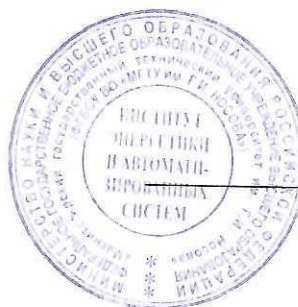




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА***

Направление подготовки (специальность)

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Направленность (профиль/специализация) программы

08.05.01 Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения

очная

|                     |                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Теплотехнических и энергетических систем        |
| Курс                | 3                                               |
| Семестр             | 5                                               |

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 483)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:

Зав. кафедрой Проектирования зданий и строительных конструкций

\_\_\_\_\_ В.Б. Гаврилов

Рабочая программа составлена:  
ст. преподаватель кафедры ТиЭС

\_\_\_\_\_ С.В. Матвеев

Рецензент:  
зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК", канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
С.И. Лукьянов

26.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА***

Направление подготовки (специальность)

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Направленность (профиль/специализация) программы

08.05.01 Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
очная

|                     |                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| Институт/ факультет | Институт энергетики и автоматизированных систем |
| Кафедра             | Теплотехнических и энергетических систем        |
| Курс                | 3                                               |
| Семестр             | 5                                               |

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - специалитет по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 483)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем

11.02.2020, протокол № 4

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.02.2020 г. протокол № 5

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:

Зав. кафедрой Проектирования зданий и строительных конструкций

\_\_\_\_\_ В.Б. Гаврилов

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры ТиЭС, \_\_\_\_\_ С.В. Матвеев

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК" , канд. техн. наук \_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Б. Агапитов

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины «Техническая теплотехника» являются: развитие у студентов личностных качеств, а также формирование профессиональных компетенций в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

Задачи дисциплины – усвоение студентами основных разделов дисциплины, которые учитываются при проектировании, конструировании и эксплуатации уникальных зданий и сооружений, связанных с процессами подвода, отвода и передачи теплоты.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Техническая теплотехника входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Математика

Физика

Механика жидкости и газа

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Строительные материалы

Теплогазоснабжение и вентиляция

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Техническая теплотехника» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции                                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3          | Способен принимать решения в профессиональной деятельности, используя теоретические основы, нормативно-правовую базу, практический опыт капитального строительства, а также знания о современном уровне его развития                                               |
| ОПК-3.3        | Осуществляет выбор типовых проектных решений и технологического оборудования инженерных систем жизнеобеспечения здания в соответствии с техническими условиями на подключение                                                                                      |
| ОПК-3.2        | Осуществляет выбор строительных материалов для строительных конструкций и изделий, определяет качество строительных материалов на основе экспериментальных исследований их свойств                                                                                 |
| ОПК-3.1        | Определяет планировочную и конструктивную схемы здания, определяет габариты и тип строительных конструкций здания, оценивает требования нормативной документации применительно к конкретному зданию, оценивает технико-экономические показатели выбранного решения |

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единиц 72 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1 акад. часов
- самостоятельная работа – 17 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

| Раздел/ тема дисциплины                                                                                                                                                       | Семестр | Аудиторная контактная работа (в акад. часах) |           |             | Самостоятельная работа студента | Вид самостоятельной работы                                     | Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | Код компетенции  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|----------------------------------------------|-----------|-------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------|
|                                                                                                                                                                               |         | Лек.                                         | лаб. зан. | практ. зан. |                                 |                                                                |                                                                 |                  |
| 1. 1. Раздел. Понятие теплотехники. Передача теплоты теплопроводностью.                                                                                                       |         |                                              |           |             |                                 |                                                                |                                                                 |                  |
| 1.1 Основные понятия передачи теплоты теплопроводностью. Коэффициент теплопроводности материалов. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.             | 5       | 2                                            |           | 4/2И        | 1                               | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач                      | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 1.2 Понятие стационарной теплопроводности. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1-го и 3-го родов. |         | 2                                            |           | 4/1И        | 2                               | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач                      | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 1.3 Понятие нестационарной теплопроводности. Аналитический и номограммный методы решения задач нестационарной теплопроводности для плоской и цилиндрической поверхностей.     |         | 2                                            |           | 4/2И        | 1                               | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач                      | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 1.4 Понятие теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи. Коэффициент оребрения.                                                                                          |         | 2                                            |           | 4/2И        | 2                               | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач                      | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |

