фамилия

Заведующий методическим кабинетом УМУ

\_\_\_\_\_  
подпись

\_\_\_\_\_  
И.О.Фамилия

## ВВЕДЕНИЕ

1. Оценочные материалы по дисциплине (модулю) являются обязательным обособленным приложением к Рабочей программе дисциплины (модуля) и представлены в виде оценочных средств.

2. Оценочные материалы являются составной частью нормативно-методического обеспечения системы оценки качества освоения обучающимися указанной дисциплины (модуля).

3. При помощи оценочных материалов осуществляется контроль и управление процессом формирования обучающимися компетенций, из числа предусмотренных ФГОС ВО в качестве результатов освоения дисциплины (модуля).

4. Оценочные материалы по дисциплине (модулю) включают в себя:

- оценочные средства, применяемые при промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины (модуля).

- оценочные средства, применяемые в рамках индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРО;

- оценочные средства, применяемые для текущего контроля;

5. Разработчиками оценочных материалов по дисциплине (модулю) являются преподаватели кафедры, обеспечивающей изучение обучающимися дисциплины (модуля), практики в Академии. Содержательной основой для разработки оценочных материалов является Рабочая программа дисциплины (модуля).

**1. ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ**  
**учебной дисциплины (модуля), персональный уровень достижения которых проверяется**  
**с использованием представленных в п. 3 оценочных материалов**

| Компетенции, в формировании которых задействована дисциплина |   | Код и наименование индикатора достижений компетенции  | Компоненты компетенций, формируемые в рамках данной дисциплины (как ожидаемый результат ее освоения) |  |  |
|--|---|---|--|--|--|
| код  | наименование  |   | знать и понимать   | уметь делать (действовать)   | владеть навыками (иметь навыки)  |
|  | 1   | 2   | 3  | 4  | 5  |
| <b>Общепрофессиональные компетенции</b>                      |   |   |  |  |  |
| ОПК-2  | Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ИД-1 <sub>опк-2</sub><br>Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов | Знает и применяет математический аппарат исследования функций  | Умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | Владеет навыками применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений |
|  |   | ИД-2 <sub>опк-2</sub><br>Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики  | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики        | Умеет демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры  | Владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры   |
|  |   | ИД-3 <sub>опк-2</sub><br>Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии.  | Знает законы химии и применяет их  | Умеет применять основные законы химии  | Владеет навыками применять основные законы химии   |
|  |   | ИД-4 <sub>опк-2</sub><br>Демонстрирует понимание основ автоматического управления и регулирования.  | Знает основы автоматического управления  | Умеет применять основы автоматического управления и регулирования  | Владеет навыками применять основы автоматического управления и регулирования   |
|  |   | ИД-5 <sub>опк-2</sub><br>Выполняет моделирование систем автоматического регулирования.  | Знает системы автоматического регулирования  | Умеет выполнять моделирование систем автоматического управления  | Владеет навыками выполнять моделирование систем автоматического управления   |
| ОПК-3  | Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и                                   | ИД-1 <sub>опк-3</sub><br>Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа  | Знает и понимает основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты      | Умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты  | Владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах  |
|  |   | ИД-2 <sub>опк-3</sub><br>Применяет знания основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и  | Знает и применяет знания для получения, преобразования теплоты                                       | Умеет применять знания для получения, преобразования теплоты   | Владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем   |

|  |          |   |  |  |  |
|--|----------|---|--|--|--|
|  | системах | систем  |  |  |  |
|  |          | ИД-3 <sub>опк-3</sub><br>Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | Знает и использует знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках | Умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках | Владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем |
|  |          | ИД-4 <sub>опк-3</sub><br>Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений                 | Знает и демонстрирует понимание основных законов термодинамики                                   | Умеет и понимает основные законы термодинамики и термодинамические соотношения                   | Владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений                               |
|  |          | ИД-5 <sub>опк-3</sub><br>Применяет знания основ термодинамики для расчетов  | Знает основные законы термодинамики  | Умеет и понимает основные законы термодинамики для расчета                                       | Владеет знаниями основ термодинамики для расчетов  |

**2. РЕЕСТР  
элементов оценочных материалов по дисциплине (модулю)**

| Группа<br>оценочных средств   | Оценочное средство или его элемент |   |
|---|------------------------------------|---|
|   | 1                                  | 2   |
| <b>1. Средства для промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины</b>           |                                    | Перечень вопросов к зачету с оценкой                                      |
|   |                                    | Критерии оценки к зачету с оценкой  |
|   |                                    | Перечень вопросов к экзамену  |
|   |                                    | Критерии оценки к экзамену  |
| <b>2. Средства для индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов (ВАРО)</b> |                                    | Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения |
|   |                                    | Критерии оценивания контрольных работ обучающихся заочной формы обучения  |
|   |                                    | Шкала оценивания контрольных работ обучающихся заочной формы обучения     |
|   |                                    | Перечень примерных тем расчетно-графических работ                         |
|   |                                    | Критерии оценивания выполнения расчетно-графической работы                |
| <b>3. Средства для текущего контроля</b>  |                                    | Шкала оценивания расчетно-графической работы                              |
|   |                                    | Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов               |
|   |                                    | Критерии оценивания контрольных вопросов для проведения устных опросов    |
|   |                                    | Шкала оценивания контрольных вопросов для проведения устных опросов       |
|   |                                    | Перечень дискуссионных вопросов   |
|   |                                    | Критерии оценивания дискуссионных вопросов                                |
|   |                                    | Шкала оценивания дискуссионных вопросов                                   |
|   |                                    | Кейс задачи   |
|   |                                    | Критерии оценивания   |
|   |                                    | Шкала оценивания  |
|   |                                    | Тестовые задания  |
|   |                                    | Критерии оценивания тестовых заданий                                      |
|   |                                    | Шкала оценивания тестовых заданий   |
|   |                                    | Комплект заданий для лабораторных работ                                   |
|   | Критерии оценивания                |   |
|   | Шкала оценивания                   |   |

### 3. Описание показателей, критериев и шкал оценивания компетенций в рамках дисциплины (модуля)

| Код и название компетенции  | Код индикатора достижений компетенции   | Индикаторы компетенции | Показатель оценивания – знания, умения, навыки (владения)  | Уровни сформированности компетенций   |  |   |  | Формы и средства контроля формирования компетенций   |
|---|---|------------------------|--|---|--|---|--|--|
|   |   |                        |  | компетенция не сформирована   | минимальный  | средний   | высокий  |  |
|   |   |                        |  | Оценки сформированности компетенций   |  |   |  |  |
|   |   |                        |  | 2   | 3  | 4   | 5  |  |
|   |   |                        |  | Оценка «неудовлетворительно»  | Оценка «удовлетворительно»   | Оценка «хорошо»   | Оценка «отлично»   |  |
|   |   |                        |  | Характеристика сформированности компетенции   |  |   |  |  |
| 1   | 2   | 3                      | 4  | 5   | 6  | 7   | 8  | 9  |
| <b>Критерии оценивания</b>  |   |                        |  |   |  |   |  |  |
| ОПК-2 - Способен применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач | ИД-1 <sub>ОПК-2</sub><br>Применяет математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, теории функций комплексного переменного, численных методов | Полнота знаний         | Знает и понимает математический аппарат исследования функций   | Не знает и не понимает математический аппарат исследования функций  | Знает и понимает на недостаточном уровне математический аппарат исследования функций   | Знает и понимает математический аппарат исследования функций, но допускает ошибки   | Знает и понимает математический аппарат исследования функций   | Перечень вопросов к зачету; Перечень вопросов к экзамену; Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; Перечень примерных тем расчетно-графических |
|   |   | Наличие умений         | Умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | Не умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | Умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, при этом допускает грубые ошибки | Умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, но допускает некоторые неточности | Умеет применять математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений |  |
|   |   | Наличие                | Владеет навыками   | не владеет навыками   | плохо владеет  | Владеет навыками  | Владеет навыками   |  |

|  |                                   |  |   |   |  |  |   |  |
|--|-----------------------------------|--|---|---|--|--|---|--|
|  |                                   | навыков (владение опытом)  | применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | навыками применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений, но допускает некоторые неточности | применения математического аппарата исследования функций, линейной алгебры, дифференциального и интегрального исчисления, рядов, дифференциальных уравнений | работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения, Комплект заданий для лабораторных работ  |
| ИД-2 <sub>Опк-2</sub><br>Демонстрирует понимание физических явлений и применяет законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики | Полнота знаний                    | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики            | Не знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики  | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики на недостаточном уровне                                       | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики на недостаточном уровне  | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики, но допускает ошибки   | Знает физические явления и законы механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики   | Перечень вопросов к зачету с оценкой; Перечень вопросов к экзамену; Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения, Комплект заданий для лабораторных работ |
|  | Наличие умений                    | Умеет демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры            | Не умеет демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры  | Умеет демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, при этом допускает грубые ошибки                             | Умеет, но допускает не демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры которые неточности                                    | Умеет демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры  |   |  |
|  | Наличие навыков (владение опытом) | Владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры | не владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры   | плохо владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры  | Владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры, но допускает некоторые неточности                          | Владеет навыками демонстрировать понимание математический аппарат исследования функций, линейной алгебры   |   |  |

|  |                                   |   |  |   |  |   |  |
|--|-----------------------------------|---|--|---|--|---|--|
| ИД-3 <sub>ОПК-2</sub><br>Демонстрирует понимание химических процессов и применяет основные законы химии. | Полнота знаний                    | Знает законы химии  | Не знает законы химии  | Знает законы химии на недостаточном уровне  | Знает законы химии, но допускает ошибки  | Знает законы химии  | Перечень вопросов к зачету с оценкой;<br>Перечень вопросов к экзамену;<br>Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов;<br>Тестовые задания;<br>Дискуссионные вопросы;<br>Кейс-задачи;<br>Перечень примерных тем расчетно-графических работ,<br>Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения,<br>Комплект заданий для лабораторных работ |
|  | Наличие умений                    | Умеет применять основные законы химии                             | Не умеет применять основные законы химии                             | Умеет применять основные законы химии, при этом допускает грубые ошибки                             | Умеет применять основные законы химии, но допускает некоторые неточности                             | Умеет применять основные законы химии                             |  |
|  | Наличие навыков (владение опытом) | Владеет навыками применения основных законов химии                | не владеет навыками применения основных законов химии                | плохо владеет навыками применения основных законов химии  | Владеет навыками применения основных законов химии, но допускает некоторые неточности                | владеет навыками применения основных законов химии                |  |
| ИД-4 <sub>ОПК-2</sub><br>Демонстрирует понимание основ автоматического управления и регулирования.       | Полнота знаний                    | Знает основы автоматического управления                           | Не знает основы автоматического управления                           | Знает основы автоматического управления на недостаточном уровне                                     | Знает основы автоматического управления, но допускает ошибки   | Знает основы автоматического управления                           | Перечень вопросов к зачету с оценкой;<br>Перечень вопросов к экзамену;<br>Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов;   |
|  | Наличие умений                    | Умеет применять основы автоматического управления и регулирования | Не умеет применять основы автоматического управления и регулирования | Умеет применять основы автоматического управления и регулирования, при этом допускает грубые ошибки | Умеет применять основы автоматического управления и регулирования, но допускает некоторые неточности | Умеет применять основы автоматического управления и регулирования |  |

