



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ:

Директор института энергетики и ав-  
томатизированных систем

С.И. Лукьянов

28 сентября 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### *ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА*

Специальность

**08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений**

Специализация

**Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений**

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения

очная

Институт	Энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	3
Семестр	5


Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, утвержденного приказом МОиН РФ от 11.08.2016г. № 1030.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем  
25.09.2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов


Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем  
26.09.2018 г., протокол № 1.

Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

 В.Б. Гаврилов

Рабочая программа составлена:

ст.преподаватель кафедры Т и ЭС  
 С.В. Матвеев

Рецензент:

Зам. начальника ЦЭСТ ОАО «ММК», к.т.н.  
 В.Н. Михайловский



## 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 подготовки бакалавра (магистра, специалиста)

Дисциплина «Техническая теплотехника» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

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

- «Математика»- разделы дифференциальное и интегральное исчисление функции одной переменной;

- «Физика» - раздел – молекулярная физика;

- «Механика жидкости и газа» - раздел течение вязкой жидкости.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения следующих дисциплин: металлические конструкции, железобетонные и каменные конструкции, технология и организация возведения высотных и большепролетных зданий и сооружений, сталежелезобетонные конструкции, проектирование высотных зданий и сооружений.

## 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:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОПК-7 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат</b>	
Знать	Соответствующий физико-математический аппарат технической теплотехники
Уметь	Выявлять сущность проблем в ходе профессиональной деятельности в области технической теплотехники
Владеть	Навыками решения проблем профессиональной деятельности с применением физико-математического аппарата технической теплотехники
<b>ПК-1 Знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.</b>	
Знать	Нормативную базу принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и теплотехнического оборудования

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Уметь	Применять фундаментальные основы технической теплотехники при решении профессиональных задач в области принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования
Владеть	Основами принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования с теплотехнической точки зрения
<b>ПК-13 Знанием правил и технологий монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.</b>	
Знать	Фундаментальные положения технической теплотехники и методы теплотехнического осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.
Уметь	Применять фундаментальные положения технической теплотехники и решать поставленные задачи для осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.
Владеть	Фундаментальными положениями технической теплотехники и решать поставленные задачи для осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.
<b>ПК-14 Владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.</b>	
Знать	Фундаментальные положения и принципы технической теплотехники для опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.
Уметь	Применять фундаментальные положения технической теплотехники для решения задач опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.
Владеть	Фундаментальными положениями и принципами технической теплотехники для опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.

#### 4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 единицы, 72 часа, в том числе:

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

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1. Раздел. Понятие теплотехники. Передача теплоты теплопроводностью.								
1.1. Тема. Основные понятия передачи теплоты теплопроводностью. Коэффициент теплопроводности материалов. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Граничные условия.	5	2		4/2И	1	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
1.2. Тема. Понятие о стационарной теплопроводности. Решение дифференциального уравнения теплопроводности для плоской и цилиндрической стенок при граничных условиях 1-го и 3-го родов.	5	2		4/1И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в acad. часах)			Самостоятельная работа (в acad. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
1.3. Тема. Понятие о нестационарной теплопроводности. Аналитический и номограммный методы решения задач нестационарной теплопроводности для плоской и цилиндрической поверхностей.	5	2		4/2И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
1.4. Тема. Понятие теплопередачи. Пути интенсификации теплопередачи. Коэффициент оребрения.	5	2		4/2И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
<b>Итого по разделу 1</b>	<b>5</b>	<b>8</b>		<b>16/7И</b>	<b>7</b>			
2. Раздел Конвективный и радиационный теплообмен								
2.1 Тема. 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 п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
2.2 Тема. Получение эмпирических коэффициентов. Теплоотдача при движении жидкости в трубах. Понятие свободной конвекции.	5	2		4/1И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
2.3 Тема. Теплообмен излучением, основные понятия и определения.	5	2		4/2И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение	Конспект лекций и результа-	ОПК-7 - зув ПК-1– зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной успеваемости	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
						задач.	ты решения задач	ПК-13-зув ПК-14-зув
<b>Итого по разделу 2</b>	<b>5</b>	<b>6</b>		<b>12/5И</b>	<b>6</b>			
3. Раздел. Влажность воздуха и ее влияние на свойства материалов								
3.1 Тема. Влажный воздух. H-d диаграмма. Процессы с влажным воздухом. Осушение, увлажнение.	5	2		4/2И	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
3.2 Тема. Изменение теплофизических свойств материалов при увлажнении. Движение влаги через слоистые материалы.	5	2		4	2	Проработка лекционного материала п. 6. Решение задач.	Конспект лекций и результаты решения задач	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув
<b>Итого по разделу 3</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>8/2И</b>	<b>4</b>			
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>5</b>	<b>18</b>		<b>36/14И</b>	<b>17</b>	<b>Конспект лекций и решенные задачи</b>	<b>Промежуточный контроль зачет</b>	ОПК-7 - зув ПК-1– зув ПК-13-зув ПК-14-зув



## **5 Образовательные и информационные 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 проходит с использование обратной связи между преподавателем и обучающимися на консультациях, а также при текущем и промежуточном контроле.