|                                                                                                                                                                        |   |    |  |        |    |                                                                |                                            |                  |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----|--|--------|----|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|------------------|
| Итого по разделу                                                                                                                                                       |   | 8  |  | 16/7И  | 6  |                                                                |                                            |                  |
| 2. 2. Раздел Конвективный и радиационный теплообмен                                                                                                                    |   |    |  |        |    |                                                                |                                            |                  |
| 2.1 Основные понятия конвективного теплообмена. Основные параметры. Гидродинамический и тепловой пограничные слои. Теплоотдача при обтекании пластины потоком жидкости | 5 | 2  |  | 4/2И   | 2  | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 2.2 Получение эмпирических коэффициентов. Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Понятие свободной конвекции.                                                     |   | 2  |  | 4/1И   | 2  | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 2.3 Теплообмен излучением, основные понятия и определения.                                                                                                             |   | 2  |  | 4/2И   | 2  | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                                       |   | 6  |  | 12/5И  | 6  |                                                                |                                            |                  |
| 3. 3. Раздел Влажность воздуха и ее влияние на свойства материалов                                                                                                     |   |    |  |        |    |                                                                |                                            |                  |
| 3.1 Влажный воздух. Н-d диаграмма. Процессы с влажным воздухом. Осушение, увлажнение.                                                                                  | 5 | 2  |  | 4/2И   | 3  | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| 3.2 Изменение теплофизических свойств материалов при увлажнении. Движение влаги через слоистые материалы.                                                              |   | 2  |  | 4      | 2  | Проработка лекционного материала. Решение задач. Приложение 1. | Конспект лекций и результаты решения задач | ОПК-3.2, ОПК-3.3 |
| Итого по разделу                                                                                                                                                       |   | 4  |  | 8/2И   | 5  |                                                                |                                            |                  |
| Итого за семестр                                                                                                                                                       |   | 18 |  | 36/14И | 17 |                                                                | зачёт                                      |                  |
| Итого по дисциплине                                                                                                                                                    |   | 18 |  | 36/14И | 17 |                                                                | зачет                                      |                  |



## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Техническая теплотехника» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии.

Целями образовательных и информационных технологий являются:

- активизирование мышления обучающихся;
- формирование интереса к изучаемому материалу;
- развитие интеллекта и творческих способностей обучающихся.

Лекционный материал закрепляется на практических работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование на занятиях электронных изданий (чтение лекций с использованием слайд-презентаций, электронного курса лекций, графических объектов, видео- аудио- материалов (через Интернет). Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, к контрольным работам и тестированию. Этапы познавательной деятельности студентов предполагают последовательно постановку интересующей их проблемы, выдвижение гипотез при ее решении, выражение решения гипотезы научным языком, а также реализация продукта в виде публичного выступления, доклада или презентации. Корректировки образовательного процесса проходят с использованием обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Беляев В.С., Методики расчетов теплотехнических характеристик энергоэффективных зданий / Беляев В.С. - М. : Издательство АСВ, 2016. - 272 с. - ISBN 978-5-93093-960-6 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939606.html> - Режим доступа : по под-писке.

2. Мирам А.О., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАССООБМЕН / А.О. Мирам, В.А. Павленко - М. : Издательство АСВ, 2017. - 352 с. - ISBN 978-5-93093-841-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938418.html> - Режим доступа : по под-писке.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Нанасова С.М., Проектирование малоэтажных домов : Учебник / Нанасова С.М., Рылько М.А., Нанасов И.М. - М.: Издательство АСВ, 2014. - 192 с. - ISBN

978-5-93093-875-3 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938753.html> - Режим доступа : по под-писке.