|  |                                   |  |  |   |   |   |   |  |
|--|-----------------------------------|--|--|---|---|---|---|--|
|  |                                   | Наличие навыков (владение опытом)                                | Владеет навыками применения основ автоматического управления и регулирования | не владеет навыками применения основ автоматического управления и регулирования                   | плохо владеет навыками применения основ автоматического управления и регулирования                  | Владеет навыками применения основ автоматического управления и регулирования, но допускает некоторые неточности | Владеет навыками применения основ автоматического управления и регулирования  | Тестовые задания;<br>Дискуссионные вопросы;<br>Кейс-задачи;<br>Перечень примерных тем расчетно-графических работ,<br>Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения,<br>Комплект заданий для лабораторных работ |
| ИД-5 <sub>опк-2</sub><br>Выполняет моделирование систем автоматического регулирования. | Полнота знаний                    | Знает системы автоматического регулирования                      | Не знает системы автоматического регулирования                               | Знает системы автоматического регулирования на недостаточном уровне                               | Знает системы автоматического регулирования, но допускает ошибки                                    | Знает системы автоматического регулирования, но допускает ошибки  | Знает системы автоматического регулирования   | Перечень вопросов к зачету оценкой;<br>Перечень вопросов к экзамену;   |
|  | Наличие умений                    | Умеет  | Не умеет выполнять моделирование систем автоматического управления           | Умеет выполнять моделирование систем автоматического управления, при этом допускает грубые ошибки | Умеет выполнять моделирование систем автоматического управления, но допускает некоторые неточности  | Умеет выполнять моделирование систем автоматического управления, но допускает некоторые неточности              | Умеет выполнять моделирование систем автоматического управления   | Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов;   |
|  | Наличие навыков (владение опытом) | Владеет навыками моделирования систем автоматического управления | не владеет навыками моделирования систем автоматического управления          | плохо владеет навыками моделирования систем автоматического управления                            | Владеет навыками моделирования систем автоматического управления, но допускает некоторые неточности | владеет навыками моделирования систем автоматического управления  | Тестовые задания;<br>Дискуссионные вопросы;<br>Кейс-задачи;<br>Перечень примерных тем расчетно-графических работ,<br>Перечень заданий для контрольных работ |  |

|  |  |  |   |  |   |  |   |  |
|--|--|--|---|--|---|--|---|--|
|  |  |  |   |  |   |  |   | обучающихся заочной формы обучения, Комплект заданий для лабораторных работ  |
| ОПК-3 - Способен демонстрировать применение основных способов получения, преобразования, транспорта и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | ИД-1 <sup>ОПК-3</sup><br>Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа | <b>Полнота знаний</b>                    | Знает основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты        | Не знает основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты        | Знает на недостаточном уровне основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты            | Знает основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты, но допускает ошибки                      | Знает основные способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты        | Перечень вопросов к зачету с оценкой; Перечень вопросов к экзамену; Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; |
|  |  | <b>Наличие умений</b>                    | Умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты       | Не умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты       | Умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты, при этом допускает грубые ошибки | Умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты, но допускает некоторые неточности       | Умеет применять способы получения, преобразования, транспорта и использования теплоты       | Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения, Комплект заданий для лабораторных работ                  |
|  |  | <b>Наличие навыков (владение опытом)</b> | Владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | не владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах | плохо владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах                       | Владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах, но допускает некоторые неточности | владеет навыками получения и использования теплоты в теплотехнических установках и системах |  |
|  | ИД-2 <sup>ОПК-3</sup><br>Применяет знания основ гидрогазодинамики                          | <b>Полнота знаний</b>                    | Знает и применяет знания для получения, преобразования                                      | Не знает и не применяет знания для получения, преобразования                                   | Знает и применяет знания для получения, преобразования  | Знает и применяет знания для получения, преобразования   | Знает и применяет знания для получения, преобразования                                      | Перечень вопросов к зачету с оценкой;  |

|   |  |  |   |  |   |  |   |
|---|--|--|---|--|---|--|---|
| для расчетов теплотехнических установках и систем   |  | теплоты  | теплоты   | теплоты на недостаточном уровне  | теплоты, но допускает ошибки  | теплоты  | Перечень вопросов к экзамену;<br>Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов;<br>Тестовые задания;<br>Дискуссионные вопросы;<br>Кейс-задачи;<br>Перечень примерных тем расчетно-графических работ,<br>Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения,<br>Комплект заданий для лабораторных работ |
|   | Наличие <b>умений</b>                    | Умеет применять знания для получения, преобразования теплоты   | Не умеет применять знания для получения, преобразования теплоты   | Умеет применять знания для получения, преобразования теплоты, при этом допускает грубые ошибки                                     | Умеет применять знания для получения, преобразования теплоты, но допускает некоторые неточности   | Умеет применять знания для получения, преобразования теплоты   |   |
|   | Наличие <b>навыков</b> (владение опытом) | Владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем | не владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем | плохо владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем                 | Владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем, но допускает некоторые неточности | Владеет навыками применения знаний основ гидрогазодинамики для расчетов теплотехнических установках и систем |   |
| ИД-3 <sub>опк-3</sub><br>Использует знание теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | Полнота <b>знаний</b>                    | Знает и использует знания теплофизических законов при расчетах в теплотехнических установках                 | Не знает и не использует знания теплофизических законов при расчетах в теплотехнических установках              | Знает и использует знания теплофизических законов при расчетах в теплотехнических установках на недостаточном уровне               | Знает и использует знания теплофизических законов при расчетах в теплотехнических установках, но допускает ошибки                               | Знает и использует знания теплофизических законов при расчетах в теплотехнических установках                 | Перечень вопросов к зачету и оценкой;<br>Перечень вопросов к экзамену;<br>Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов;<br>Тестовые задания;<br>Дискуссионные вопросы;<br>Кейс-задачи;   |
|   | Наличие <b>умений</b>                    | Умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках             | Не умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках             | Умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках, при этом допускает грубые ошибки | Умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках, но допускает некоторые                        | Умеет использовать знания теплофизических рабочих тех при расчетах в теплотехнических установках             |   |

|   |  |  |  |   |  |   |  |  |
|---|--|--|--|---|--|---|--|--|
|   |  | Наличие <b>навыков</b> (владение опытом)   | Владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | не владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | плохо владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | неточности<br>Владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем, но допускает некоторые неточности | Владеет навыками использования знаний теплофизических свойств рабочих тел при расчетах теплотехнических установок и систем | Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения, Комплект заданий для лабораторных работ  |
| ИД-4 <sup>Опк-3</sup><br>Демонстрирует понимание основных законов термодинамики и термодинамических соотношений | Полнота <b>знаний</b>                    | Знает и понимает основные законы термодинамики   | Не знает и не понимает законы термодинамики  | Знает и понимает на недостаточном уровне основные законы термодинамики  | Знает и понимает основные законы термодинамики, но допускает ошибки  | Знает и понимает основные законы термодинамики, но допускает ошибки   | Знает и понимает основные законы термодинамики   | Перечень вопросов к зачету с оценкой; Перечень вопросов к экзамену; Комплект контрольных вопросов для проведения   |
|   | Наличие <b>умений</b>                    | Умеет применять основные законы термодинамики  | Не умеет применять основные законы термодинамики   | Умеет применять основные законы термодинамики, при этом допускает грубые ошибки   | Умеет применять основные законы термодинамики, но допускает некоторые неточности   | Умеет применять основные законы термодинамики, но допускает некоторые неточности  | Умеет применять основные законы термодинамики  | устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения, Комплект |
|   | Наличие <b>навыков</b> (владение опытом) | Владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений | не владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений                            | плохо владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений                            | Владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений, но допускает некоторые неточности  | Владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений  | Владеет навыками демонстрации основных законов термодинамики и термодинамических соотношений                               |  |

|  |  |   |  |   |   |   |   |                                |
|--|--|---|--|---|---|---|---|--------------------------------|
|  |  |   |  |   |   |   |   | заданий для лабораторных работ |
| ИД-5 <sub>опк-3</sub><br>Применяет знания основ термодинамики для расчетов | Полнота <b>знаний</b>                    | Знает основные законы термодинамики                       | Не знает основные законы термодинамики                       | Знает на недостаточном уровне основные законы термодинамики                                 | Знает основные законы термодинамики, но допускает ошибки                                      | Знает основные законы термодинамики               | Перечень вопросов к зачету оценкой; Перечень вопросов к экзамену; Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения |                                |
|  | Наличие <b>умений</b>                    | Умеет применять основные законы термодинамики для расчета | Не умеет применять основные законы термодинамики для расчета | Умеет применять основные законы термодинамики для расчета, при этом допускает грубые ошибки | Умеет применять основные законы термодинамики для расчетам, но допускает некоторые неточности | Умеет основные законы термодинамики для расчета   | Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов; Тестовые задания; Дискуссионные вопросы; Кейс-задачи; Перечень примерных тем расчетно-графических работ, Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения   |                                |
|  | Наличие <b>навыков</b> (владение опытом) | Владеет знаниями основ термодинамики для расчетов         | не владеет знаниями основ термодинамики для расчетов         | плохо владеет знаниями основ термодинамики для расчетов                                     | Владеет знаниями основ термодинамики для расчетов, но допускает некоторые неточности          | владеет знаниями основ термодинамики для расчетов | Комплект заданий для лабораторных работ   |                                |

**4. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы**

**4.1. Типовые контрольные задания, необходимые для оценки знаний, умений, навыков**

**4.1.1. Средства для промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины**

| <b>Нормативная база<br/>проведения промежуточной аттестации обучающихся по результатам изучения дисциплины:<br/>Б1.О.19 Теплообмен</b> |   |
|--|---|
| 1) действующее «Положение о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ФГБОУ ВО Бурятская ГСХА»              |   |
| <b>Основные характеристики<br/>промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины (модуля)</b>                         |   |
| 1  | 2   |
| <b>Цель промежуточной аттестации -</b>   | установление уровня достижения каждым обучающимся целей обучения по данной дисциплине, изложенных в п.2.2 настоящей программы   |
| <b>Форма промежуточной аттестации -</b>  | экзамен   |
| <b>Место экзамена в графике учебного процесса:</b>   | 1) подготовка к экзамену и сдача экзамена осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на экзаменационную сессию для обучающихся, сроки которой устанавливаются приказом по академии<br>2) дата, время и место проведения экзамена определяется графиком сдачи экзаменов, утверждаемым деканом факультета (директором института) |
| <b>Форма экзамена -</b>  | <i>устный</i>   |
| <b>Процедура проведения экзамена -</b>   | представлена в оценочных материалах по дисциплине   |
| <b>Экзаменационная программа по учебной дисциплине:</b>  | 1) представлена в оценочных материалах по дисциплине<br>2) охватывает разделы (в соответствии с п. 4.1 настоящего документа)  |
| <b>Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков:</b>  | представлены в оценочных материалах по дисциплине   |
| <b>6.2 Основные характеристики<br/>промежуточной аттестации обучающихся по итогам изучения дисциплины</b>                              |   |
| 1  | 2   |
| <b>Цель промежуточной аттестации -</b>   | установление уровня достижения каждым обучающимся целей и задач обучения по данной дисциплине, изложенным в п.2.2 настоящей программы   |
| <b>Форма промежуточной аттестации -</b>  | зачёт с оценкой   |
| <b>Место процедуры получения зачёта в графике учебного процесса</b>  | 1) участие обучающегося в процедуре получения зачёта осуществляется за счёт учебного времени (трудоемкости), отведённого на изучение дисциплины<br>2) процедура проводится в рамках ВАРО, на последней неделе семестра  |
| <b>Основные условия получения обучающимся зачёта:</b>  | 1) обучающийся выполнил все виды учебной работы (включая самостоятельную) и отчитался об их выполнении в сроки, установленные графиком учебного процесса по дисциплине  |
| <b>Процедура получения зачёта -</b>  | Представлены в оценочных материалах по данной дисциплине  |
| <b>Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков:</b>  |   |