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

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

2. Способы переноса теплоты, их основные закономерности.
3. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
4. Понятие температурного поля.
5. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
6. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
7. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
8. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
9. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
10. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
11. В каких случаях требуется задание начальных условий?
12. Как задаются граничные условия 1 рода?
13. Как задаются граничные условия 2 рода?
14. Как задаются граничные условия 3 рода?
15. Как задаются граничные условия 4 рода?
16. Какой тепловой режим называется стационарным?
17. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного

- режима.
18. Закон Ньютона – Рихмана.
  19. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
  20. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
  21. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
  22. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?
  23. Что понимается под процессом теплопередачи?
  24. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
  25. Чем отличается  $\alpha$  от  $K$ ?
  26. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
  27. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
  28. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?
  29. Методы интенсификации теплопередачи.
  30. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?
  31. Понятие нестационарного теплового режима.
  32. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
  33. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл?
  34. Понятие безразмерной температуры.
  35. Число Био, его физический смысл.
  36. Формула и физический смысл числа Фурье.
  37. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
  38. Какие тела называются термически массивными?
  39. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
  40. Какие тела называются термически тонкими?
  41. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
  42. В каких средах возможна конвекция?
  43. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
  44. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
  45. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
  46. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
  47. Режимы движения жидкости.
  48. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
  49. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).
  50. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
  51. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
  52. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
  53. Определяющие и определяемые числа подобия.
  54. Число Рейнольдса, его физический смысл.
  55. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?
  56. Понятие динамического пограничного слоя.
  57. Понятие теплового пограничного слоя.

58. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
59. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.
60. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
61. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка  $(Pr_j / Pr_c)^{0,25}$  и что она учитывает?
62. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
63. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
64. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
65. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
66. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
67. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
68. Число Грасгофа, его физический смысл.
69. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
70. Физическая сущность процесса теплового излучения.
71. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.
72. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.
73. Понятие собственного излучения.
74. Понятие отражательной способности тела.
75. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.
76. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?
77. Понятие результирующего излучения.
78. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
79. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?
80. Какие тела можно считать серыми?
81. Что такое коэффициент излучения?
82. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
83. Каково движение влаги через слоистые материалы?
84. Что такое влажный воздух?
85. 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  $t_{c1} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $t_{c2} = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ . 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  $t = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ , 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  $\Delta t=20 \text{ }^\circ\text{С}$ .

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  $t_c=20 \text{ }^\circ\text{С}$  в окружающую среду с температурой  $t_{ж}=-10 \text{ }^\circ\text{С}$  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  $t_{c1}=70 \text{ }^\circ\text{С}$ ,  $t_{c2}=20 \text{ }^\circ\text{С}$  соответственно.

9. Что такое конвекция и ее механизмы передачи теплоты?

Определить плотность теплового потока от плоской стенки с температурой  $t_c=20 \text{ }^\circ\text{С}$  в окружающую среду с температурой  $t_{ж}=-15 \text{ }^\circ\text{С}$ , 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  $t=30 \text{ }^\circ\text{С}$  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  $G_r$  для сухого воздуха с температурой  $t=60 \text{ }^\circ\text{С}$ , кинематической вязкостью  $\nu=18,97 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$  с поверхности пластины длиной  $l=2 \text{ м}$ , при температурном напоре  $\Delta t=20 \text{ }^\circ\text{С}$ .

12. Что характеризует число Нуссельта и его роль в процессах теплообмена?

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

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  $\varepsilon=0,8$  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 теплопроводности  $a=0,76 \cdot 10^{-7}$  м<sup>2</sup>/с, толщиной  $2\delta=600$  мм, в течение  $\tau=1$  час.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Данный раздел состоит из двух пунктов:

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

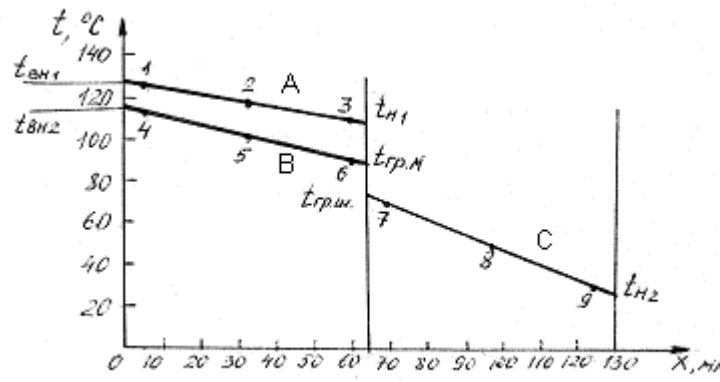
### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОПК-7 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат</b>		
Знать	Соответствующий физико-математический аппарат технической теплотехники	<p><i>Перечень контрольных вопросов</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>2. Условия однозначности для процессов теплопроводности.</li> <li>3. В каких случаях требуется задание начальных условий?</li> <li>4. Как задаются граничные условия 1 рода?</li> <li>5. Как задаются граничные условия 2 рода?</li> <li>6. Как задаются граничные условия 3 рода?</li> <li>7. Как задаются граничные условия 4 рода?</li> <li>8. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.</li> <li>9. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.</li> <li>10. Понятие безразмерной температуры.</li> <li>11. Число Био, его физический смысл.</li> <li>12. Формула и физический смысл числа Фурье.</li> <li>13. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).</li> <li>14. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.</li> <li>15. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>16. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?</p> <p>17. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).</p> <p>18. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?</p> <p>19. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.</p> <p>20. Определяющие и определяемые числа подобия.</p> <p>21. Число Рейнольдса, его физический смысл.</p> <p>22. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?</p> <p>23. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.</p> <p>24. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?</p> <p>25. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка <math>(Pr_f/Pr_c)^{0,25}</math> и что она учитывает?</p> <p>26. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>27. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>28. Число Грасгофа, его физический смысл.</p> <p>29. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>30. Физическая сущность процесса теплового излучения.</p> <p>31. Связь между поглощательной, отражательной и пропускательной способностью тела.</p> <p>32. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).</p>
Уметь	Выявлять сущность проблем в ходе профессиональной деятельности в обла-	<p><b>Пример темы №1</b> Нестационарная теплопроводность</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	сти технической теплотехники	<p>Металлическая заготовка, имеющая форму пластины (цилиндра) неограниченной длины, толщиной <math>2\delta</math> (или диаметром <math>2r_0</math>), с начальной температурой <math>t_0</math>, нагревается в печи, температура которой <math>t_{ж}</math> поддерживается постоянной, до конечной температуры по оси заготовки <math>t_{ц}</math> кон.. Считая длину заготовки большой по сравнению с толщиной (или диаметром), определить:</p> <p>Время нагревания заготовки до заданной конечной температуры;</p> <p>Температуры на оси и поверхности заготовки для различных моментов времени (с использованием номограмм Будрина);</p> <p>Распределение температуры по толщине заготовки для четырех моментов времени (с использованием аналитических формул);</p> <p>Количество теплоты, подведенное к телу в течение всего периода нагревания (на <math>1\text{ м}^2</math> поверхности пластины или на <math>1\text{ м}</math> длины цилиндра);</p> <p>По результатам расчетов п.2 и п.3 построить графики.</p>
Владеть	Навыками решения проблем профессиональной деятельности с применением физико-математического аппарата технической теплотехники	<p>Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:</p> <p><b>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9.</li> <li>2. Построить график в координатах <math>t - x</math>, где <math>x</math> - 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).</li> </ol> <p>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок <math>t_{вн1}</math> и <math>t_{вн2}</math> нужно 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\text{ мм}</math>, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки <math>t_{н2}</math> - линию С необходимо продолжить</p>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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_{вн1} + t_{н1})</math></p> <p>Для двухслойной стенки <math display="block">\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{зр})</math></p> $\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{зр} + t_{н2})$ <p>где <math display="block">t_{зр} = 0,5(t_{зр.ш} + t_{зр.м}),</math></p> <p><math>t_{гр.ш}</math> — температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><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:</p> <p>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;  <math>\varepsilon_c</math> - степень черноты стенки (в данной работе <math>\varepsilon_c = 0,8</math>);  <math>T_n</math> и <math>T_{ж}</math> – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К.  Для однослойной стенки <math>T_n = T_{н1}</math> ; для двухслойной <math>T_n = T_{н2}</math> ;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$Gr = \frac{g l^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <p>где <math>g</math> - ускорение силы тяжести, <math>g = 9,81 \text{ м/с}^2</math> ;  <math>l</math> - определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), <math>l = 0,115 \text{ м}</math> ;  <math>\nu</math> - коэффициент кинематической вязкости воздуха, <math>\text{м}^2/\text{с}</math>; определяется по температуре пограничного слоя  <math>\nu_{\text{пс}} = 0,5(\nu_{\text{н}} + \nu_{\text{ж}})</math> ;  <math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, <math>\text{град}^{-1}</math> ;  для газов <math>\beta = \frac{1}{T_{\text{жс}}} = \frac{1}{273 + t_{\text{жс}}}</math> ;  <math>\Delta t = t_{\text{н}} - t_{\text{ж}}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, <math>\text{град}</math>.  8. Число подобия Прандтля <math>Pr</math> определить при температуре пограничного слоя <math>t_{\text{пс}}</math> .  9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия  <math display="block">Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \varepsilon</math> ,  где значения "С" и "n" - константы, зависящие от комплекса <math>(Gr \cdot Pr)</math>; они приведены в табл. 1 Приложения [в) 2];  <math>\varepsilon</math> - поправочный коэффициент.  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 %.  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.  10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией <math>\alpha_{\text{к}}</math> из числа</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		<p>Нуссельта <math>Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}</math> ;</p> $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l}$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией <math>q_k</math> для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{ж})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>1. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1010 810 2027 1069"> <thead> <tr> <th data-bbox="1010 810 1205 979" rowspan="2">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1205 810 1832 842">Плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup></th> <th data-bbox="1832 810 2027 979" rowspan="2">Погрешность по отношению к <math>q_t</math>, %</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1205 842 1458 979">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением</th> <th data-bbox="1458 842 1832 979">передаваемого внутри стенкитеплопроводностью <math>q_t</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1010 979 1205 1027">Однослойная</td> <td data-bbox="1205 979 1458 1027"></td> <td data-bbox="1458 979 1832 1027"></td> <td data-bbox="1832 979 2027 1027"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1010 1027 1205 1069">Двухслойная</td> <td data-bbox="1205 1027 1458 1069"></td> <td data-bbox="1458 1027 1832 1069"></td> <td data-bbox="1832 1027 2027 1069"></td> </tr> </tbody> </table>	Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>		Погрешность по отношению к $q_t$ , %	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$	Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>			Погрешность по отношению к $q_t$ , %												
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$														
Однослойная																
Двухслойная																