2. Малявина Е.Г., Теплофизика зданий : Учебное пособие / Е.Г. Малявина - М. : Издательство АСВ, 2013. - 144 с. - ISBN 978-5-93093-967-5 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939675.html> - Режим доступа : по под-писке.

3. Беляев В.С., ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ / Бе-ляев В.С., Граник Ю.Г., Матросов Ю.А. - М. : Издательство АСВ, 2016. - 400 с. - ISBN 978-5-93093-838-8 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938388.html> - Режим доступа : по под-писке.

4. Цветков Ф.Ф., Тепломассообмен : учебник для вузов / Цветков Ф.Ф. - М. : Издательский дом МЭИ, 2017. - ISBN 978-5-383-01172-0 - Текст: электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785383011720.html> - Режим доступа : по под-писке.

#### **в) Методические указания:**

1. Матвеева, Г. Н. Экспериментальное исследование процессов теплообмена : учебное пособие / Г. Н. Матвеева, Ю. И. Тартаковский, Б. К. Сеничкин. - 2-е изд., под-гот. по печ. изд. 2008 г. - Магнитогорск : МГТУ, 2011. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=989.pdf&show=dcatalogues/1/1119153/989.pdf&view=true> . - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также

#### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

##### **Программное обеспечение**

| Наименование ПО                           | № договора                | Срок действия лицензии |
|-------------------------------------------|---------------------------|------------------------|
| MS Windows 7 Professional(для классов)    | Д-1227-18 от 08.10.2018   | 11.10.2021             |
| MS Office 2007 Professional               | № 135 от 17.09.2007       | бессрочно              |
| MathCAD v.15 Education University Edition | Д-1662-13 от 22.11.2013   | бессрочно              |
| FAR Manager                               | свободно распространяемое | бессрочно              |
| Linux Calculate                           | свободно распространяемое | бессрочно              |

##### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

| Название курса                                                                                   | Ссылка                                                                                       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»                | <a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>                          |
| Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) | URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a> |
| Поисковая система Академия Google (Google Scholar)                                               | URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>                     |

|                                                                                                                           |                                                                                                                                                               |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Информационная система - Единое окно доступа к                                                                            | URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>                                                                                                |
| Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт                                                    | URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>                                                                                                  |
| Российская Государственная библиотека. Каталоги                                                                           | <a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>                                                           |
| Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И.                                                                              | <a href="http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp">http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp</a>                                                             |
| Международная наукометрическая реферативная и                                                                             | <a href="http://webofscience.com">http://webofscience.com</a>                                                                                                 |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная                                                                    | <a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>                                                                                                             |
| Международная база полнотекстовых журналов                                                                                | <a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>                                                                                             |
| Международная коллекция научных протоколов по                                                                             | <a href="http://www.springerprotocols.com/">http://www.springerprotocols.com/</a>                                                                             |
| Международная база научных материалов в области                                                                           | <a href="http://materials.springer.com/">http://materials.springer.com/</a>                                                                                   |
| Международная база справочных изданий по всем                                                                             | <a href="http://www.springer.com/references">http://www.springer.com/references</a>                                                                           |
| Международная реферативная база данных по чистой и                                                                        | <a href="http://zbmath.org/">http://zbmath.org/</a>                                                                                                           |
| Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий                                        | <a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>                                                                               |
| Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный                                                            | <a href="https://archive.neicon.ru/xmlui/">https://archive.neicon.ru/xmlui/</a>                                                                               |
| Информационная система - Нормативные правовые акты, организационно-распорядительные документы, нормативные и методические | <a href="https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii">https://fstec.ru/normotvorcheskaya/tekhnicheskaya-zashchita-informatsii</a> |
| Информационная система - Банк данных угроз                                                                                | <a href="https://bdu.fstec.ru/">https://bdu.fstec.ru/</a>                                                                                                     |

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа:

- доска, мел.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- доска, комплекс лабораторных установок по изучению процессов теплопередачи, ЛАТР; электропечи, ротационные насосы.