**Перечень вопросов к зачету с оценкой**

1. Передача теплоты в природе. Массоперенос (ОПК-2, ОПК-3).
2. Температурное поле (ОПК-2, ОПК-3).
3. Градиент температуры (ОПК-2, ОПК-3).
4. Плотность теплового потока, закон Фурье (ОПК-2, ОПК-3).
5. Коэффициент теплопроводности (ОПК-2, ОПК-3).
6. Дифференциальное уравнение теплопроводности (ОПК-2, ОПК-3).
7. Краевые условия (условия однозначности) (ОПК-2, ОПК-3).
8. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях I-го рода (ОПК-2, ОПК-3).
9. Передача теплоты через плоскую стенку при коэффициенте теплопроводности, зависящем от температуры (ОПК-2, ОПК-3).
10. Передача теплоты через многослойную плоскую стенку при граничных условиях I-го рода (ОПК-2, ОПК-3).
11. Передача теплоты через плоскую стенку при граничных условиях III-го рода (ОПК-2, ОПК-3).
12. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях I-го рода (ОПК-2, ОПК-3).
13. Передача теплоты через бесконечную цилиндрическую стенку при граничных условиях III-го рода (ОПК-2, ОПК-3).

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

#### **Перечень вопросов к экзамену**

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

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

## 4.1.2. Средства для индивидуализации выполнения, контроля фиксированных видов ВАРО

### 4.1.2 Выполнение и сдача расчетно-графической работы (РГР)

#### 5.1.2.1 Место РГР в структуре дисциплины (модуля)

| Разделы дисциплины, освоение которых обучающимися сопровождается или завершается выполнением РГР |                             | Компетенции, формирование/развитие которых обеспечивается в ходе выполнения РГР |
|--|-----------------------------|---|
| №  | Наименование                |   |
| 1  | 2                           | 3   |
| 1  | Основы тепло- и массообмена | ОПК-2, ОПК-3  |

#### 4.1.2.2 Перечень примерных тем РГР

- Расчет стационарных полей температуры в телах сложной формы.
- Расчет конвективного теплообмена при естественной и вынужденной конвекции
- Тепловой расчет теплообменного аппарата

#### Критерии оценивания:

- полнота разработки темы;
- степень изученности литературы по рассматриваемому вопросу;
- обоснованность выводов и предложений;
- обоснованность и качество расчетов и проектных разработок;
- качество выполнения графического материала и соблюдения требований государственных стандартов к оформлению пояснительной записки;
- оригинальность решения задач проектирования;
- содержания доклада при защите работы и качество ответов на вопросы;
- самостоятельность выполнения задания.

#### Шкала оценивания:

| Баллы<br>для учета в рейтинге (оценка) | Степень удовлетворения критериям   |
|--|--|
| 86-100 баллов<br>«отлично»             | Обучающийся самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные понятия.            |
| 71-85 баллов<br>«хорошо»               | Обучающийся самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные понятия. |
| 56-70 баллов<br>«удовлетворительно»    | Обучающийся в основном решил учебно-профессиональную задачу, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном профессиональные понятия.                         |
| 0-55 баллов<br>«неудовлетворительно»   | Обучающийся не решил учебно-профессиональную задачу.   |

### 4.1.3 Перечень заданий для контрольных работ обучающихся заочной формы обучения

#### Задание № 1

Через плоскую стальную стенку толщиной  $\delta$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda$  происходит передача теплоты от горячего теплоносителя к холодному (рис. 1а). Коэффициент теплоотдачи от горячего теплоносителя к стенке равен  $\alpha_1$ , а от стенки к холодному теплоносителю –  $\alpha_2$ . Разность температур между теплоносителями составляет  $\Delta t$ .

Для интенсификации процесса теплопередачи можно увеличить  $\alpha_1$  на  $\Delta\alpha_1$  и  $\alpha_2$  на  $\Delta\alpha_2$ , уменьшить термическое сопротивление стенки, заменив материал и толщину стенки ( $\lambda'$ ,  $\delta'$ ), увеличить разность температур на  $\Delta t$ , %.

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

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

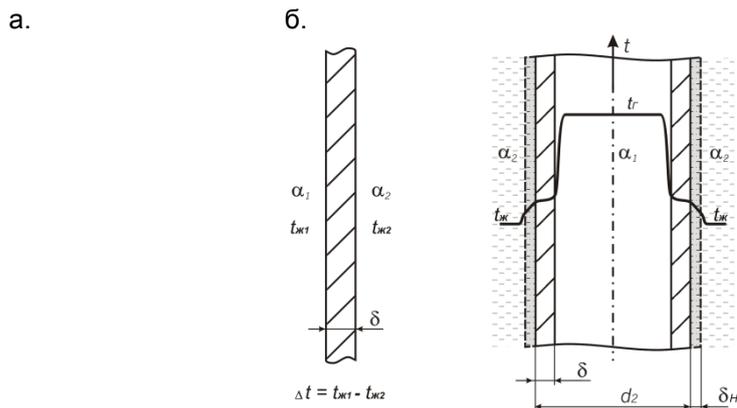


Рис. 1. Теплопередача через плоскую (а) и цилиндрическую (б) стенки

### Задание № 2

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

Коэффициент теплоотдачи от газа к внутренней поверхности трубы равен  $\alpha_1$ , а от внешней поверхности к жидкости –  $\alpha_2$ .

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

Как численно изменяется линейная плотность теплового потока и температуры внутренней и внешней поверхности трубы, если с внешней стороны труба покрылась слоем загрязнения или накипи толщиной  $\delta_n$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda_n$  при условии, что коэффициент теплоотдачи  $\alpha_2$  не изменяется.

### Задание № 3

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

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

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

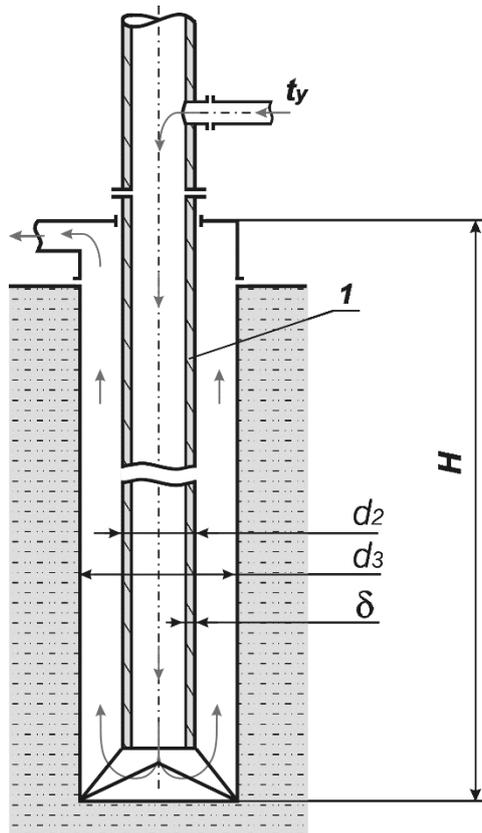


Рис. 2. Схема промывки скважины  
1 – колонна бурильных труб

#### Задание № 4

Горячая вода нагнетается в скважину глубиной  $H$  по колонне насосно-компрессорных труб с наружным диаметром  $d_2$  и толщиной стенки  $\delta_1$ . Температура воды на устье скважины составляет  $t_y$ , а ее объемный расход равен  $V$ . Насосно-компрессорные трубы концентрично установлены в обсадной колонне с наружным диаметром  $d_4$  и толщиной стенки  $\delta_2$ . Наружный диаметр цементного камня равен  $d_4$  (рис. 3). Кольцевое пространство между обсадной колонной и насосно-компрессорными трубами заполнено флюидом.

Определить температуру горячей воды на забое скважины  $t_3$  через  $\tau$  суток с начала нагнетания.

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

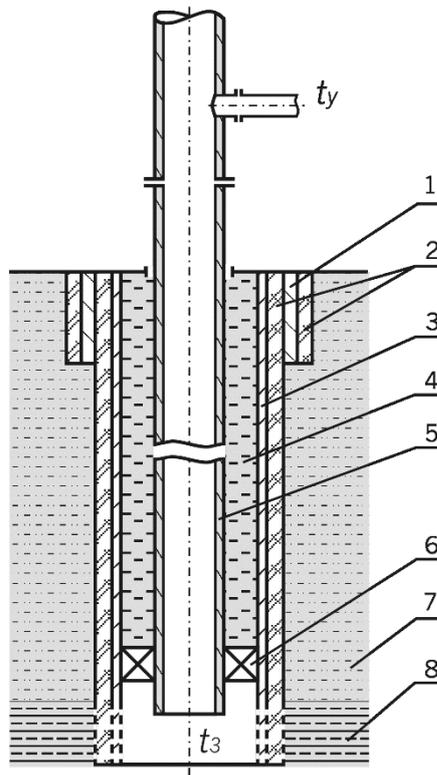


Рис. 3. Схема нагнетательной (добывающей) скважины

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

### Задание № 5

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

Коэффициент теплопередачи от горячего к холодному теплоносителю –  $k$ . Температуры горячего –  $t_1'$  и  $t_1''$  и холодного –  $t_2'$  и  $t_2''$  теплоносителей соответственно на входе и выходе из теплообменника.

Как численно изменится расчетная площадь поверхности теплообмена, если использовать:

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

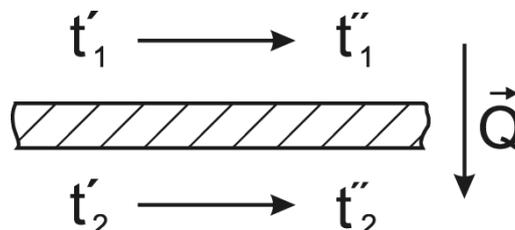


Рис. 6. Схема движения теплоносителей «прямоток»

### Критерии оценивания:

- полнота разработки темы;
- степень изученности литературы по рассматриваемому вопросу;

- обоснованность выводов и предложений;
- обоснованность и качество расчётов и проектных разработок;
- качество выполнения графического материала и соблюдения требований государственных стандартов к оформлению пояснительной записки;
- оригинальность решения задач проектирования;
- содержания доклада при защите работы и качество ответов на вопросы;
- самостоятельность выполнения задания.