**ПК-1 Знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.**

Знать	Нормативную базу принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и теплотехнического оборудования	<p style="text-align: center;"><i>Перечень тем и заданий</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности.</li> <li>2. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?</li> <li>3. Понятие температурного поля.</li> <li>4. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.</li> <li>5. Сформулируйте основной закон теплопроводности.</li> </ol>
-------	--	---

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.</li> <li>7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?</li> <li>8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.</li> <li>10. В каких случаях требуется задание начальных условий?</li> <li>11. Как задаются граничные условия 1 рода?</li> <li>12. Как задаются граничные условия 2 рода?</li> <li>13. Как задаются граничные условия 3 рода?</li> <li>14. Как задаются граничные условия 4 рода?</li> <li>15. Какой тепловой режим называется стационарным?</li> <li>16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.</li> <li>17. Закон Ньютона – Рихмана.</li> <li>18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.</li> <li>19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.</li> <li>20. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?</li> <li>21. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?</li> <li>22. Что понимается под процессом теплопередачи?</li> <li>23. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?</li> <li>24. Чем отличается <math>\alpha</math> от <math>K</math>?</li> <li>25. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.</li> <li>26. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.</li> <li>27. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?</li> <li>28. Методы интенсификации теплопередачи.</li> <li>29. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?</p> <p>30. Понятие нестационарного теплового режима.</p> <p>31. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.</p> <p>32. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл?</p> <p>33. Понятие безразмерной температуры.</p> <p>34. Число Био, его физический смысл.</p> <p>35. Формула и физический смысл числа Фурье.</p> <p>36. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).</p> <p>37. Какие тела называются термически массивными?</p> <p>38. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.</p> <p>39. Какие тела называются термически тонкими?</p> <p>40. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.</p> <p>41. В каких средах возможна конвекция?</p> <p>42. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?</p> <p>43. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?</p> <p>44. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?</p> <p>45. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.</p> <p>46. Режимы движения жидкости.</p> <p>47. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?</p> <p>48. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).</p> <p>49. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?</p> <p>50. Чем обусловлена вынужденная конвекция?</p> <p>51. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>смысл.</p> <p>52. Определяющие и определяемые числа подобия.</p> <p>53. Число Рейнольдса, его физический смысл.</p> <p>54. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?</p> <p>55. Понятие динамического пограничного слоя.</p> <p>56. Понятие теплового пограничного слоя.</p> <p>57. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?</p> <p>58. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.</p> <p>59. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?</p> <p>60. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка <math>(Pr_{ж}/ Pr_{г})^{0,25}</math> и что она учитывает?</p> <p>61. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.</p> <p>62. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.</p> <p>63. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>64. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>65. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?</p> <p>66. Как определяется режим движения при свободной конвекции?</p> <p>67. Число Грасгофа, его физический смысл.</p> <p>68. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>69. Физическая сущность процесса теплового излучения.</p> <p>70. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.</p> <p>71. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.</p> <p>72. Понятие собственного излучения.</p> <p>73. Понятие отражательной способности тела.</p> <p>74. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способ-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ностью тела.</p> <p>75. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?</p> <p>76. Понятие результирующего излучения.</p> <p>77. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?</p> <p>78. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?</p> <p>79. Какие тела можно считать серыми?</p> <p>80. Что такое коэффициент излучения?</p> <p>81. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).</p> <p>82. Каково движение влаги через слоистые материалы?</p> <p>83. Что такое влажный воздух?</p> <p>84. В каких случаях происходит увлажнение, а в каких осушение материалов?</p>
Уметь	Применять фундаментальные основы технической теплотехники при решении профессиональных задач в области принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования	<p>1. 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>2. 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{С}</math>, температура смеси <math>t_2 = 200 \text{ }^\circ\text{С}</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>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. 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_m = 40</math> Вт/м К, а материала изоляции <math>\lambda_{и} = 0,125</math> Вт/м К, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки <math>\alpha_1 = 500</math> Вт/м<sup>2</sup> К, а с другой <math>\alpha_2 = 80</math> Вт/м<sup>2</sup> К.</p> <p>4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром <math>d_2 = 50</math> мм, <math>d_1 = 44</math> мм движется пар с температурой 315 °С. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе <math>\alpha_1 = 120</math> Вт/м<sup>2</sup>·К. Температура окружающего воздуха 20 °С, коэффициент теплоотдачи <math>\alpha_2 = 12</math> Вт/м<sup>2</sup>·К. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота <math>\delta = 50</math> мм. <math>\lambda_{пеношамота} = 0,3</math> Вт/м К, <math>\lambda_{чугуна} = 90</math> Вт/м К.</p> <p>5. ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром <math>d_2 = 25</math> мм предлагаются изоляционные материалы: асбест <math>\lambda = 0,151</math> Вт/м·К, стекловата <math>\lambda = 0,047</math> Вт/м·К. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде <math>\alpha_2 = 8</math> Вт/м<sup>2</sup>·К.</p>
Владеть	Основами принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования с теплотехнической точки зрения	<p><b>Пример темы №1</b>  Нестационарная теплопроводность  Металлическая заготовка, имеющая форму пластины (цилиндра) неограниченной длины, толщиной <math>2\delta</math> (или диаметром <math>2r_0</math>), с начальной температурой <math>t_0</math>, нагревается в печи, температура которой <math>t_{ж}</math> поддерживается постоянной, до конечной температуры по оси заготовки <math>t_{ц}</math> кон.. Считая длину заготовки большой по сравнению с толщиной (или диаметром), определить:  Время нагревания заготовки до заданной конечной температуры;  Температуры на оси и поверхности заготовки для различных моментов времени (с использованием номограмм Будрина);  Распределение температуры по толщине заготовки для четырех моментов времени</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		(с использованием аналитических формул); Количество теплоты, подведенное к телу в течение всего периода нагревания (на 1м <sup>2</sup> поверхности пластины или на 1 м длины цилиндра); По результатам расчетов п.2 и п.3 построить графики.
<b>ПК-13 Знанием правил и технологий монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.</b>		
Знать	Фундаментальные положения технической теплотехники и методы теплотехнического осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.	<p align="center"><b><i>Перечень тем и заданий</i></b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности.</li> <li>2. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?</li> <li>3. Понятие температурного поля.</li> <li>4. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.</li> <li>5. Сформулируйте основной закон теплопроводности.</li> <li>6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.</li> <li>7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?</li> <li>8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.</li> <li>10. В каких случаях требуется задание начальных условий?</li> <li>11. Как задаются граничные условия 1 рода?</li> <li>12. Как задаются граничные условия 2 рода?</li> <li>13. Как задаются граничные условия 3 рода?</li> <li>14. Как задаются граничные условия 4 рода?</li> <li>15. Какой тепловой режим называется стационарным?</li> <li>16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.</li> <li>17. Закон Ньютона – Рихмана.</li> <li>18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую одно-</li> </ol>