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации:

- персональные компьютеры с пакетом MS Office и программным обеспечением (раздел 8), выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся: персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### *Перечень вопросов по темам занятия для самостоятельной работы:*

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности.
2. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
3. Понятие температурного поля.
4. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
5. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
10. В каких случаях требуется задание начальных условий?
11. Как задаются граничные условия 1 рода?
12. Как задаются граничные условия 2 рода?
13. Как задаются граничные условия 3 рода?
14. Как задаются граничные условия 4 рода?
15. Какой тепловой режим называется стационарным?
16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
17. Закон Ньютона – Рихмана.
18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
20. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
21. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
22. Что понимается под процессом теплопередачи?
23. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
24. Чем отличается  $\alpha$  от  $K$ ?
25. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
26. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
27. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?
28. Методы интенсификации теплопередачи.
29. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?
30. Понятие нестационарного теплового режима.
31. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
32. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл?
33. Понятие безразмерной температуры.
34. Число Био, его физический смысл.
35. Формула и физический смысл числа Фурье.
36. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
37. Какие тела называются термически массивными?
38. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.

39. Какие тела называются термически тонкими?
40. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
41. В каких средах возможна конвекция?
42. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
43. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
44. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
45. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
46. Режимы движения жидкости.
47. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
48. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
49. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
50. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
51. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
52. Определяющие и определяемые числа подобия.
53. Число Рейнольдса, его физический смысл.
54. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?
55. Понятие динамического пограничного слоя.
56. Понятие теплового пограничного слоя.
57. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
58. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.
59. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
60. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка  $(Pr_{ж}/Pr_{г})^{0,25}$  и что она учитывает?
61. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
62. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
63. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
64. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
65. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
66. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
67. Число Грасгофа, его физический смысл.
68. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
69. Физическая сущность процесса теплового излучения.
70. Дайте определение поглощательной способности и степени черноты.
71. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
72. Понятие собственного излучения.
73. Понятие отражательной способности тела.
74. Связь между поглощательной, отражательной и пропускательной способностью тела.
75. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
76. Понятие результирующего излучения.
77. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
78. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
79. Какие тела можно считать серыми?
80. Что такое коэффициент излучения?
81. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).

82. Каково движение влаги через слоистые материалы?
83. Что такое влажный воздух?
84. В каких случаях происходит увлажнение, а в каких осушение материалов?