#### Шкала оценивания:

| Баллы<br>для учета в рейтинге (оценка) | Степень удовлетворения критериям   |
|--|--|
| 86-100 баллов<br>«отлично»             | Обучающийся самостоятельно и правильно решил учебно-профессиональную задачу, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные понятия.            |
| 71-85 баллов<br>«хорошо»               | Обучающийся самостоятельно и в основном правильно решил учебно-профессиональную задачу, уверенно, логично, последовательно и аргументировано излагал свое решение, используя профессиональные понятия. |
| 56-70 баллов<br>«удовлетворительно»    | Обучающийся в основном решил учебно-профессиональную задачу, допустил несущественные ошибки, слабо аргументировал свое решение, используя в основном профессиональные понятия.                         |
| 0-55 баллов<br>«неудовлетворительно»   | Обучающийся не решил учебно-профессиональную задачу.   |

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

#### 5.1. Критерии оценки к экзамену

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

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

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

*Оценка «неудовлетворительно» (менее 56 баллов)* ставится обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, слабые побуждения к самостоятельной работе над рекомендованной основной литературой. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании академии без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### 5.2. Критерии оценки к зачету и зачету с оценкой

*зачет /оценка «отлично» (86-100 баллов)* ставится обучающемуся, обнаружившему систематические и глубокие знания учебно-программного материала, умения свободно выполнять задания, предусмотренные программой в типовой ситуации (с ограничением времени) и в нетиповой ситуации, знакомство с основной и дополнительной литературой, усвоение взаимосвязи основных понятий дисциплины в их значении приобретаемой специальности и проявившему творческие способности и самостоятельность в приобретении знаний.

*зачет /оценка «хорошо» (71-85 баллов)* ставится обучающемуся, обнаружившему полное знание учебно-программного материала, успешное выполнение заданий, предусмотренных программой в типовой ситуации (с ограничением времени), усвоение материалов основной литературы, рекомендованной в программе, способность к самостоятельному пополнению и обновлению знаний в ходе дальнейшей работы над литературой и в профессиональной деятельности.

*зачет /оценка «удовлетворительно» (56-70 баллов)* ставится обучающемуся, обнаружившему знание основного учебно-программного материала в объеме, достаточном для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, знакомство с основной литературой, рекомендованной программой, умение выполнять задания, предусмотренные программой.

*незачет /оценка «неудовлетворительно» (менее 56 баллов)* ставится обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, слабые побуждения к самостоятельной работе над рекомендованной основной литературой. Оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании академии без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

## **6. Оценочные материалы для организации текущего контроля успеваемости обучающихся**

Форма, система оценивания, порядок проведения и организация *текущего контроля успеваемости* обучающихся устанавливаются Положением об организации текущего контроля успеваемости обучающихся.

### **6.1. Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов**

1. Теплопередача. Температурное поле. Градиент температуры.
2. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности.
3. Теплопроводность через однослойную плоскую стенку
4. Теплопроводность через многослойную плоскую стенку
5. Теплопроводность через одно и многослойную цилиндрическую стенку
6. Теплопроводность через шаровую поверхность
7. Теплопроводность тел произвольной формы
8. Дифференциальные уравнения теплопроводности
9. Теплопередача через плоскую одно и многослойную стенки
10. Теплопередача через многослойную стенку при граничных условиях третьего рода
11. Интенсификация теплопередачи за счет оребрения стенок
12. Теплопередача через шаровую поверхность при граничных условиях 3-го рода
13. Теплопередача прямого ребра переменного сечения
14. Конвективный теплообмен. Основные свойства теплоносителя
15. Пограничный слой. Критерий Прандтля
16. Уравнение конвективного теплообмена. Коэффициент теплоотдачи
17. Основы теории подобия. Вывод критерия Нуссельта
18. Критериальные уравнения
19. Конвекция при ламинарном течении жидкости в трубах
20. Конвекция при турбулентном течении жидкости в трубах
21. Теплообмен при поперечном омывании одиночной трубы
22. Основные понятия теплового излучения
23. Законы излучения: Планка, Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгоффа, Ламберта
24. Экраны. Расчет снижения теплопередачи через один экран
25. Типы теплообменных аппаратов и основы их расчета
26. Определения среднего логарифмического температурного напора
27. Теплообмен жидких металлов
28. Теплообмен при высоких скоростях движения газа
29. Конвекция при свободном движении газа
30. Теплообмен при кипении. Минимальный радиус пузырька
31. Теплообмен при конденсации
32. Тепло и массоперенос во влажных телах
33. Основные виды связи влаги с материалом
34. Градиент влагосодержания и общий коэффициент диффузии (бародиффузия, суммарный массоперенос)
35. Критический диаметр цилиндрической стенки

## 6.1 Комплект контрольных вопросов для проведения устных опросов

### Критерии оценки:

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

### Шкала оценивания:

| Баллы<br>для учета в рейтинге (оценка) | Степень удовлетворения критериям   |
|--|--|
| 86-100 баллов<br>«отлично»             | Обучающийся полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса (задания); обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно.   |
| 71-85 баллов<br>«хорошо»               | Обучающийся достаточно полно и аргументировано отвечает по содержанию вопроса (задания); обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно. Допускает 1-2 ошибки, исправленные с помощью наводящих вопросов. |
| 56-70 баллов<br>«удовлетворительно»    | Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.  |
| 0-55 баллов<br>«неудовлетворительно»   | Обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание (вопрос), допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Отмечаются такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному овладению последующим материалом.                                 |

## 6.2. Перечень дискуссионных вопросов

1. Теплопроводность плоского слоя при постоянном коэффициенте теплопроводности. Многослойная стенка
2. Теплопередача через однослойную и многослойную стенку.
3. Теплопередача через цилиндрическую и шаровую стенку.
4. Критический диаметр тепловой изоляции. Выбор тепловой изоляции цилиндра (шара).
5. Температурное поле в телах с внутренними источниками теплоты.
6. Температурное поле в ребре. Коэффициент эффективности ребра.
7. Расчет теплоотдачи (теплопередачи) ребристой поверхности теплообмена (плоская стенка, цилиндрическая поверхность).
8. Нестационарные задачи теплопроводности. Метод Фурье применительно к телам простой геометрии.
9. Расчет температурного поля в бесконечной пластине и цилиндре.
10. Расчет температурного поля в трехмерных телах простой геометрии. Количество теплоты, отданной телом в процессе охлаждения (нагрева)
11. Регулярный режим охлаждения (нагрева) тел.
12. Численное решение задач теплопроводности.
13. Методы подобия и размерностей в задачах теплопроводности и конвективного теплообмена. Числа подобия.
14. Расчет теплоотдачи при свободном движении жидкости.
15. Расчет теплоотдачи при внешнем обтекании тел.
16. Расчет теплоотдачи при течении жидкостей в каналах.
17. Особые случаи расчета теплоотдачи (теплоотдача жидких металлов, учет сжимаемости газа, сверхкритического состояния вещества).
18. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности и горизонтальной трубе. Ламинарное течение пленки конденсата

19. Теплоотдача при плёночной конденсации пара на вертикальной поверхности. Смешанный режим течения пленки конденсата. Учет дополнительных факторов при расчете теплоотдачи при конденсации.
20. Механизм кипения жидкостей. Расчет основных параметров кипящей жидкости.
21. Расчет теплоотдачи при развитом пузырьковом и пленочном кипении в большом объеме. Кризис кипения первого рода.
22. Расчет теплоотдачи при кипении в трубах. Кризис кипения второго рода. Граничное паросодержание. Расчет запаса до кризиса кипения.
23. Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты рекуперативных теплообменников.
24. Поинтервальный расчет теплообменника.
25. Расчет теплообменников-смесителей и регенеративных теплообменников.
26. Законы теплового излучения абсолютно черного тела. Излучение (и поглощение) серых тел, реальных тел.
27. Расчет теплообмена излучением в системе тел, разделенных диатермичной средой. Угловые коэффициенты излучения.
28. Зональный метод расчета излучения в замкнутой системе тел.
29. Определение степени черноты и поглощательной способности газового объема.
30. Расчет лучистого теплообмена в системе тело-оболочка в «сером» и «не сером» приближении.
31. Основы методов расчёта сложного теплообмена.
32. Концентрационная диффузия. Закон Фика.
33. Тепло- и массообмен при испарении (и конденсации пара) в парогазовую среду.

**Критерии оценивания:**

- теоретический уровень знаний;
- качество ответов на вопросы;
- подкрепление материалов фактическими данными (статистические данные или др.);
- практическая ценность материала;
- способность делать выводы;
- способность отстаивать собственную точку зрения;
- способность ориентироваться в представленном материале;
- степень участия в общей дискуссии.

**Шкала оценивания:**

| Баллы для учета в рейтинге (оценка)      | Степень удовлетворения критериям  |
|--|---|
| 86-100 баллов<br>«отлично»               | Обучающийся свободно владеет учебным материалом; проявляет навыки анализа, обобщения, критического осмысления, публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации; материал изложен грамотно, в определенной логической последовательности, точно используется терминология; показано умение иллюстрировать теоретические положения конкретными примерами, применять их в новой ситуации; высказывать свою точку зрения |
| 71-85 баллов<br>«хорошо»                 | Ответ удовлетворяет в основном требованиям на оценку «отлично», но при этом имеет один из недостатков: в усвоении учебного материала допущены небольшие пробелы, не исказившие содержание ответа; допущены один – два недочета в формировании навыков публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации  |
| 56-70 баллов<br>«удовлетворительно»      | Неполно или непоследовательно раскрыто содержание материала, но показано общее понимание вопроса и продемонстрированы умения, достаточные для дальнейшего усвоения материала; имелись затруднения или допущены ошибки в определении понятий, использовании терминологии, исправленные после нескольких наводящих вопросов. Обучающийся не может применить теорию в новой ситуации   |
| менее 56 баллов<br>«неудовлетворительно» | Не раскрыто основное содержание учебного материала; обнаружено незнание или непонимание большей или наиболее важной части учебного материала; допущены ошибки в определении понятий, при использовании терминологии, которые не исправлены после нескольких наводящих вопросов; не сформированы умения и навыки публичной речи, аргументации, ведения дискуссии и полемики, критического восприятия информации  |

**6.3. Кейс-задачи**

**Кейс -1**

Определить средний коэффициент теплоотдачи от стенки трубок к воздуху в трубчатом воздухоподогревателе, выполненном из труб наружным диаметром  $d = 38$  мм, расположенных в коридорном порядке с поперечным и продольным шагами  $s_1 = s_2 = 2,5$ ; число рядов труб  $n = 5$ .