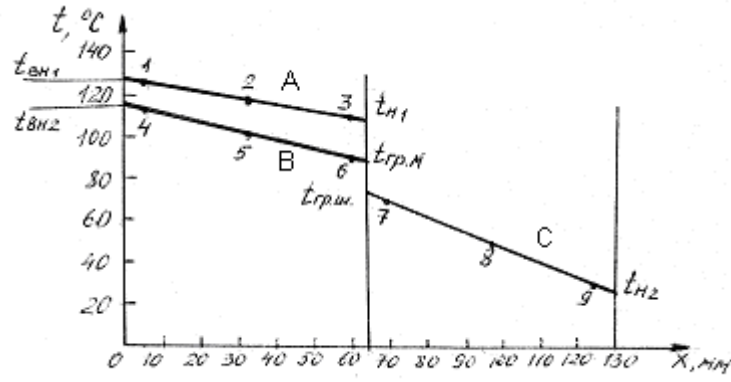
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>слоистую стенку.</p> <p>19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.</p> <p>20. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?</p> <p>21. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?</p> <p>22. Что понимается под процессом теплопередачи?</p> <p>23. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?</p> <p>24. Чем отличается <math>\alpha</math> от <math>K</math>?</p> <p>25. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.</p> <p>26. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.</p> <p>27. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?</p> <p>28. Методы интенсификации теплопередачи.</p> <p>29. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?</p> <p>30. Понятие нестационарного теплового режима.</p> <p>31. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.</p> <p>32. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл?</p> <p>33. Понятие безразмерной температуры.</p> <p>34. Число Био, его физический смысл.</p> <p>35. Формула и физический смысл числа Фурье.</p> <p>36. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).</p> <p>37. Какие тела называются термически массивными?</p> <p>38. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.</p> <p>39. Какие тела называются термически тонкими?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>40. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.</p> <p>41. В каких средах возможна конвекция?</p> <p>42. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?</p> <p>43. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?</p> <p>44. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?</p> <p>45. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.</p> <p>46. Режимы движения жидкости.</p> <p>47. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?</p> <p>48. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).</p> <p>49. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?</p> <p>50. Чем обусловлена вынужденная конвекция?</p> <p>51. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.</p> <p>52. Определяющие и определяемые числа подобия.</p> <p>53. Число Рейнольдса, его физический смысл.</p> <p>54. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?</p> <p>55. Понятие динамического пограничного слоя.</p> <p>56. Понятие теплового пограничного слоя.</p> <p>57. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?</p> <p>58. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.</p> <p>59. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?</p> <p>60. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка <math>(Pr_{ж}/ Pr_{г})^{0.25}</math> и что она учитывает?</p> <p>61. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>62. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.</p> <p>63. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>64. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>65. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?</p> <p>66. Как определяется режим движения при свободной конвекции?</p> <p>67. Число Грасгофа, его физический смысл.</p> <p>68. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>69. Физическая сущность процесса теплового излучения.</p> <p>70. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.</p> <p>71. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.</p> <p>72. Понятие собственного излучения.</p> <p>73. Понятие отражательной способности тела.</p> <p>74. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.</p> <p>75. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?</p> <p>76. Понятие результирующего излучения.</p> <p>77. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?</p> <p>78. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?</p> <p>79. Какие тела можно считать серыми?</p> <p>80. Что такое коэффициент излучения?</p> <p>81. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).</p> <p>82. Каково движение влаги через слоистые материалы?</p> <p>83. Что такое влажный воздух?</p> <p>84. В каких случаях происходит увлажнение, а в каких осушение материалов?</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	Применять фундаментальные положения технической теплотехники и решать поставленные задачи для осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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>.</li> <li>2. ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (<math>q, \text{ Вт/м}^2</math>) 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{С}</math>, температура смеси <math>t_2 = 200 \text{ }^\circ\text{С}</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_{с1}</math> и <math>t_{с2}</math>.</li> <li>3. 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_m = 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>.</li> <li>4. 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>.</li> <li>5. 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>,</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>стекловата <math>\lambda = 0,047 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}</math>. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде <math>\alpha_2 = 8 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}</math>.</p>