***Перечень вопросов для зачета:***

1. Что такое теплопроводность и ее механизм передачи теплоты?  
Плоская стенка, состоящая из меди с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=360 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , имеет толщину 10 см. Температура на поверхностях стенки  $t_{c1}=70^\circ\text{C}$ ,  $t_{c2}=20^\circ\text{C}$ . Определить плотность теплового потока  $q$ ,  $\text{Вт/м}^2$ , при стационарном процессе передачи теплоты.
2. Что характеризует коэффициент теплопроводности?  
Определить коэффициент теплопроводности  $\lambda$ ,  $\text{Вт/м}\cdot\text{К}$  шамотного кирпича при температуре  $t=25^\circ\text{C}$ , если его зависимость от температуры выражается выражением  $\lambda=0,84+0,6\cdot 10^{-3}\cdot t$ .
3. Какие пути интенсификации теплопередачи встречаются?  
Определить коэффициент теплопередачи через плоскую стенку площадью  $1 \text{ м}^2$  при прохождении через нее теплового потока  $Q=250 \text{ Вт}$ , при температурном напоре  $\Delta t=20^\circ\text{C}$ .
4. Что характеризует коэффициент теплопередачи и как его определяют?  
В процессе теплопередачи через медную плоскую стенку толщиной  $\delta=10 \text{ см}$  с коэффициентом теплопроводности  $\lambda=360 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , определить интенсивность теплопередачи через стенку (коэффициент теплопередачи), если коэффициенты теплоотдачи с обеих сторон  $\alpha_1=20 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ ,  $\alpha_2=8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$  соответственно.
5. Что характеризует коэффициент теплоотдачи?  
Определить коэффициент теплоотдачи от плоской стенки с температурой  $t_c=20^\circ\text{C}$  в окружающую среду с температурой  $t_{ж}=-10^\circ\text{C}$  при плотности теплового потока  $q=300 \text{ Вт/м}^2$ .
6. Какие виды теплопроводности различают, привести примеры.  
Определить время нагрева стальной заготовки  $\tau$ , с, толщиной  $2\delta=250 \text{ мм}$ , если число Фурье  $Fo=2$ , при коэффициенте температуропроводности  $a=0,76\cdot 10^{-7} \text{ м}^2/\text{с}$ .
7. Какие тела называются термически массивными и термически тонкими, в чем отличие?  
Определить число Био  $Bi$  для стены состоящей из красного кирпича с теплопроводностью  $\lambda=0,67 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$ , толщиной  $2\delta=600 \text{ мм}$ , если коэффициент теплоотдачи  $\alpha=15 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ .
8. Что влияет на интенсивность процесса передачи теплоты теплопроводностью?  
Определить температурный напор в стенке толщиной  $\delta=600 \text{ мм}$ , состоящей из красного кирпича, если температуры на поверхностях  $t_{c1}=70^\circ\text{C}$ ,  $t_{c2}=20^\circ\text{C}$  соответственно.
9. Что такое конвекция и ее механизмы передачи теплоты?  
Определить плотность теплового потока от плоской стенки с температурой  $t_c=20^\circ\text{C}$  в окружающую среду с температурой  $t_{ж}=-15^\circ\text{C}$ , если коэффициент теплоотдачи  $\alpha=16 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ .
10. Какие виды конвекции существуют?  
Определить число Рейнольдса  $Re$  при обтекании пластины длиной  $l=5 \text{ м}$  сухим воздухом при температуре  $t=30^\circ\text{C}$  со скоростью  $w=2 \text{ м/с}$ , если коэффициент кинематической вязкости равен  $\nu=16\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ .
11. В чем отличие свободной конвекции от вынужденной?  
Определить число Грасгофа  $Gr$  для сухого воздуха с температурой  $t=60^\circ\text{C}$ , кинематической вязкостью  $\nu=18,97\cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  с поверхности пластины длиной  $l=2 \text{ м}$ , при температурном напоре  $\Delta t=20^\circ\text{C}$ .
12. Что характеризует число Нуссельта и его роль в процессах теплообмена?

Определить число Нуссельта  $Nu$  при теплообмене твердой плоской поверхности длиной  $l=3$  м с окружающей средой состоящей из сухого воздуха при температуре  $t_{ж}=0$  °С и коэффициентом теплопроводности  $\lambda=2,44 \cdot 10^{-2}$  Вт/м·К. Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду  $\alpha=20$  Вт/м<sup>2</sup>·К.

13. Для каких целей используются эмпирические уравнения конвективности теплообмена вида  $Nu=c \cdot Re^n \cdot Pr^m$ ?

Определить число Нуссельта при турбулентном обтекании плоской поверхности потоком сухого воздуха при числе Рейнольдса  $Re=15000$  и числе Прандтля  $Pr=0,701$ .

14. Что такое излучения и его механизмы теплообмена?

Определить плотность теплового потока падающего на плоскую поверхность со степенью черноты  $\epsilon=0,8$  и температурой  $t_2=20$  °С, если температура излучающего объекта  $t_1=120$  °С.

15. Что такое коэффициент поглощения?

Определить коэффициент поглощения  $A$  для прозрачного тела с коэффициентом отражения  $R=0,1$ .

16. Как выглядит основное уравнение теплопередачи и какие величины в себя включает?

Определить плотность теплового потока  $Q$ , Вт, при передаче теплоты через цилиндрическую стенку площадью  $F=2$  м<sup>2</sup>, коэффициентом теплопередачи  $k=10$  Вт/м<sup>2</sup>·К, при температурном напоре  $\Delta t=50$  °С.