Средняя температура воздуха  $t_b = 50$  °С, скорость воздуха в узком сечении пучка  $W = 10$  м/с. Температура наружной поверхности труб  $t_{ст} = 150$  °С, угол атаки  $\varphi = 70$  °

### Кейс-2

Определить поверхность нагрева рекуперативного газоздушного теплообменника при прямоточной и противоточной схемах движения теплоносителей, если объёмный расход нагреваемого воздуха при нормальных условиях  $V_H = 3 \times 10^3$  м<sup>3</sup>/ч, средний коэффициент теплопередачи от продуктов сгорания к воздуху  $k = 20$  Вт/(м<sup>2</sup> × К), начальные и конечные температуры продуктов сгорания и воздуха соответственно  $t'_1 = 650$  °С,  $t''_1 = 450$  °С и  $t'_2 = 25$  °С,  $t''_2 = 350$  °С. Изобразить графики изменения температур теплоносителей для обоих случаев

### Кейс – 3.

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

### Кейс - 4

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

### Кейс-5

Определить площадь поверхности нагрева пароперегревателя, выполненного из трубок  $d_1/d_2 = 32/40$  мм,  $\lambda_{ст} = 39,5$  Вт/(м × К). В пароперегреватель поступает сухой насыщенный пар в количестве  $G = 0,9$  кг/с при давлении 4,0 МПа и перегревается до температуры 470 °С. Коэффициенты теплоотдачи: от газов к стенке труб  $\alpha_1 = 82$  Вт/(м<sup>2</sup> × К), от стенки к пару  $\alpha_2 = 710$  Вт/(м<sup>2</sup> × К). Средняя температура газов  $t_r = 800$  °С

### Кейс - 6

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

### Критерии оценивания:

- соответствие решения сформулированным в кейсе вопросам (адекватность проблеме);
- оригинальность подхода (новаторство, креативность);
- применимость решения на практике;
- глубина проработки проблемы (обоснованность решения, наличие альтернативных вариантов, прогнозирование возможных проблем, комплексность решения).

### Шкала оценивания:

| Баллы для учета в рейтинге (оценка) | Степень удовлетворения критериям   |
|-------------------------------------|--|
| 86-100 баллов «отлично»             | Предложенное решение соответствует поставленной в кейс-задаче проблеме. Обучающийся применяет оригинальный подход к решению поставленной проблемы, демонстрирует высокий уровень теоретических знаний, анализ соответствующих источников. Формулировки кратки, ясны и точны. Ожидаемые результаты применения |

|  |   |
|--|---|
|  | предложенного решения конкретны, измеримы и обоснованы  |
| 71-85 баллов<br>«хорошо»                 | Предложенное решение соответствует поставленной в кейс-задаче проблеме. Обучающийся применяет в основном традиционный подход с элементами новаторства, частично подкрепленный анализом соответствующих источников, демонстрирует хороший уровень теоретических знаний. Формулировки недостаточно кратки, ясны и точны. Ожидаемые результаты             |
| 56-70 баллов<br>«удовлетворительно»      | Предложенное решение требует дополнительной конкретизации и обоснования, в целом соответствует поставленной в задаче проблеме. При решении поставленной проблемы обучающийся применяет традиционный подход, демонстрирует твердые знания по поставленной проблеме. Предложенное решение содержит ошибки, уверенно исправленные после наводящих вопросов |
| менее 56 баллов<br>«неудовлетворительно» | Наличие грубых ошибок в решении ситуации, непонимание сущности рассматриваемой проблемы, неуверенность и неточность ответов после наводящих вопросов. Предложенное решение не обосновано и не применимо на практике   |

#### 6.4 Комплект тестовых заданий

**1. На долю какого вида теплообмена приходится основная часть переноса энергии при нагревании твердого тела в печи (например, при выпечке).**

1. На долю теплопроводности.
2. На долю конвекции.
3. На долю излучения.

**2. Перенос теплоты при соприкосновении частиц, имеющих различную температуру, называется:**

1. Теплопроводностью.
2. Конвекцией.
3. Излучением.

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

1. Теплопроводность.
2. Конвекция.
3. Излучение.

**4. Тепловой поток сильно зависит от температуры при теплообмене:**

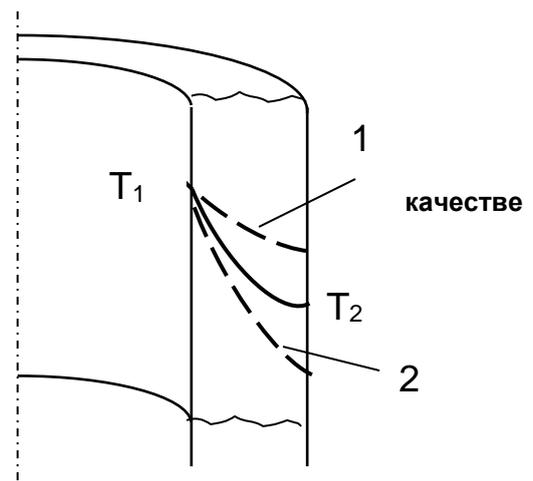
1. В процессе конвекции.
2. В процессе излучения.
3. В процессе теплопроводности.

**5. На рисунке показан график изменения температуры в цилиндрической стенке при  $\lambda = \text{const}$ . Как изменится этот график, если коэффициент теплопроводности будет уменьшаться с увеличением температуры.**

1. Изменится и примет вид 1.
2. Не изменится.
3. Изменится и примет вид 2.

**6. Укажите вещества, которые могут использоваться в тепловой изоляции.**

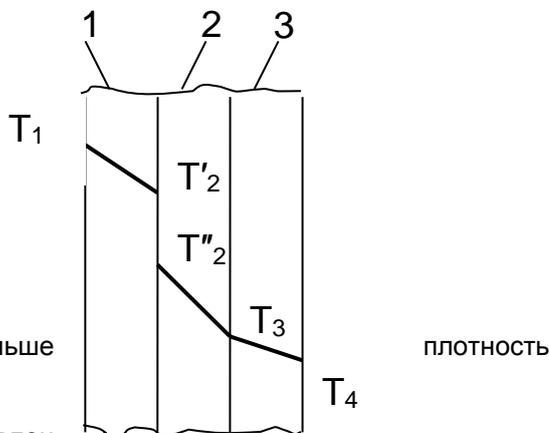
1. Твердые тела с  $\lambda < 0.2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .
2. Твердые тела с  $\lambda > 0.2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ .



3. Газообразные тела, так как у них самый маленький коэффициент теплопроводности.

7. На рисунке представлен график изменения температуры в плоской стенке, состоящей из трех слоев. Как изменился тепловой поток через стенку из-за появления скачка температур на границе слоев 1 и 2. ( $T'_2 - T''_2 > 0$ )

1. Увеличился.
2. Не изменился.
3. Уменьшился.



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

1. Что чем больше градиент температуры, тем меньше потока тепла.
2. Что коэффициент теплопроводности отрицателен.
3. Что вектор плотности теплового потока направлен противоположно вектору градиента температуры, т.е. в сторону уменьшения температуры.

9. При увлажнении коэффициент теплопроводности пористых материалов:

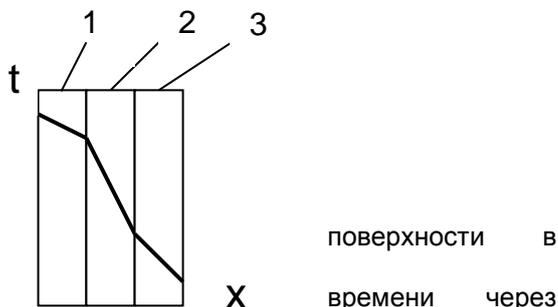
1. Не изменяется.
2. Уменьшается.
3. Увеличивается.

10. Тепловой поток – это количество теплоты:

1. Передаваемое в единицу времени через произвольную поверхность.
2. Передаваемое в единицу времени через единичную площадь.
3. Проходящее в единицу времени через единичную площадь при градиенте температуры, равном единице.

11. Какой слой многослойной стенки имеет наименьший коэффициент теплопроводности.

1. Слой 1.
2. Слой 3.
3. Слой 2.



12. Градиент температуры - это:

1. Вектор, направленный по нормали к изотермической сторону убывания температуры.
2. Количество теплоты, которое проходит в единицу единицу поверхности.
3. Вектор, направленный по нормали к изотермической поверхности в сторону возрастания температуры и численно равный производной от температуры по этому направлению.

13. При граничных условиях третьего рода задается:

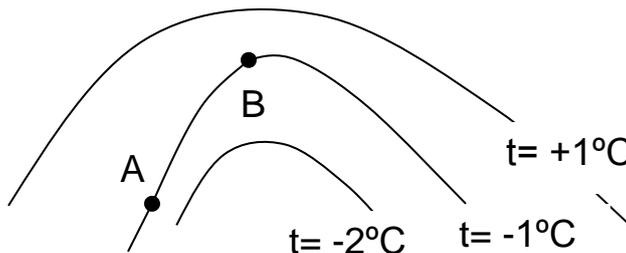
1. Распределение температуры по поверхности тела.
2. Закон теплообмена между поверхностью тела и окружающей средой.
3. Значение теплового потока для каждой точки поверхности тела.

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

1. Способность вещества передавать теплоту.
2. Интенсивность теплообмена между поверхностью тела и средой.
3. Интенсивность собственного излучения тела.

15. Укажите в какой точке больше модуль градиента температуры и куда направлен градиент температуры в этой точке.

1. В точке А, вверх.
2. В точке В, вниз.
3. В точке В, вверх.



16. Укажите выражение для определения термического сопротивления цилиндрической стенки (для теплопроводности).

1.  $\frac{\delta}{\lambda}$  .
2.  $\frac{1}{2\lambda} \ln \frac{d_2}{d_1}$  .
3.  $\frac{1}{d \cdot \alpha}$  .

17. Граничные условия I рода на поверхности тела означают задание:

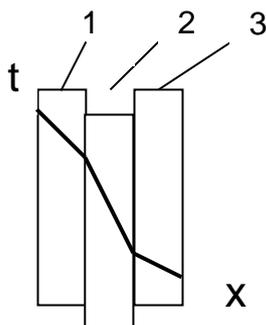
1. Температуры поверхности.
2. Коэффициента теплоотдачи на поверхности.
3. Поверхностной плотности теплового потока.

18. Укажите формулу закона Фурье.

1.  $q_w = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}$  .
2.  $q_w = c_0 \left( \frac{T_w}{100} \right)^4$  .
3.  $q_w = \alpha (T_w - T_\infty)$  .

19. Укажите какой слой многослойной стенки имеет наибольший коэффициент теплопроводности.

1. Слой 1.
2. Слой 2.
3. Слой 3.





1.  $Q = k(t_1 - t_2) F$ .
2.  $Q = \alpha (t_1 - t_2) F$ .
3.  $Q = G_1 (h'_1 - h''_1) F$ .

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

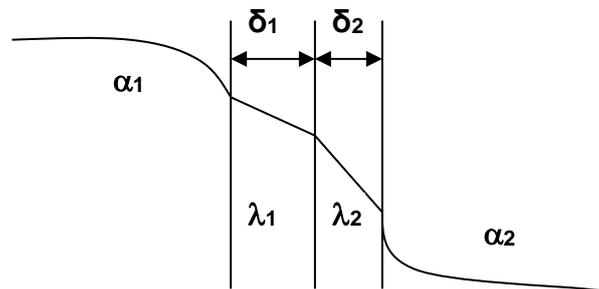
1. Увеличится.
2. Уменьшится.
3. Практически не изменится.