Владеть	<p>Фундаментальными положениями технической теплотехники и решать поставленные задачи для осуществления монтажа, наладки, испытания и сдачи в эксплуатацию конструкций, инженерных систем и оборудования строительных объектов.</p>	<p>Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:</p> <p><b>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9.</li> <li>2. Построить график в координатах <math>t - x</math>, где <math>x</math> - координата; она определяется расстоянием от начала оси абсцисс до точки, соответствующей месту установки термодпары. 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).</li> </ol> <p>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок <math>t_{\text{вн1}}</math> и <math>t_{\text{вн2}}</math> нужно продолжить линии А и В до пересечения с ординатой <math>x = 0</math>; для определения температуры наружной поверхности однослойной стенки <math>t_{\text{н1}}</math> необходимо продолжить линию А до границы <math>x = 65 \text{ мм}</math>, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки <math>t_{\text{н2}}</math> - линию С необходимо продолжить до границы <math>x = 130 \text{ мм}</math>.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="1220 726 1892 798">Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p data-bbox="952 837 2094 981">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 data-bbox="952 989 2094 1061">3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p data-bbox="1019 1069 1724 1117">Для однослойной стенки <math>\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})</math></p> <p data-bbox="1019 1125 1724 1173">Для двухслойной стенки <math>\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{зр})</math></p> <p data-bbox="1467 1181 1713 1220"><math>\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{зр} + t_{н2})</math></p> <p data-bbox="1467 1228 1736 1268">где <math>t_{зр} = 0,5(t_{зр.ш} + t_{зр.м})</math>,</p> <p data-bbox="952 1284 2094 1348"><math>t_{гр.ш}</math> - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;</p> <p data-bbox="952 1356 2094 1420"><math>t_{гр.м}</math> - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.</p>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<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> $\lambda_{м} = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{м} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К} ;$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{ш} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К}.$ <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью:</p> <p>для однослойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн1} - t_{н1}}{\delta_{м} / \lambda_{м}} ;$ <p>для двухслойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}}} ;$ <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;  <math>\varepsilon_c</math> - степень черноты стенки (в данной работе <math>\varepsilon_c = 0,8</math>);  <math>T_n</math> и <math>T_{ж}</math> – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К.  Для однослойной стенки <math>T_n = T_{н1}</math> ; для двухслойной <math>T_n = T_{н2}</math> ;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$Gr = \frac{g l^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <p>где <math>g</math> - ускорение силы тяжести, <math>g = 9,81 \text{ м/с}^2</math> ;  <math>l</math> - определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), <math>l = 0,115 \text{ м}</math> ;  <math>\nu</math> - коэффициент кинематической вязкости воздуха, <math>\text{м}^2/\text{с}</math>; определяется по температуре пограничного слоя  <math>\nu_{\text{пс}} = 0,5(\nu_{\text{н}} + \nu_{\text{ж}})</math> ;  <math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, <math>\text{град}^{-1}</math> ;  для газов <math>\beta = \frac{1}{T_{\text{жс}}} = \frac{1}{273 + t_{\text{жс}}}</math> ;  <math>\Delta t = t_{\text{н}} - t_{\text{ж}}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, <math>\text{град}</math>.  8. Число подобия Прандтля <math>Pr</math> определить при температуре пограничного слоя <math>\nu_{\text{пс}}</math> .  9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия  <math display="block">Nu = c(Gr \cdot Pr)^n \varepsilon</math> ,  где значения "С" и "n" - константы, зависящие от комплекса <math>(Gr \cdot Pr)</math>; они приведены в табл. 1 Приложения [в) 2];  <math>\varepsilon</math> - поправочный коэффициент.  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 %.  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.  10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией <math>\alpha_{\text{к}}</math> из числа</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		<p>Нуссельта <math>Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}</math> ;</p> $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l}$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией <math>q_k</math> для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{ж})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>2. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1010 810 2029 1074"> <thead> <tr> <th data-bbox="1010 810 1200 979" rowspan="2">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1200 810 1832 842">Плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup></th> <th data-bbox="1832 810 2029 979" rowspan="2">Погрешность по отношению к <math>q_t</math>, %</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1200 842 1458 979">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением</th> <th data-bbox="1458 842 1832 979">передаваемого внутри стенкитеплопроводностью <math>q_t</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1010 979 1200 1027">Однослойная</td> <td data-bbox="1200 979 1458 1027"></td> <td data-bbox="1458 979 1832 1027"></td> <td data-bbox="1832 979 2029 1027"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1010 1027 1200 1074">Двухслойная</td> <td data-bbox="1200 1027 1458 1074"></td> <td data-bbox="1458 1027 1832 1074"></td> <td data-bbox="1832 1027 2029 1074"></td> </tr> </tbody> </table>	Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>		Погрешность по отношению к $q_t$ , %	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$	Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>			Погрешность по отношению к $q_t$ , %												
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$														
Однослойная																
Двухслойная																
<b>ПК-14 Владением методами опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.</b>																
Знать	Фундаментальные положения и принципы технической теплотехники для опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.	<p><b>Перечень тем и заданий для подготовки к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности.</li> <li>2. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?</li> <li>3. Понятие температурного поля.</li> <li>4. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.</li> <li>5. Сформулируйте основной закон теплопроводности.</li> </ol>														