17. Как влияет на тепловой поток излучения между параллельными поверхностями наличие экрана?

Определить поглощательную способность твердых поверхностей с коэффициентами поглощения  $A_1=0,5$  и  $A_2=0,8$ , если между ними поместить экран с поглощательной способностью  $A_3=0,5$ .

18. Какому закону подчиняется распределение температур в плоской стенке?

Графически определить температуры  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$  на поверхностях плоской стенки толщиной  $\delta=60$  мм, если температура внутри стенки распределена следующим образом:

| Толщина, мм         | Температура, °С |
|---------------------|-----------------|
| $0,25 \cdot \delta$ | 60              |
| $0,5 \cdot \delta$  | 40              |
| $0,75 \cdot \delta$ | 20              |

19. Что характеризует число Прандтля и как его определяют?

Определить число Прандтля для сухого воздуха при температуре  $t=30$  °С, если коэффициент кинематической вязкости равен  $\nu=16 \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с, коэффициент теплопроводности  $\lambda=2,67 \cdot 10^{-2}$  Вт/м·К, изобарная теплоемкость  $c_p=1005$  Дж/кг·К, плотность  $\rho=1,165$  кг/м<sup>3</sup>.

20. Что характеризует число Фурье и какие величины в себя включает?

Определить число Фурье при нагревании тела с коэффициентом температуропроводности  $a=0,76 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, толщиной  $2\delta=600$  мм, в течение  $\tau=1$  час.

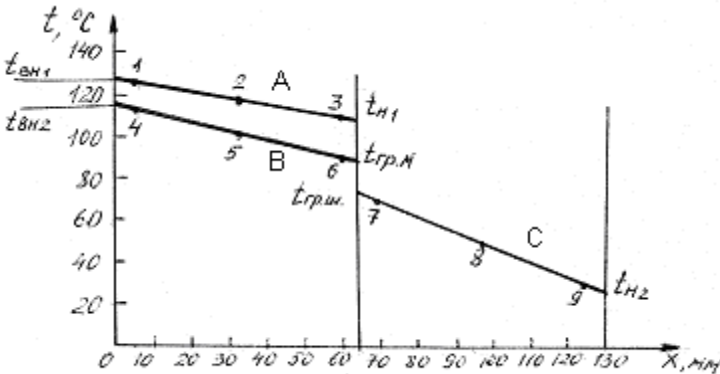


### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

- а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.  
 б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

| <i>Код индикатора</i>                                                                                                                                                                                                              | <i>Индикатор достижения компетенции</i>                                                                                                                                                                                                                            | <i>Оценочные средства</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>ОПК-3: Способен принимать решения в профессиональной деятельности, используя теоретические основы, нормативно-правовую базу, практический опыт капитального строительства, а также знания о современном уровне его развития</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| ОПК-3.1                                                                                                                                                                                                                            | Определяет планировочную и конструктивную схемы здания, определяет габариты и тип строительных конструкций здания, оценивает требования нормативной документации применительно к конкретному зданию, оценивает технико-экономические показатели выбранного решения | Дисциплина техническая теплотехника текущий индикатор компетенции не формирует                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| ОПК-3.2                                                                                                                                                                                                                            | Осуществляет выбор строительных материалов для строительных конструкций и изделий, определяет качество строительных материалов на основе экспериментальных исследований их свойств                                                                                 | Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.<br>Пример:<br><b>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</b><br>1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9.<br>2. Построить график в координатах $t - x$ , где $x$ - координата; она определяется расстоянием от начала оси абсцисс до точки, соответствующей месту установки термопары. Провести прямые линии через точки 1,2,3 в однослойной стенке; через точки 4,5,6, а также через точки 7,8,9 - в двухслойной стенке (образец построения графика представлен на рис. 1).<br>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок $t_{вн1}$ и $t_{вн2}$ нужно |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                |                                  | <p>продолжить линии А и В до пересечения с ординатой <math>x = 0</math>; для определения температуры наружной поверхности однослойной стенки <math>t_{н1}</math> необходимо продолжить линию А до границы <math>x = 65</math> мм, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки <math>t_{н2}</math> - линию С необходимо продолжить до границы <math>x = 130</math> мм.</p>  <p>Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p>Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей (<math>t_{гр.ш} = t_{гр.м}</math>) и соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.</p> <p>3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p>Для однослойной стенки <math display="block">\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{гр1} + t_{н1})</math></p> <p>Для двухслойной стенки <math display="block">\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{гр2} + t_{сп})</math></p> |