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

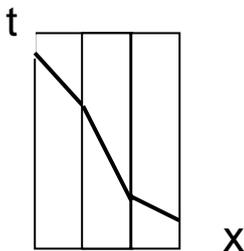
1.  $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}$ .

2.  $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}$ .

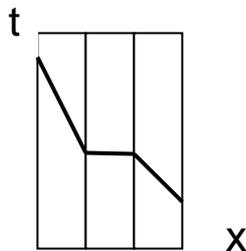
3.  $\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1 + \delta_2}{\lambda_1 + \lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}$ .



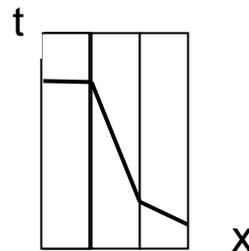
29. Какой из температурных графиков соответствует случаю: стальная стенка, с одной стороны покрыта слоем сажи с теплопроводностью 0,09 Вт/(м·К), с другой слоем накипи с теплопроводностью 1,75 Вт/(м·К).



1.



2.



3.

30. Найти коэффициент теплопередачи, если чугунный трубопровод толщиной  $\delta_ч = 9$  мм,  $\lambda_ч = 90$  Вт/(м·К) изолирован слоем пеношамота  $\delta_п = 30$  мм,  $\lambda_п = 0,3$  Вт/(м·К). Коэффициенты теплоотдачи:  $\alpha_1 = 100$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_2 = 10$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), Расчет провести по формулам плоской стенки.

1. 4,76 Вт/(м<sup>2</sup>·К).
2. 0,21 Вт/(м<sup>2</sup>·К).
3. 9,1 Вт/(м<sup>2</sup>·К).

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

1. Практически не изменится.
2. Уменьшится.
3. Увеличится.

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

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

33. Стальная стенка, толщиной 10 мм с  $\lambda_{\text{ст}} = 50 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$  с двух сторон омывается жидкостью с коэффициентами теплоотдачи  $\alpha_1 = 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  и  $\alpha_2 = 10 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ .  
Определить коэффициент теплопередачи.

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

34. Укажите формулировку свободной конвекции.

1. Это движение жидкости (газа) в направлении от поверхности теплообмена.
2. Это движение жидкости (газа) под действием объемных сил.
3. Это движение жидкости (газа), не участвующего в процессе теплообмена.

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

1. Температура поверхности увеличится.
2. Температура поверхности уменьшится.
3. Температура поверхности не изменится.

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

1. Гораздо выше.                      2. Гораздо ниже.                      3. Одного порядка.

37. В каком случае интенсивность теплоотдачи ниже

1. При кипении.
2. В случае вынужденной конвекции.
3. В случае свободной конвекции.

38. Укажите размерность числа Нуссельта.

1.  $\text{Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .                      2.  $\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ .                      3. Безразмерное.

39. Укажите формулу Ньютона-Рихмана (формулу теплоотдачи).

1.  $q_{\text{w}} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial n}$ .
2.  $q_{\text{w}} = c_0 \left( \frac{T_{\text{w}}}{100} \right)^4$ .
3.  $q_{\text{w}} = \alpha (T_{\text{w}} - T_{\infty})$ .

40. Укажите число Рейнольдса (Re).



48. Укажите выражение для критерия Нуссельта (Nu).  
(Индекс «ж» - для жидкости, индекс «ст» - для стенки).

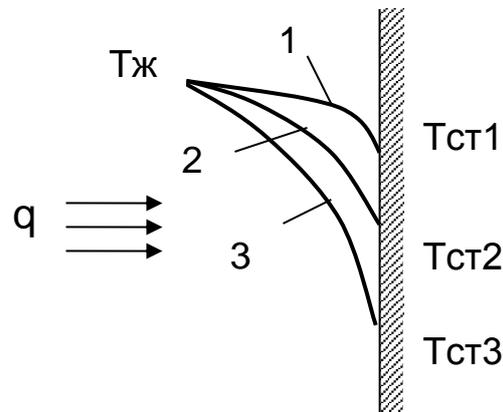
1.  $(\alpha \cdot l_0) / \lambda_{ж}$ .      2.  $(\alpha \cdot l_0) / \lambda_{ст}$ .      3.  $(w \cdot l_0) / \nu_{ж}$ .

49. Укажите критериальное уравнение для свободной конвекции.

1. 
$$Nu_{жд} = 0,5 \cdot Re_{жд}^{0,5} Pr_{жс}^{0,38} \left( \frac{Pr_{жс}}{Pr_c} \right)^{0,25}$$
2. 
$$Nu_{жд} = 0,021 \cdot Re_{жд}^{0,8} Pr_{жс}^{0,43} \left( \frac{Pr_{жс}}{Pr_c} \right)^{0,25}$$
3. 
$$Nu_{жд} = 0,50 (Gr_{жд} Pr_{жс})^{0,25} \left( \frac{Pr_{жс}}{Pr_c} \right)^{0,25}$$

50. Укажите график изменения температуры в пристенном слое соответствует наименьшему коэффициенту теплоотдачи.

1. График 1.  
2. График 2.  
3. График 3.



51. Закон Кирхгофа для теплового излучения:

1. Определяет суммарное излучение поверхности тела по всем направлениям полупространства.
2. Устанавливает количественную связь между излучательной и поглощательной способностями тела.
3. Устанавливает распределение энергии излучения абсолютно черного тела в зависимости от длины волны.

52. Степенью черноты тела (ε) называется:

1. Отношение энергии пропущенной E<sub>проп</sub> к энергии падающей E<sub>пад</sub>.
2. Отношение излучательной способности E реального тела к излучательной способности E<sub>0</sub> абсолютно черного тела при той же температуре.

3. Отношение отраженной энергии  $E_{отр}$  к энергии падающей  $E_{пад}$ .

**53. Укажите формулу закона Стефана-Больцмана.**

1.  $E_o = c_o(T/100)^4$ , Вт/м<sup>2</sup>.
2.  $\lambda_{max} \cdot T = 2,9 \cdot 10^{-3}$ , м·К.
3.  $E_{o\lambda} = \frac{2\pi c_1}{\lambda^5} \left( e^{-\frac{c_2}{\lambda T}} - 1 \right)^{-1}$ , Вт/м<sup>3</sup>

**54. Поглощательная способность равна единице:**

1. Для абсолютно черных тел.
2. Для серых тел.
3. Для абсолютно прозрачных тел.

**55. Укажите закон Стефана – Больцмана для серых тел:**

1.  $Q = k(t_1 - t_2) F$ .
2.  $E_o = c_o(T/100)^4$ .
3.  $E = \varepsilon \cdot c_o(T/100)^4$ .

**56. Тепловое излучение – это:**

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

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

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

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

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

**59. С повышением температуры максимум интенсивности излучения:**

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

**60. Интенсивность лучистого теплообмена уменьшится, если:**

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

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

1.  $Q = \varepsilon_{\text{пр}} C_0 [(T_1/100)^4 - (T_2/100)^4] F.$
2.  $Q = k(T_1 - T_2) F.$
3.  $Q = \alpha(T_{\text{ж}} - T_{\text{ст}}) F.$

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

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

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

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

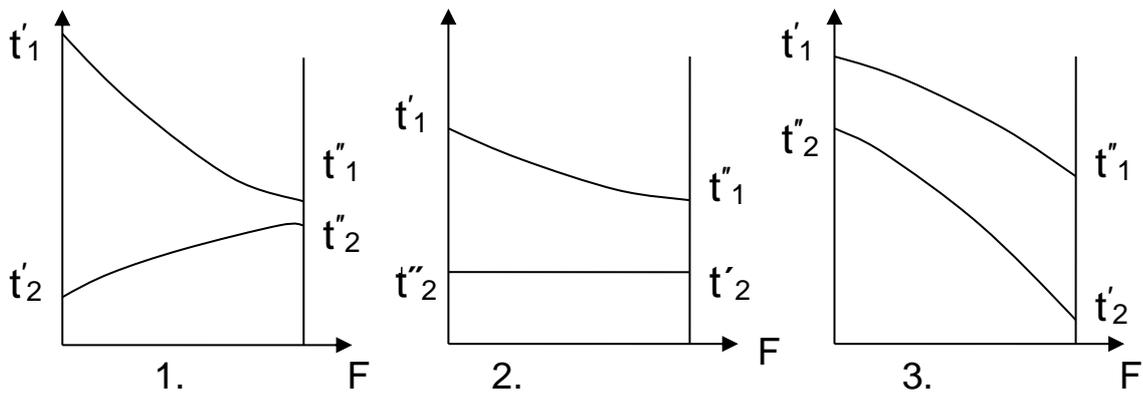
**64. Тело излучало лучи с максимальной интенсивностью с длиной волны  $\lambda = 0,45 \cdot 10^{-6}$  м (или 0,45 мкм). При изменении температуры максимальная интенсивность излучения пришлось на длину волны  $0,75 \cdot 10^{-6}$  м. Во сколько раз изменилась абсолютная температура тела.**

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

**65. Как изменится приведенная степень черноты системы из двух параллельных поверхностей с  $\varepsilon_1 = \varepsilon_2 = 0,5$ , если одну из поверхностей заменить на другую со степенью черноты  $\varepsilon = 0,2$ .**

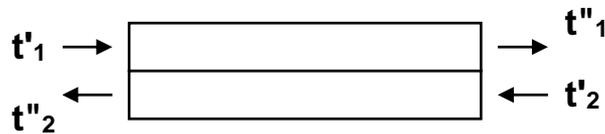
1. Увеличилась в 2 раза.
2. Уменьшился в 3 раза.
3. Уменьшился в 2 раза.

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



67 Укажите выражение среднего температурного напора в противоточном теплообменнике:

1. 
$$\frac{(t'_1 - t''_2) - (t''_1 - t'_2)}{\ln \frac{(t'_1 - t''_2)}{(t''_1 - t'_2)}}$$



2. 
$$\frac{(t''_2 - t'_2) - (t''_1 - t'_1)}{\ln \frac{(t''_2 - t'_2)}{(t''_1 - t'_1)}}$$

3. 
$$\frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{(t'_1 - t'_2)}{(t''_1 - t''_2)}}$$

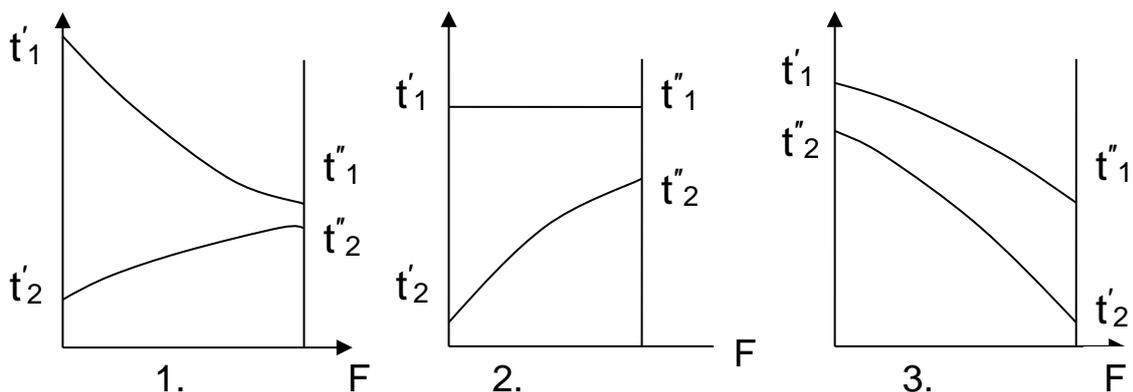
68. Уравнение теплового баланса в рекуперативном теплообменном аппарате, в котором происходит кипение теплоносителя, имеет вид:

1.  $Q = \alpha (t_{\text{ср}} - t_{\text{ж}}) F = - \lambda_{\text{ж}} (\partial t / \partial n)_{\text{ср}} F$  .
2.  $Q = G_1 c_{p1} (t'_1 - t''_1) = G_2 c_{p2} (t''_2 - t'_2)$  .
3.  $Q = G_1 (h'_1 - h''_1) = G_2 r_2 (x_2'' - x_2')$  .