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.</li> <li>7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?</li> <li>8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.</li> <li>9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.</li> <li>10. В каких случаях требуется задание начальных условий?</li> <li>11. Как задаются граничные условия 1 рода?</li> <li>12. Как задаются граничные условия 2 рода?</li> <li>13. Как задаются граничные условия 3 рода?</li> <li>14. Как задаются граничные условия 4 рода?</li> <li>15. Какой тепловой режим называется стационарным?</li> <li>16. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.</li> <li>17. Закон Ньютона – Рихмана.</li> <li>18. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.</li> <li>19. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.</li> <li>20. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?</li> <li>21. Каков закон распределения температуры по толщине однослойной цилиндрической стенки?</li> <li>22. Что понимается под процессом теплопередачи?</li> <li>23. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?</li> <li>24. Чем отличается <math>\alpha</math> от <math>K</math>?</li> <li>25. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.</li> <li>26. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.</li> <li>27. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?</li> <li>28. Методы интенсификации теплопередачи.</li> <li>29. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с</li> </ol>

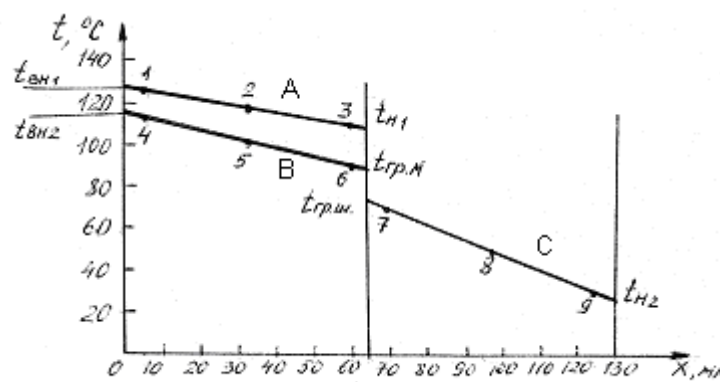
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?</p> <p>30. Понятие нестационарного теплового режима.</p> <p>31. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.</p> <p>32. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл?</p> <p>33. Понятие безразмерной температуры.</p> <p>34. Число Био, его физический смысл.</p> <p>35. Формула и физический смысл числа Фурье.</p> <p>36. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).</p> <p>37. Какие тела называются термически массивными?</p> <p>38. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.</p> <p>39. Какие тела называются термически тонкими?</p> <p>40. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.</p> <p>41. В каких средах возможна конвекция?</p> <p>42. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?</p> <p>43. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?</p> <p>44. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?</p> <p>45. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.</p> <p>46. Режимы движения жидкости.</p> <p>47. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?</p> <p>48. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).</p> <p>49. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?</p> <p>50. Чем обусловлена вынужденная конвекция?</p> <p>51. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>смысл.</p> <p>52. Определяющие и определяемые числа подобия.</p> <p>53. Число Рейнольдса, его физический смысл.</p> <p>54. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл?</p> <p>55. Понятие динамического пограничного слоя.</p> <p>56. Понятие теплового пограничного слоя.</p> <p>57. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?</p> <p>58. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции.</p> <p>59. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?</p> <p>60. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка <math>(Pr_{ж}/ Pr_{г})^{0,25}</math> и что она учитывает?</p> <p>61. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.</p> <p>62. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.</p> <p>63. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>64. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>65. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?</p> <p>66. Как определяется режим движения при свободной конвекции?</p> <p>67. Число Грасгофа, его физический смысл.</p> <p>68. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.</p> <p>69. Физическая сущность процесса теплового излучения.</p> <p>70. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.</p> <p>71. Дайте определение спектральной интенсивности излучения.</p> <p>72. Понятие собственного излучения.</p> <p>73. Понятие отражательной способности тела.</p> <p>74. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способ-</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>ностью тела.</p> <p>75. Понятие эффективного теплового излучения. Чем оно отличается от собственного излучения?</p> <p>76. Понятие результирующего излучения.</p> <p>77. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?</p> <p>78. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?</p> <p>79. Какие тела можно считать серыми?</p> <p>80. Что такое коэффициент излучения?</p> <p>81. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).</p> <p>82. Каково движение влаги через слоистые материалы?</p> <p>83. Что такое влажный воздух?</p> <p>84. В каких случаях происходит увлажнение, а в каких осушение материалов?</p>
Уметь	Применять фундаментальные положения технической теплотехники для решения задач опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.	<p>1. 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>2. 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{С}</math>, температура смеси <math>t_2 = 200 \text{ }^\circ\text{С}</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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. 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_m = 40 \text{ Вт/м К}</math>, а материала изоляции <math>\lambda_{и} = 0,125 \text{ Вт/м К}</math>, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки <math>\alpha_1 = 500 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}</math>, а с другой <math>\alpha_2 = 80 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}</math>.</p> <p>4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром <math>d_2 = 50 \text{ мм}</math>, <math>d_1 = 44 \text{ мм}</math> движется пар с температурой <math>315 \text{ }^\circ\text{С}</math>. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе <math>\alpha_1 = 120 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>. Температура окружающего воздуха <math>20 \text{ }^\circ\text{С}</math>, 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_{\text{пеношамота}} = 0,3 \text{ Вт/м К}</math>, <math>\lambda_{\text{чугуна}} = 90 \text{ Вт/м К}</math>.</p> <p>5. 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 К}</math>, стекловата <math>\lambda = 0,047 \text{ Вт/м К}</math>. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде <math>\alpha_2 = 8 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}</math>.</p>
Владеть	Фундаментальными положениями и принципами технической теплотехники для опытной проверки оборудования и средств технологического обеспечения.	<p>Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:  <b>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</b></p> <p>1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2,... 9.</p> <p>2. Построить график в координатах <math>t - x</math>, где <math>x</math> - 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).</p> <p>Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок <math>t_{вн1}</math> и</p>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><math>t_{вн2}</math> нужно 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_{вн1} + t_{н1})</math></p> <p>Для двухслойной стенки <math display="block">\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{сп})</math></p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{zp} + t_{н2})$ $t_{zp} = 0,5(t_{zp.ш} + t_{zp.м}),$ <p>где  <math>t_{гр.ш}</math> - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;  <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> $\lambda_{м} = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{м} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К ;}$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{ш} \text{ . Вт/м} \cdot \text{К.}$ <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью:  для однослойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн1} - t_{н1}}{\delta_{м} / \lambda_{м}} ;$ <p>для двухслойной стенки по формуле</p> $q_t = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}}} ;$ <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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	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> $Gr = \frac{g l^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <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, м<sup>2</sup>/с; 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> $\beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}} ;$ <p>для газов</p> <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 "С" и "n" - константы, зависящие от комплекса <math>(Gr \cdot Pr)</math>; они приведены в табл. 1 Приложения [в] 2);</p> <p><math>\varepsilon</math> - поправочный коэффициент.</p> <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> )</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		<p>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> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жк})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>3. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1010 1002 2027 1265"> <thead> <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_t</math>, %</th> </tr> <tr> <th>отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением</th> <th>передаваемого внутри стенкитеплопроводностью <math>q_t</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Однослойная</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Двухслойная</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>		Погрешность по отношению к $q_t$ , %	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$	Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>			Погрешность по отношению к $q_t$ , %												
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$														
Однослойная																
Двухслойная																