| Код<br>индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                  | $\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{ep} + t_{ш2})$ $t_{ep} = 0,5(t_{ep.ш} + t_{ep.м}),$ <p>где<br/> <math>t_{гр.ш}</math> - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;<br/> <math>t_{гр.м}</math> - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.</p> <p>4. Определить значения коэффициентов теплопроводности магнезитового кирпича по <math>\bar{t}_{м1}</math> и <math>\bar{t}_{м2}</math> и шамотного по <math>\bar{t}_{ш2}</math>, соответствующие их средним температурам</p> $\lambda_m = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_m \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К ;}$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_ш \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К.}$ <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью:<br/> для однослойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн1} - t_{н1}}{\delta_m / \lambda_m};$ <p>для двухслойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m}};$ <p>6. Определить потери теплоты излучением <math>q_{изл.}</math> с наружных поверхностей, используя уравнение</p> $q_{изл.} = \varepsilon_c c_0 \left[ \left( \frac{T_n}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{жс}}{100} \right)^4 \right],$ <p>где <math>C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4</math> – коэффициент излучения абсолютно черного тела;</p> |

| Код<br>индикатора | Индикатор достижения компетенции | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|-------------------|----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |                                  | <p><math>\varepsilon_c</math> - степень черноты стенки (в данной работе <math>\varepsilon_c = 0,8</math>);</p> <p><math>T_n</math> и <math>T_{ж}</math> – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К.</p> <p>Для однослойной стенки <math>T_n = T_{n1}</math> ; для двухслойной <math>T_n = T_{n2}</math> ;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p> $Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t,$ <p>где <math>g</math> - ускорение силы тяжести, <math>g = 9,81 \text{ м/с}^2</math> ;</p> <p><math>l</math> - определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), <math>l = 0,115 \text{ м}</math>;</p> <p><math>\nu</math> - коэффициент кинематической вязкости воздуха, <math>\text{м}^2/\text{с}</math>; определяется по температуре пограничного слоя</p> $t_{пс} = 0,5(t_n + t_{ж});$ <p><math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, град-1;</p> $\text{для газов} \quad \beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}} ;$ <p><math>\Delta t = t_n - t_{ж}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.</p> <p>8. Число подобия Прандтля <math>Pr</math> определить при температуре пограничного слоя <math>t_{пс}</math> .</p> <p>9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия</p> $Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \varepsilon,$ <p>где значения "C" и "n" - константы, зависящие от комплекса <math>(Gr \cdot Pr)</math>; они приведены в табл. 1 Приложения [в] 1];</p> <p><math>\varepsilon</math> - поправочный коэффициент.</p> |

| Код индикатора | Индикатор достижения компетенции              | Оценочные средства                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |                                               |  |                                      |                                      |                                               |             |  |  |  |             |  |  |  |
|----------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------|-------------|--|--|--|-------------|--|--|--|
|                |                                               | <p>Так как теплоотдающая поверхность обращена кверху, то в уравнение подобия вводится поправка <math>\varepsilon = 1,3</math>, то есть полученное по расчету значение <math>Nu</math> (или <math>\alpha</math> ) увеличивается на 30 %.</p> <p>Значения числа Прандтля <math>Pr</math>, кинематической вязкости <math>\nu</math> и коэффициента теплопроводности <math>\lambda</math> для воздуха при различных температурах приведены в табл. 2 Приложения.</p> <p>10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией <math>\alpha_k</math> из числа Нуссельта</p> $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} ;$ $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l} .$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией <math>q_k</math> для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жс} )$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p>Сравнение результатов опыта</p> <table><tr><th rowspan="2">Стенка</th><th colspan="2">Плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup></th><th rowspan="2">Погрешность по отношению к <math>q_b</math>, %</th></tr><tr><th>отдаваемого в атмосферу конвекцией и</th><th>передаваемого внутри стенки теплопроводностью</th></tr><tr><td>Однослойная</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>Двухслойная</td><td></td><td></td><td></td></tr></table> | Стенка | Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup> |  | Погрешность по отношению к $q_b$ , % | отдаваемого в атмосферу конвекцией и | передаваемого внутри стенки теплопроводностью | Однослойная |  |  |  | Двухслойная |  |  |  |
| Стенка         | Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        | Погрешность по отношению к $q_b$ , %          |  |                                      |                                      |                                               |             |  |  |  |             |  |  |  |
|                | отдаваемого в атмосферу конвекцией и          | передаваемого внутри стенки теплопроводностью                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |        |                                               |  |                                      |                                      |                                               |             |  |  |  |             |  |  |  |
| Однослойная    |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                                               |  |                                      |                                      |                                               |             |  |  |  |             |  |  |  |
| Двухслойная    |                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                                               |  |                                      |                                      |                                               |             |  |  |  |             |  |  |  |

| <i>Код индикатора</i> | <i>Индикатор достижения компетенции</i>                                                                                                                                       | <i>Оценочные средства</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-3.3               | Осуществляет выбор типовых проектных решений и технологического оборудования инженерных систем жизнеобеспечения здания в соответствии с техническими условиями на подключение | <p>ЗАДАЧА. Оконный стеклопакет состоит из трех слоев стекла толщиной по 4 мм каждый. Между стеклами находятся слои сухого неподвижного воздуха толщиной 10 мм. Площадь поверхности окна 3 м<sup>2</sup>. Разность температур на внешних поверхностях стекол 30 °С. Определить потери теплоты через окно, если коэффициенты теплопроводности стекла <math>\lambda_{ст} = 0,74 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>, воздуха <math>\lambda_{возд} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>.</p> <p>ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (<math>q</math>, Вт/м<sup>2</sup>) в процессе теплопередачи от дымовых газов к кипящей пароводяной смеси через стальную стенку толщиной <math>\delta = 8 \text{ мм}</math>. Температура газов <math>t_1 = 1000 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>, температура смеси <math>t_2 = 200 \text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке <math>\alpha_1 = 40 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>, от стенки к пароводяной смеси <math>\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>, коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 40 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон <math>t_{c1}</math> и <math>t_{c2}</math>.</p> <p>ЗАДАЧА: Какую толщину должна иметь изоляция, если ее наложить на плоскую стальную стенку толщиной 20 мм, чтобы тепловые потери уменьшились в два раза. Коэффициент теплопроводности стали <math>\lambda_{ст} = 40 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>, а материала изоляции <math>\lambda_{и} = 0,125 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки <math>\alpha_1 = 500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>, а с другой <math>\alpha_2 = 80 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>.</p> <p>ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром <math>d_2 = 50 \text{ мм}</math>, <math>d_1 = 44 \text{ мм}</math> движется пар с температурой 315 °С. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе <math>\alpha_1 = 120 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>. Температура окружающего воздуха 20 °С, коэффициент теплоотдачи <math>\alpha_2 = 12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота <math>\delta = 50 \text{ мм}</math>. <math>\lambda_{пеношамота} = 0,3 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>, <math>\lambda_{чугуна} = 90 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>.</p> <p>ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром <math>d_2 = 25 \text{ мм}</math> предлагаются изоляционные материалы: асбест <math>\lambda = 0,151 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}</math>, стекловата <math>\lambda = 0,047</math></p> |

| <i>Код<br/>индикатора</i> | <i>Индикатор достижения компетенции</i> | <i>Оценочные средства</i>                                                                                                                                       |
|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                           |                                         | Вт/м·К. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде $\alpha_2 = 8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$ . |