69. Укажите уравнение теплопередачи в рекуперативном теплообменнике.

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

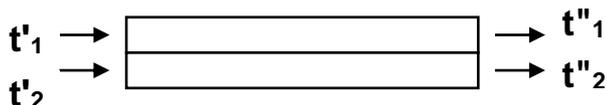
70. Показать характер изменения температуры в рекуперативном теплообменнике при противотоке:



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

1. 
$$\frac{(t'_1 - t''_1) - (t'_2 - t''_2)}{\ln \frac{(t'_1 - t''_1)}{(t'_2 - t''_2)}}$$

2. 
$$\frac{(t''_2 - t'_2) - (t''_1 - t'_1)}{\ln \frac{(t''_2 - t'_2)}{(t''_1 - t'_1)}}$$



3. 
$$\frac{(t'_1 - t'_2) - (t''_1 - t''_2)}{\ln \frac{(t'_1 - t'_2)}{(t''_1 - t''_2)}}$$

72. Регенераторы – это:

1. Теплообменные аппараты, в которых передача теплоты между двумя жидкостями осуществляется через разделяющую стенку.
2. Теплообменные аппараты, в которых обмен теплотой осуществляется при смешивании горячей и холодной жидкостей.
3. Теплообменные аппараты, в которых одна и та же поверхность нагрева омывается то горячей, то холодной жидкостью.

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

1.  $Q = \alpha(t_{ст} - t_{ж}) F = - \lambda_{ж} (\partial t / \partial n)_{ст} F.$
2.  $Q = G_1 c_{p1}(t'_1 - t''_1) = G_2 \cdot c_{p2}(t''_2 - t'_2).$
3.  $Q = G_1 (h_1' - h_1'') = G_2 \cdot r_2(x_2'' - x_2').$

74. Определите требуемую поверхность теплообмена для нагревания 1 кг/с молока от 4 °С до 70 °С. Теплоемкость молока 3,6 кДж/(кг·К), коэффициент теплопередачи в аппарате  $k = 60 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$ , температура пара 140 С.

1. 89,11 м<sup>2</sup>.
2. 61,15 м<sup>2</sup>.
3. 39,85 м<sup>2</sup>.

75. В теплообменном аппарате для нагревания воздуха дымовыми газами температура дымовых газов на входе

$t'_1 = 350 \text{ }^\circ\text{C}$ , на выходе  $t''_1 = 200 \text{ }^\circ\text{C}$ , температура воздуха на входе  $t'_2 = -15 \text{ }^\circ\text{C}$ , на выходе  $t''_2 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Определить температурный напор в аппарате при прямотоке.

1. 241,8  $^\circ\text{C}$ .
2. 250,7  $^\circ\text{C}$ .
3. 280,4  $^\circ\text{C}$ .

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

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

1. в 1,5 раза.
2. в 6,7 раза.
3. в 9,3 раза.

77. Требуется испарить 2 кг/с воды с температурой 10  $^\circ\text{C}$ . Определите мощность теплообменного аппарата, если энтальпия воды на входе 41,9 кДж/кг, энтальпия пара на выходе из аппарата 2676 кДж/кг.

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

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

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

79. Определите тепловой поток в калорифере (теплообменном аппарате для нагрева воздуха в системе отопления), если в нем нагревается 0,5 кг/с воздуха от  $t_1 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$  до  $t_2 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ . Теплоемкость воздуха принять равной 1,006 кДж/(кг·К).

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

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

Определить температурный напор в аппарате при противотоке.

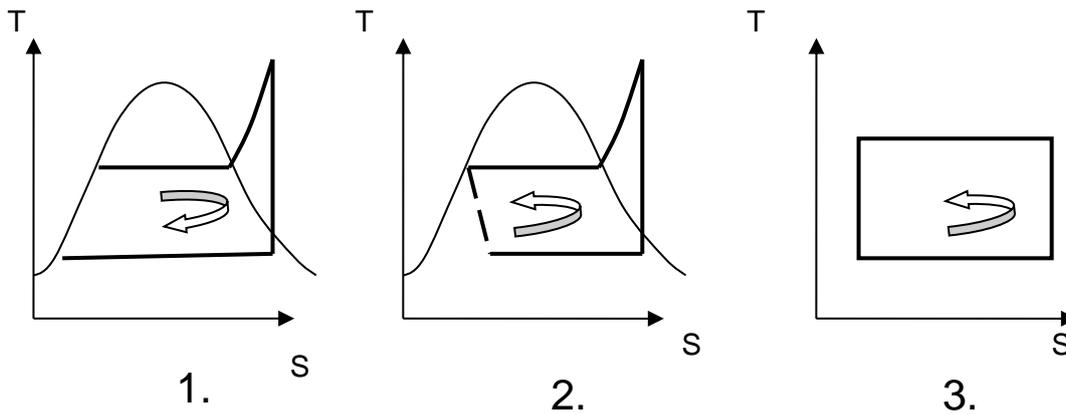
1. 265  $^\circ\text{C}$ .
2. 277  $^\circ\text{C}$ .
3. 283  $^\circ\text{C}$ .

## ТЕМА 12.

### 12.1. Холодильный коэффициент – это :

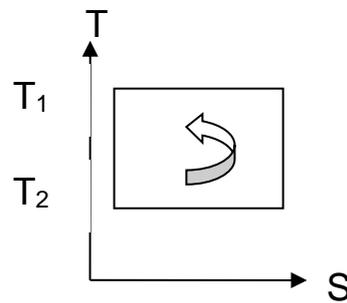
1. Отношение теплоты, отбираемой от холодного источника, к работе цикла.
2. Отношение работы цикла к теплоте, отдаваемой горячему источнику.
3. Отношение теплоты к абсолютной температуре.

81. Укажите цикл парокомпрессионной холодильной машины.

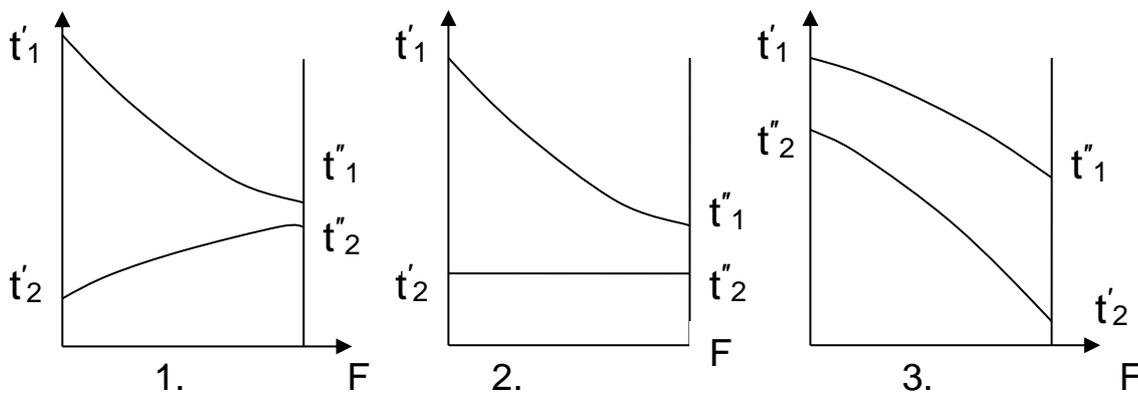


82. Укажите выражение для определения холодильного коэффициента обратного цикла Карно.

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



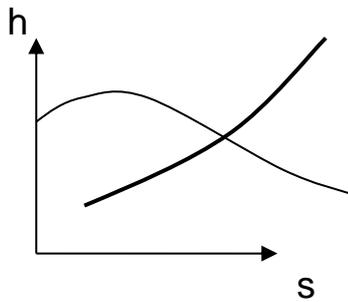
83. Показать график изменения температуры в испарителе холодильной машины.



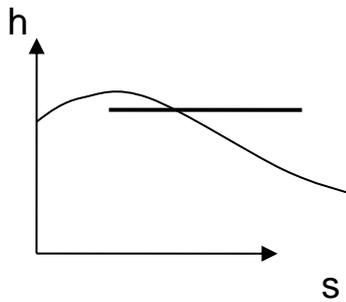
83. При прохождении хладагента через дроссельный вентиль в холодильной машине:

1. Температура хладагента остается постоянной.
2. Температура хладагента уменьшается.
3. Температура хладагента увеличивается.

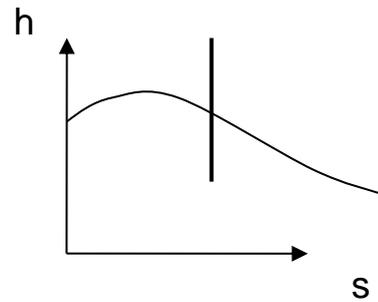
84. На каком рисунке процесс дросселирования в h-s координатах показан верно?



1.



2.



3.

85. Какое устройство называется тепловым насосом?

1. Устройство для перекачивания жидкости, работающее от теплового двигателя.
2. Устройство для передачи теплоты от источника с низкой температурой к источнику с высокой температурой.
3. Устройство для рассеивания теплоты от источника с высокой температурой к источнику с низкой температурой.

86. Холодопроизводительность холодильной машины – это:

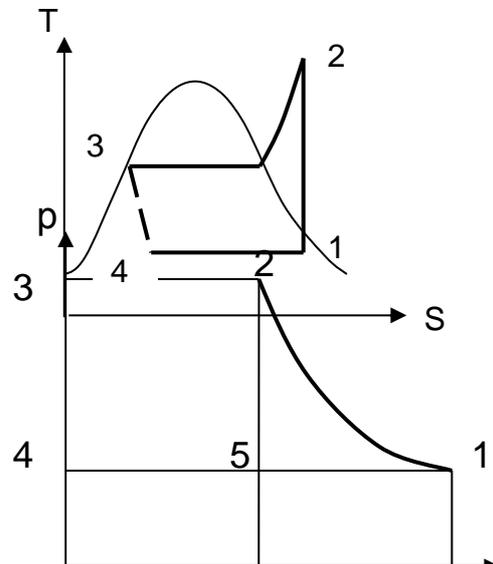
1. Количество теплоты, отведенной от охлаждаемого объекта за единицу времени.
2. Количество теплоты, отведенной от охлаждаемого объекта одним килограммом рабочего тела.
3. Температура, созданная в холодильной камере.

87. Укажите процесс сжатия в компрессоре холодильной машины.

1. Процесс 1-2.
2. Процесс 2-3.
3. Процесс 4-1.

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

1. Площадь 1-2-5-1.
2. Площадь 1-2-3-4-1.
3. Площадь 1-2-6-7-1.

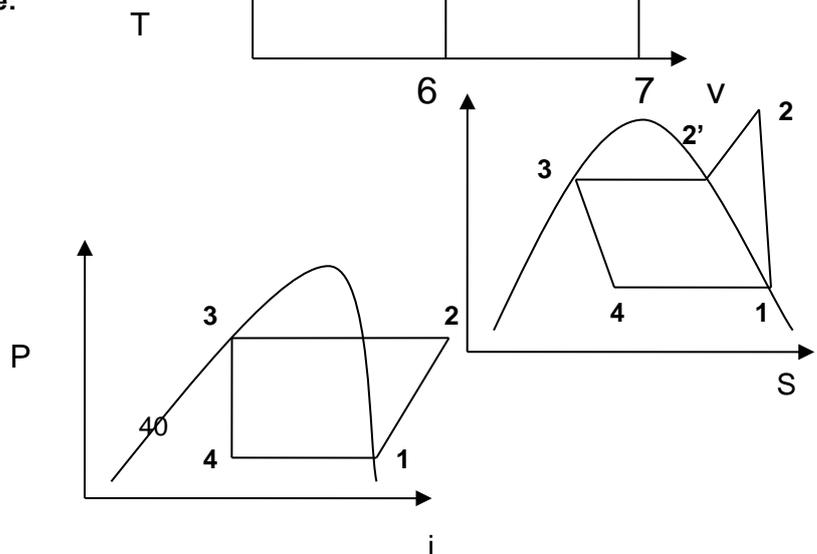


89. Укажите процесс конденсации холодильного агента в конденсаторе:

1. 2-2'.
2. 4-1.
3. 1-2.
4. 2'-3.

90. Укажите процесс кипения холодильного агента в испарителе

1. 1-2.



- 2. 2-3.
- 3. 3-4.
- 4. 4-1.

### Критерии оценивания

- отношение правильно выполненных заданий к общему их количеству

### Шкала оценивания

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

## 6.5. Комплект заданий для лабораторных работ

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

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

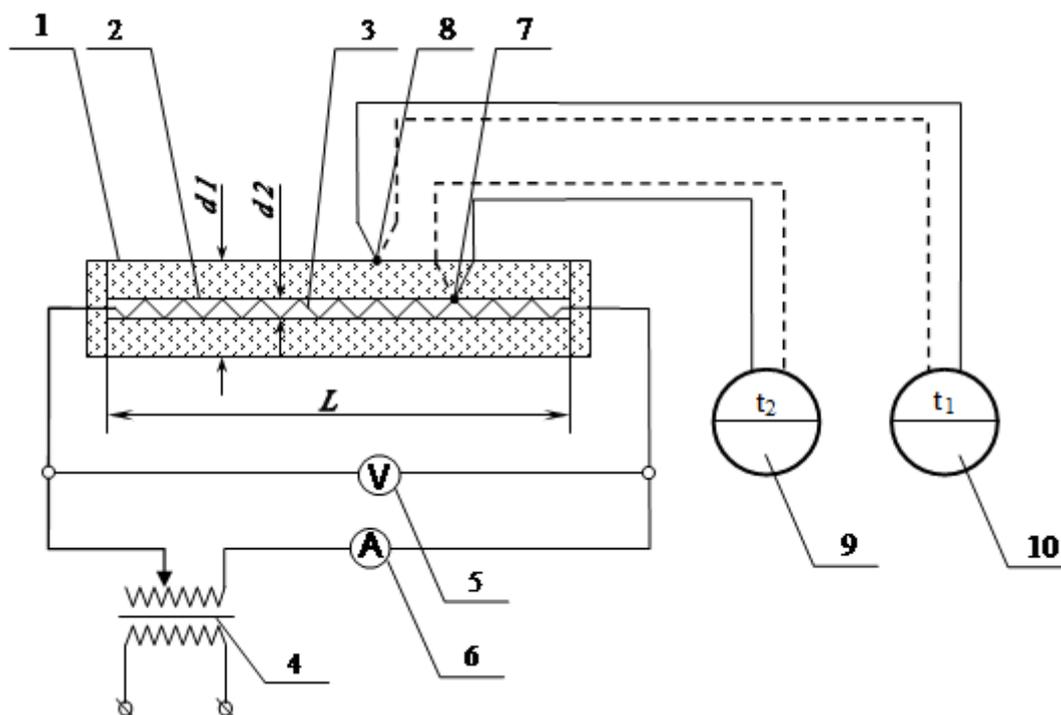


Рис. 1. Схема лабораторной установки

Источником теплового потока служит электронагреватель 3, включенный в электрическую цепь через автотрансформатор 4. Для определения мощности теплового потока служат вольтметр 5 и амперметр 6. Для измерения температур на внутренней и наружной поверхностях тепловой изоляции применяются хромель-копелевые термопары 7 и 8 в комплекте с вторичными приборами 9 и 10.

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

Таблица 1.

| № п/п | Измеряемая величина                              | Обозначение | Единицы измерен. | Номера опытов |   |   |   |   |
|-------|--|-------------|------------------|---------------|---|---|---|---|
|       |  |             |                  | 1             | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1     | Сила тока  | $I$         | $a$              |               |   |   |   |   |
| 2     | Напряжение                                       | $U$         | $b$              |               |   |   |   |   |
| 3     | Температура внутренней поверхности слоя изоляции | $t_2$       | $^{\circ}C$      |               |   |   |   |   |
| 4     | Температура наружной поверхности слоя изоляции   | $t_1$       | $^{\circ}C$      |               |   |   |   |   |

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

В экспериментальной лабораторной установке (рис.2) теплоотдающей стенкой является нихромовая проволока диаметром 0,5 мм 3(струна) и длиной 1540 мм, по которой пропускается электрический ток напряжением до 30 вольт.

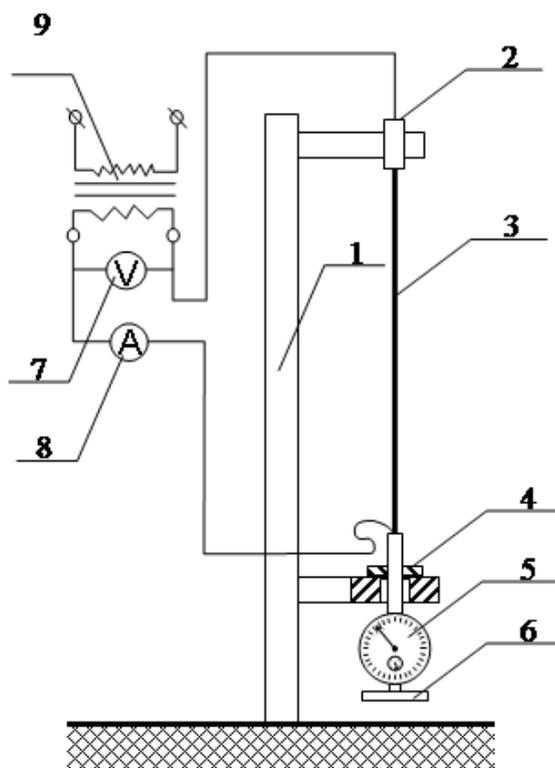


Рис 2. Схема лабораторной установки

Таким образом, размеры струны определяют теплоотдающую поверхность  $F = 2,419 \cdot 10^{-3}, m^2$ . Струна удерживается в вертикальном положении стойкой 1 с двумя кронштейнами. В верхнем кронштейне 2, изолированном от массы установки, неподвижно закреплен один конец струны. Другой конец струны зажат в головке индикатора часового типа 5. Головка индикатора свободно перемещается в изоляторе-держателе 4 нижнего кронштейна. Груз 6 обеспечивает постоянное по величине натяжение струны. Напряжение от сети 220 вольт подводится через автотрансформатор к держателю 2 и головке индикатора 5. Для определения мощности теплового потока служат амперметр 8 и вольтметр 7.

Все результаты измерений при стационарном режиме занести в таблицу 2. О стационарности режима можно судить по неизменности показаний индикатора удлинения струны, т.е. по постоянству температуры струны.

Таблица 2.

| № п/п | Измеряемая величина          | Обозначение | Единицы измерен. | Номера опытов |   |   |   |   |
|-------|------------------------------|-------------|------------------|---------------|---|---|---|---|
|       |                              |             |                  | 1             | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1     | Удлинение струны             | $\Delta l$  | мм               |               |   |   |   |   |
| 2     | Сила тока                    | I           | а                |               |   |   |   |   |
| 3     | Напряжение                   | U           | в                |               |   |   |   |   |
| 4     | Температура окружающей среды | $t_{окр}$   | °С               |               |   |   |   |   |
| 5     | Показания барометра          | B           | мбар             |               |   |   |   |   |

**Критерии оценивания:**

- правильность и полнота выполнения задания по лабораторной работе;
- степень усвоения теоретического материала по теме лабораторной работы;
- полнота знаний практического контролируемого материала;
- способность продемонстрировать преподавателю умения и навыки выполнения лабораторных работ, умение проводить измерения, знакомство с физическими приборами;
- качество подготовки отчета по лабораторной работе, умение четко, логично и грамотно излагать собственные размышления, делать умозаключения и выводы;
- правильность и полнота ответов на вопросы при защите лабораторной работы.

**Шкала оценивания:**

| Баллы для учета в рейтинге (оценка)     | Степень удовлетворения критериям  |
|---|---|
| 86-100 баллов – «отлично»               | Обучающийся демонстрирует очень высокий / высокий уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Выполнены все задания лабораторной работы, обучающийся четко и без ошибок ответил на все контрольные вопросы.   |
| 71-85 баллов – «хорошо»                 | Обучающийся демонстрирует достаточно высокий / выше среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Выполнены все задания лабораторной работы; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.   |
| 56-70 баллов – «удовлетворительно»      | Обучающийся демонстрирует средний уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Выполнены все задания лабораторной работы с замечаниями; обучающийся ответил на все контрольные вопросы с замечаниями.  |
| менее 56 баллов – «неудовлетворительно» | Обучающийся демонстрирует низкий / ниже среднего уровень знаний, умений, навыков в соответствии с критериями оценивания. Обучающийся не выполнил или выполнил неправильно задания лабораторной работы, ответил на контрольные вопросы с ошибками или не ответил на контрольные вопросы. |

**Перечень вопросов для защиты отчетов по лабораторной работе**

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

13. Для чего и как составляются критериальные уравнения?

14. Что характеризуют критерии  $Nu$ ,  $Gr$ ,  $Pr$ ?

15. Как определяется коэффициент теплоотдачи  $\alpha$  из критериального уравнения?

**Критерии оценивания:**

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

**Шкала оценивания**

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