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Техническая теплотехника» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится

в форме зачета.

**Показатели и критерии оценивания:**

– **зачтено** – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

- **не зачтено** - обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Техническая теплотехника»

### а) Основная литература:

1. Беляев В.С., Методики расчетов теплотехнических характеристик энергоэкономичных 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 подписке.

2. Мирам А.О., ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА. ТЕПЛОМАССОБМЕН / 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 подписке.

### 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 подписке.

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 подписке.

3. Беляев В.С., ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ И ТЕПЛОЗАЩИТА ЗДАНИЙ / Беляев 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 подписке.

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 подписке.

### 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., подгот. 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 на CD-ROM.

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

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021

Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	Свободно распространяе- мое	бессрочно
Дополнительные		
Microsoft Windows 10 Pro	Д-1227 от 8.10.2018	11.10.2021

1. Федеральный институт промышленной собственности : сайт РОСПАТЕНТА / ФИПС. – Москва : ФИПС, 2009 – . – URL: <http://www1.fips.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

2. Российский индекс научного цитирования (РИНЦ) : национальная библиографическая база данных научного цитирования. – Текст: электронный // eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp) – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.

3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

4. Единое окно доступа к информационным ресурсам : электронная библиотека : сайт / ФГАУ ГНИИ ИТТ "ИНФОРМИКА". – Москва, 2005. – . –URL: <http://window.edu.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.

5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> – Режим доступа: по подписке. – Текст: элек-тронный.

6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> – Режим доступа: свободный. – Текст: элек-тронный.

7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> – Режим доступа: для зарегистрир. пользова-телей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.

8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электрон-ная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> – Режим доступа: свободный. – Текст: элек-тронный.

9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и пол-нотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных науч-ных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> – Режим доступа: для заре-гистрир. пользо-вателей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным от-раслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> - Режим доступа: для за-регистра-ции пользо-вателей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электрон-ный.

13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> – Режим

доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

14. Springer Reference : Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний: сайт. – URL: <http://www.springer.com/references> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

15. zbMATH : Международная реферативная база данных по чистой и прикладной математике : сайт. – URL: <http://zbmath.org/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

16. Springer Nature : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <https://www.nature.com/siteindex> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

17. Архив научных журналов : сайт / Национальный электронно-информационный консорциум. – Москва : НЭИКОН, 2013 – . – URL: <https://archive.neicon.ru/xmlui/> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.

18. eLIBRARY.RU : научная электронная библиотека : сайт. – Москва, 2000 – . – URL: <https://elibrary.ru> – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.

19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> – Режим доступа: для авториз. пользователей. – Текст: электронный.

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
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
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования