

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»



УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института энергетики и  
автоматизированных систем  
С.И. Лукьянов  
20 января 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА*

Специальность

**15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов**

Специализация

**Проектирование металлургических машин и комплексов**

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
очная

Институт	Энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5
Семестр	9

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утвержденного приказом МОиН РФ от 28.10.2016 г. № 1343.

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

12.09.2017 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой  Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

20.09.2017 г., протокол № 1.

Председатель  С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

  
А.Г. Корчунов

Рабочая программа составлена:

ассистент

  
С.В. Матвеев

Рецензент:

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

  
В.Н. Михайловский

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института энергетики и  
автоматизированных систем  
\_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов  
20 января 2017 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### *ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА*

Специальность

**15.05.01** Проектирование технологических машин и комплексов

Специализация

**Проектирование металлургических машин и комплексов**

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
очная

Институт	Энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	5
Семестр	9

Магнитогорск  
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов, утвержденного приказом МОиН РФ от 28.10.2016г. № 1343.

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

12.09.2017 г., протокол № 2.

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

20.09.2017 г., протокол № 1.

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ А.Г. Корчунов

Рабочая программа составлена:

ассистент

\_\_\_\_\_ С.В. Матвеев

Рецензент:

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

\_\_\_\_\_ В.Н. Михайловский







## 1 Цели освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Термодинамика и теплопередача» является: изучение основных понятий и законов термодинамики и теплопередачи, термодинамических процессов, способов передачи теплоты и основ их расчета для проектирования технологических машин и комплексов.

## 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина Б1.Б.28. «Термодинамика и теплопередача» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения: Физика, Механика жидкости и газа.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения: Проектирование систем гидро- и пневмопривода, Проектирование технологических машин и комплексов аглодоменного производства, Проектирование технологических машин и комплексов прокатного производства, Проектирование оборудования цехов сталеплавильного производства.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Термодинамика и теплопередача» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу</b>	
Знать	Основные определения и понятия технической термодинамики и теплопередачи для анализа и синтеза вопросов профессиональной деятельности
Уметь:	Анализировать технологические процессы профессиональной деятельности на основе термодинамической и тепловой точек зрения
Владеть:	Навыками к абстрактному мышлению, анализу и синтезу технологических процессов профессиональной деятельности на основе термодинамических и тепловых процессов
<b>ПК-11 способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующей специализации</b>	
Знать	Основные определения и понятия технической термодинамики и теплопередачи для систематического решения специализированных вопросов и задач
Уметь:	Распознавать эффективное решение от неэффективного в результате изучения основной отечественной и зарубежной литературы по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» для систематического решения специализированных вопросов и задач
Владеть:	Навыками к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по «Термодинамике и теплопередачи» и основными методами решения специализированных задач





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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 единицы - 108 часов, в том числе:

- контактная работа – 55 акад. часов:
- аудиторная - 54 акад. часа;
- внеаудиторная – 1 акад. час.
- самостоятельная работа – 53 акад. часа;

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборатор.				
<b>1. Раздел. Термодинамика</b>							
1.1. Понятие термодинамики. Параметры состояния. Законы идеального газа. Понятие о теплоемкости	9	2	8	5	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ. Тема 1.1. п. 6.2.	Конспект лекций. Отчет по лабораторным работам.	ОК-1 ПК-11
1.2. Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия и внутренняя энергия. Понятие об обратимых и необратимых термодинамических процессах	9	2	0	6	Проработка лекционного материала. Тема 1.2. п. 6.2.	Конспект лекций	ОК-1 ПК-11
1.3. Понятие энтропии. Циклы. Понятие термического КПД. Основные термодинамические процессы. Политропные процессы.	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного материала. Тема 1.3. п. 6.2. Выполнение лабораторных работ.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11
1.4. Процессы сжатия в компрессоре. Понятие о	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного	Конспект лекций,	ОК-1

Раздел дисциплины	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной лабораторной работ. Результаты тестирования.	Структурный элемент компетенции
	Семестр						
влажном воздухе. Н-d диаграмма.					материала. Выполнение лабораторных работ. Решение тестовых заданий (п 6.1). Тема 1.4. п. 6.2.		
<b>Итого по разделу</b>	9	8	16/4 <sup>н</sup>	23			
<b>2 Раздел. Теплопередача</b>							
2.1. Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Стационарная теплопроводность.	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ. Тема 2.1. п. 6.2.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11
2.2. Нестационарная теплопроводность. Понятие термической массивности. Методы расчета.	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ. Тема 2.2. п. 6.2.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11
2.3. Понятие конвекции. Вывод уравнений подобия. Вынужденная конвекция при обтекании пластины.	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ. Тема 2.3. п. 6.2.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11
2.4. Вынужденная конвекция при движении жидкостей в трубах. Понятие свободной конвекции.	9	2	4/2 <sup>н</sup>	6	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ. Тема 2.4. п. 6.2.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11
2.5. Теплообмен излучение. Закон Стефана-Больцмана.	9	2	4	6	Проработка лекционного материала. Выполнение лабораторных работ.	Конспект лекций, сдача лабораторных работ.	ОК-1 ПК-11

Раздел дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)		Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной работы	Код и структурный элемент компетенции
		10	20/8 <sup>н</sup>				
					Решение тестовых заданий (п 6.1). Тема 2.5. п. 6.2.	Результаты тестирования.	
<b>Итого по разделу</b>	9	10	20/8 <sup>н</sup>	30			
<b>Итого по дисциплине</b>	9	18	36/ 12 <sup>н</sup>	53		Промежуточный контроль-зачет	ОК-1 ПК-11

## 5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Термодинамика и теплопередача» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. В качестве основной образовательной технологии используется работа в команде – совместная деятельность студентов в группе при расчетах на лабораторных занятиях, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы.

Для теоретической подготовки обучающихся используются типы лекций: вводная, мотивационная (возбуждающая интерес к осваиваемой дисциплине), подготовительная (готовящая студентов к более сложному материалу), интегрирующая (дающая общий теоретический анализ предшествующего материала), установочная (направляющая студентов к источникам информации для дальнейшей самостоятельной работы). На занятиях внедряются такие информационные технологии, как использование электронных изданий (видео материалов (через Интернет.)).

Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем. При организации самостоятельной работы студентов используются рукописные версии курса лекций, лабораторного практикума.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### 6.1. Перечень тем и заданий для подготовки к тестированию по разделу термодинамика:

1. Термодинамическая система:
  1. Это совокупность микрочастиц, обменивающихся энергией;
  2. Это совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией между собой и окружающей средой;
  3. Термодинамическая система- это окружающая среда;
  4. Это совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией.
2. Как называется термодинамическая система, которая не обменивается теплотой с окружающей средой?
  1. Адиабатной;
  2. Изотермической;
  3. Изолированной;
  4. Гомогенной.
3. Параметры состояния термодинамической системы:
  1. Масса, объем, вес;
  2. Масса, теплоемкость, удельный объем;
  3. Давление, удельный объем, температура;
  4. Давление, вязкость, температура.
4. Идеальный газ – это:
  1. Это газ, в котором потенциальная энергия молекул больше кинетической;
  2. Это газ, у которого отсутствуют силы взаимодействия между молекулами, а объем молекул пренебрежительно мал;
  3. Это газ с большой кинетической энергией;
  4. Это газ, в котором силы притяжения между молекулами достаточно большие.
5. Изменение состояния термодинамической системы (ТДС) во времени называется:
  1. Диффузией;
  2. Временем релаксации;
  3. Релаксацией;
  4. Термодинамическим процессом.
6. Давление:
  1. Это масса газа, действующая на стенки сосуда;

2. Это сила, действующая на единицу площади по нормали к ней;
3. Это величина, пропорциональная кинетической энергии тела;
4. Это величина, пропорциональная массе тела.

7. Температура:

1. Это мера потенциальной энергии рабочего тела;
2. Это мера давления тела;
3. Это мера инертности тела;
4. Это мера кинетической энергии рабочего тела.

8. Какая из приведённых физических величин не применяется при вычислении количества теплоты, полученной при нагревании тела?

1. Масса тела;
2. Удельная теплоёмкость вещества;
3. Изменение температуры тела;
4. Размеры тела.

9. Уравнение состояния идеального газа

1.  $ds = \frac{\partial q}{T}$  ;
2.  $Q = mc \Delta t$  ;
3.  $\partial q = dh - v dp$  ;
4.  $PV = mR_{уд} T$

10. Универсальная газовая постоянная:

1.  $R = 273$ ;
2.  $R = 8314$ ;
3.  $R = 4187$ ;
4.  $R = 287$

11. Размерность удельной газовой постоянной:

1. Дж/кг;
2. Дж/КмольК;
3. Дж/Кмоль;
4. Дж/кг К

12. Уравнение первого закона термодинамики:

1.  $\partial q = du + v dp$  ;
2.  $\partial q = dh + v dp$  ;
3.  $\partial q = du - v dp$  ;
4.  $\partial q = du + p dv$

13. Какой параметр влияет на внутреннюю энергию термодинамической системы:

1. Работа;
2. Теплота;
3. Температура;
4. Объем,

14. Удельная работа расширения газа:

1.  $l = \int_1^2 P dV$
2.  $l = - \int_1^2 P dV$

$$3. \quad l = \int_1^2 d(PV)$$

$$4. \quad l = \int_1^2 dPV$$

15. Уравнение политропного процесса:

$$1. \quad P_1 V_1 = P_2 V_2$$

$$2. \quad P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$$

$$3. \quad P_1 V_1^n = P_2 V_2^n$$

$$4. \quad C_p - C_v = R$$

16. Понятие энтальпии:

$$1. \quad h = q + p\nu \quad ;$$

$$2. \quad h = u + p\nu \quad ;$$

$$3. \quad h = T + p\nu \quad ;$$

$$4. \quad h = u - p\nu$$

17. Что больше: внутренняя энергия 1 кг воды при 100 °С или внутренняя энергия 1 кг водяного пара при той же температуре?

1. Воды;
2. Пара;
3. Одинаковые, так как одинаковая температура;
4. В зависимости от условий,

18. Какая из физических величин измеряется в Дж/кг·°С?

1. Удельная теплота плавления;
2. Удельная теплота парообразования;
3. Удельная теплоёмкость;
4. Теплота сгорания топлива.

19. Почему воду применяют в качестве теплоносителя?

1. Вода – самое распространённое вещество в природе;
2. Вода имеет большую удельную теплоёмкость;
3. Вода – самое дешёвое вещество;
4. Вода – не вязкая жидкость.

20. В каких единицах измеряется количество теплоты?

1. °С;
2. кг/м;
3. Дж;
4. Н/м.

21. Какую энергию нужно затратить, чтобы нагреть 1000 г чистой воды на 1°С?

1. 4200 Дж;
2. 42000 Дж;
3. 420 кДж;
4. 4200 кДж.

22. Политропическим называется процесс, происходящий при постоянной(ом)

1. Температуре;
2. Давлении;
3. Объеме;
4. Теплоёмкости.

23. Адиабатным процессом называют процесс:

1. Изменения состояния газа в термоизолированной системе;
2. Изменения состояния газа в закрытом сосуде;
3. Изменения параметров газа при постоянном давлении;
4. Изменения параметров газа при постоянной температуре.

24. При постоянной температуре внешние силы над газом совершили работу 300Дж. Количество теплоты, переданное газу, равно:

1. 0 Дж;
2. 200Дж;
3. 300 Дж;
4. -300 Дж

25. Идеальный газ находится в закрытом сосуде. Температуру газа повысили в 2 раза. Как изменилась работа газа?

1. Увеличилась в два раза;
2. Уменьшилась в два раза;
3. Равна нулю;
4. Не изменилась.

26. Газу передано 200 Дж теплоты, внешние силы совершили над ним работу 400 Дж. Изменение внутренней энергии газа равно:

1. 200 Дж
2. 600 Дж
3. 400 Дж
4. 0 Дж

27. Какое из нижеприведенных выражений выполняется при адиабатном расширении идеального газа?

1.  $\partial q = -\partial l$
2.  $\partial q = 0$
3.  $\partial q = du$
4.  $du = 0$  .

28. Второй закон термодинамики формулируется:

1.  $C_p - C_v = R$

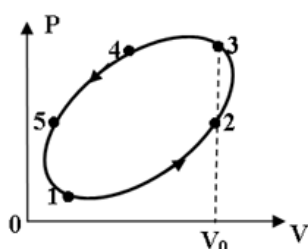
2. Теплота сама собой не переходит от более нагретого тела к менее нагретому;
3. Теплота сама собой переходит от более нагретого тела к менее нагретому, обратный самопроизвольный переход невозможен;
4. В природе все процессы обратимы.



29. Коэффициент полезного действия (эффективность) тепловой машины, работающей по циклу Карно равен:

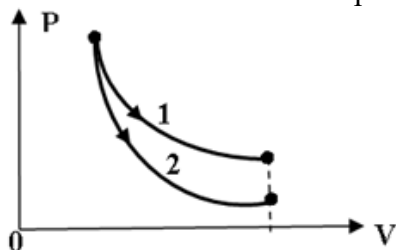
1.  $T_{\text{хол}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$ ;
2.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{хол}}$ ;
3.  $T_{\text{нагр}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$ ;
4.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{нагр}}$

30. На рисунке представлен процесс совершаемый идеальным газом. На каком участке отсутствует работа расширения?



1. 4-5
2. 5-1
3. 1-2
4. 2-3

31. На рисунке показано изотермическое и адиабатное расширение одного и того же количества идеального газа. Какое из нижеприведённых соотношений работ и изменений температур для указанных процессов справедливо?



1.  $l_1=l_2, dT_1>dT_2$
2.  $l_1<l_2, dT_1<dT_2$  ,
3.  $l_1>l_2, dT_1>dT_2$
4.  $l_1>l_2, dT_1<dT_2$

32. Приведите размерность чисел подобия

- А) Безразмерны
- Б)  $\text{Вт}/\text{м}^2$
- В)  $\text{Дж}/\text{с}$

1. Приведите размерность теплового потока

- А)  $\text{Вт}/\text{м}^2$

- Б) Вт
- В) Вт/м<sup>3</sup>

2. Назовите число Re для турбулентного потока в трубах

- А)  $Re < 2300$
- Б)  $2300 < Re < 1 \cdot 10^4$
- В)  $Re > 1 \cdot 10^4$

35. Приведите уравнение теплопередачи

- А)  $Q = -\lambda \text{grad}tF$
- Б)  $Q = \alpha(t_{\text{ст}} - t_{\text{ж}})F$
- В)  $Q = k\Delta tF$

36. Какая схема движения теплоносителя наиболее выгодна

- А) Прямоток
- Б) Противоток
- В) Сложный ток.

37. Можно ли определить параметры состояния влажного пара по его степени сухости и температуре?

- 1)-да,
- 2)-нет

38. При любых ли адиабатных процессах энтропия рабочего тела остается постоянной?

- 1)-да,
- 2)-нет

39. Возможны ли процессы теплообмена при одинаковых температурах исследуемых систем?

- 1)-да,
- 2)-нет

40. Возможен ли процесс конвективного теплообмена в твердых телах?

- 1)-да,
- 2)-нет

***Перечень тем и заданий для подготовки к тестированию по разделу теплопередача:***

1. В каких единицах измеряется количество теплоты?

- 1) °С;
- 2) кг/м;
- 3) Дж;
- 4) Н/м.

2. Полным тепловым потоком называется количество теплоты, проходящей через:

- 1) Единичную площадь поверхности в единицу времени;
- 2) Полную поверхность в единицу времени;
- 3) Произвольную поверхность за некоторый промежуток времени;
- 4) Единичную площадь поверхности за некоторый промежуток времени.

3. Теплопроводность – это:

- 1) Перенос теплоты в результате перемещения или перемешивания неравномерно нагретых жидкостей или газов;
- 2) Процесс преобразования внутренней энергии тела в энергию электромагнитных волн;
- 3) Поглощение энергии излучения другим телом;
- 4) Молекулярный способ переноса теплоты.

4. Что обозначает знак « - » в формуле закона Фурье?

- 1) Передача теплоты от меньшей температуры к большей;
- 2) Несовпадение направления теплового потока с направлением вектора температурного градиента;
- 3) Передача от одной изотермы к другой;
- 4) Направление теплового потока.

5. Теплопроводность каких материалов наибольшая?

- 1) Металлов;
- 2) Газов;
- 3) Твердых тел - диэлектриков;
- 4) Жидкостей.

6. От каких параметров зависит коэффициент теплопроводности?

- 1) От вида движения жидкости;
- 2) От температуры и физических свойств веществ;
- 3) От массы и площади поверхности тела;
- 4) От количества подведенной теплоты.

7. Указать, какому интервалу значений коэффициента  $\lambda$  соответствует теплопроводность сталей.

- 1) 20 – 50 Вт/(м гр)
- 2) 0,07 – 4 Вт/(м гр)
- 3) 0,007 – 0,07 Вт/(м гр).

8. Что характеризует коэффициент температуропроводности:

- 1) Передачу теплоты от одной жидкости к другой;
- 2) Отношение способности тела проводить теплоту к способности аккумулировать ее;
- 3) Передачу теплоты на границе раздела сред;
- 4) Способность передавать теплоту через стенку.

9. Как задаются граничные условия первого рода:

- 1) Задается температура на границе контакта двух тел;
- 2) Задается температура на поверхности тела как функция координат и времени;
- 3) Задается тепловой поток, как функция координат и времени;
- 4) Задается температура окружающей среды.

10. Коэффициент теплопередачи характеризует интенсивность передачи теплоты:

- 1) От одной жидкости к другой;
- 2) Внутри твердых стенок;
- 3) От одной жидкости к другой через разделительную стенку;
- 4) От жидкостей к твердым стенкам.

11. По какому закону распределяется температура в цилиндрической стенке:

- 1) По линейному;

- 2) По параболе;
- 3) По логарифмическому;
- 4) По гиперболе.

12. Число Фурье определяет:

- 1) Режим движения жидкости;
- 2) Термическую массивность тел;
- 3) Безразмерное время нагрева;
- 4) Физические параметры вещества.

13. Процесс теплоотдачи - это:

- 1) Перенос теплоты в движущейся среде молярными объемами;
- 2) Передача теплоты через стенку;
- 3) Передача теплоты в движущейся среде молярными объемами;
- 4) Передача теплоты на границе раздела сред а – твердое тело.

14. Свободная конвекция - это перенос теплоты при:

- 1) Движении жидкости от одного тела к другому;
- 2) Движении жидкости под действием нагнетателя;
- 3) Движении газов, вызванном ветром;
- 4) Движении жидкости под действием разности плотностей, вызванной разностью температур.

15. Числа подобия – это:

- 1) Комплекс величин, имеющих ту одинаковую размерность;
- 2) Комплекс теплофизических величин среды;
- 3) Величины, определяющие геометрическое подобие процессов;
- 4) Безразмерные комплексы, составленные из размерных разнородных величин.

16. Какое из уравнений (в общем виде) используется для расчета коэффициента теплоотдачи при свободной конвекции?

- 1)  $Nu = c (Gr Pr)^m$
- 2)  $Nu = c Re^n Pr^m$
- 3)  $Nu = c (Re Pr)^n (Gr Pr)^m$

17. Число подобия Прандтля определяет:

- 1) Режим движения жидкости;
- 2) Физические свойства среды;
- 3) Отношение подъемных сил к силам вязкости
- 4) Температурный коэффициент объемного расширения.

18. Какие уравнения используются на практике для расчетов процессов теплоотдачи:

- 1) Дифференциальные
- 2) Аналитические
- 3) Статистические
- 4) Уравнения подобия.

19. Конвекция - это процесс переноса теплоты за счет:

- 1) Соударения молекул газа;
- 2) Диффузии свободных электронов в чистых металлах;
- 3) Колебаний атомов в узлах кристаллической решетки тел;
- 4) Перемещения и перемешивания неравномерно нагретых объемов жидкости (газа).

20. Тепловое излучение – это процесс переноса теплоты за счет:
- 1) Колебаний атомов в кристаллической решетке излучающего тела;
  - 2) Соударения молекул газа;
  - 3) Перемещения объемов жидкости или газа;
  - 4) Преобразования внутренней энергии тел в энергию электромагнитного излучения.
21. Какой вид излучения обладает тепловыми свойствами:
- 1) Космическое;
  - 2) Инфракрасное;
  - 3) Видимое;
  - 4) Рентгеновское.
22. Какие газы обладают излучательной и поглощательной способностью?
- 1) He, Ar, Ne
  - 2) N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>
  - 3) H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>

## **6.2. Перечень вопросов для текущего контроля**

Раздел 1: тема 1.1.

1. Дайте определение идеального газа.
2. Что такое уравнение состояния? Написать уравнение состояния идеального газа.
3. Что такое термодинамический процесс? Объяснить понятия равновесный и неравновесный процессы.
4. Что такое массовая, объемная, мольная теплоемкость? Изобарная и изохорная теплоемкость?
5. Почему изобарная теплоемкость больше изохорной? Какая связь между ними?
6. Почему теплоемкость зависит от процесса? Дайте значения теплоемкостей для основных процессов изменения состояния.

7.

Раздел 1: тема 1.2.

1. Напишите аналитические выражения I закона термодинамики через энтальпию и внутреннюю энергию, объясните их. Объясните содержание закона.
2. Напишите аналитическое выражение II закона термодинамики. Содержание и основные формулировки II закона термодинамики.
3. Что такое обратимые и необратимые процессы? Изменение энтропии системы в необратимых процессах. Изменение энтропии в адиабатных процессах.
4. 24. Как может изменяться энтропия в изолированной системе при протекании в ней различных термодинамических процессов? Дайте примеры.

Раздел 1: тема 1.3.

1. Покажите, что термодинамический КПД идеального обратимого цикла

Карно  $\eta_t = 1 - \frac{T_2}{T_1}$  не зависит от свойств рабочего тела, при помощи которого совершается цикл.

2. Изобразите в P-v и T-s - диаграммах изотермический, адиабатный и политропный процессы сжатия рабочего тела в компрессоре и покажите техническую работу, затрачиваемую на эти процессы. Какой из них наиболее выгоден?

Раздел 1: тема 1.4.

1. Изобразите индикаторную диаграмму идеального одноступенчатого компрессора. В чем заключается принципиальное различие между ней и P-v - диаграммой процесса в том же компрессоре?
2. Что такое объемный КПД компрессора? Каково влияние вредного пространства на работу компрессора?
3. С какой целью применяется многоступенчатое сжатие? Покажите схему многоступенчатого компрессора, P-v и T-s -диаграмму с изображением процессов в многоступенчатом компрессоре (процесс сжатия – адиабатный).
4. Изобразите в T-s – диаграмме процесс политропного сжатия газа в многоступенчатом компрессоре при показателе политропы  $1 < n < \kappa$ . Покажите на графике теплоту, отводимую от газа в цилиндрах компрессора и в промежуточных холодильниках.
5. Как вычисляется необходимое число ступеней сжатия в многоступенчатом компрессоре при заданных начальном и конечном давлениях рабочего тела.
6. Что такое внутренний относительный КПД компрессора и в каких случаях он используется для оценки эффективности его работы?

Раздел 2: тема 2.1.

1. Способы переноса теплоты, их основные закономерности. Каков механизм процесса теплопроводности в газах, жидкостях и твердых веществах?
2. Понятие температурного поля.
3. Физическая сущность процесса переноса теплоты теплопроводностью.
4. Сформулируйте основной закон теплопроводности.
5. Понятие градиента температуры.
6. Что называется коэффициентом теплопроводности, его размерность, обозначение.
7. Как зависит коэффициент теплопроводности от температуры?
8. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
9. Условия однозначности для процессов теплопроводности.
10. Как задаются граничные условия?
11. Какой тепловой режим называется стационарным?
12. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного режима.
13. Закон Ньютона – Рихмана.
14. Написать формулу для определения теплового потока через плоскую однослойную стенку.
15. Написать формулу для определения теплового потока плоской многослойной стенки.
16. Как определяется тепловой поток при стационарном тепловом режиме и граничных условиях 3 рода для плоской стенки?
17. Решение д.у. для цилиндрической стенки и граничных условий 1 и 3 го

- родов.
18. Передача теплоты через многослойную цилиндрическую стенку.
  19. Что понимается под процессом теплопередачи?
  20. Уравнение теплопередачи.
  21. Чем отличается теплопередача от теплоотдачи?
  22. Чем отличается  $\alpha$  от  $K$ ?
  23. Коэффициент теплопередачи для плоской стенки.
  24. Коэффициент теплопередачи для цилиндрической стенки.
  25. Что представляет собой внутреннее тепловое сопротивление?
  26. Записать выражение полного термического сопротивления для плоской стенки.
  27. Методы интенсификации теплопередачи.
  28. При  $\alpha_1 \gg \alpha_2$  какой из коэффициентов теплоотдачи следует увеличить для увеличения коэффициента теплопередачи  $K$ ?
  29. Плоская стальная стенка с одной стороны омывается дымовыми газами, с другой – водой. С какой стороны следует выполнить оребрение стенки, чтобы увеличить теплопередачу?
  30. Привести пример теплообменных аппаратов, работающих при стационарном тепловом режиме.

#### Раздел 2: тема 2.2.

1. Понятие нестационарного теплового режима.
2. Записать дифференциальное уравнение теплопроводности для нестационарного режима.
3. Что называется коэффициентом температуропроводности, его размерность, обозначение, физический смысл.
4. Понятие безразмерной температуры.
5. Число Био, его физический смысл.
6. Формула и физический смысл числа Фурье.
7. Суть графоаналитического метода расчета процесса нагрева термически массивных тел (с помощью номограмм).
8. Какие тела называются термически массивными?
9. Характер распределения температуры внутри термически массивного тела.
10. Какие тела называются термически тонкими?
11. Показать распределение температуры внутри термически тонкого тела.
12. Принцип расчета нагревания или охлаждения тел конечных размеров.
13. Какие теплообменные аппараты работают при нестационарном тепловом режиме?

#### Раздел 2: тема 2.3.

1. В каких средах возможна конвекция?
2. Какие виды конвективного теплообмена вам известны?
3. Какие теплофизические свойства жидкостей вам известны?
4. Что понимается под вязкостью жидкости, какие виды вязкости вам известны?
5. Факторы, влияющие на конвективный теплообмен.
6. Режимы движения жидкости.
7. Как происходит перенос теплоты в ламинарном и турбулентном потоках?
8. Сформулируйте основной закон конвективного теплообмена (теплоотдачи конвекцией).

9. Коэффициент теплоотдачи, его физический смысл, обозначение и размерность. От каких факторов он зависит?
10. Перечислить дифференциальные уравнения конвективного теплообмена.
11. Чем обусловлена вынужденная конвекция?
12. Числа подобия процессов конвективного теплообмена, их физический смысл.
13. Определяющие и определяемые числа подобия.
14. Число Рейнольдса, его физический смысл.
15. Что характеризует число Нуссельта, его физический смысл.
16. Понятие динамического пограничного слоя.
17. Понятие теплового пограничного слоя.
18. От чего зависит соотношение толщин динамического и теплового пограничных слоев?
19. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при вынужденной конвекции

#### Раздел 2: тема 2.4.

1. Какое число подобия характеризует вынужденную конвекцию?
2. Структура пограничного слоя при вынужденном продольном обтекании плоской поверхности.
3. Показать характер изменения теплоотдачи по длине продольно обтекаемой поверхности.
4. В каких случаях в уравнение подобия вводится поправка  $(Pr_{ж}/ Pr_c)^{0,25}$  и что она учитывает?
5. Особенности теплоотдачи капельных жидкостей по сравнению с теплоотдачей газов.
6. Критическое значение числа Рейнольдса при течении жидкостей в трубах.
7. Физическая природа процесса теплоотдачи при свободной конвекции.
8. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи при свободной конвекции.
9. Какое число подобия характеризует свободную конвекцию?
10. Как определяется режим движения при свободной конвекции?
11. Число Грасгофа, его физический смысл.
12. Общий вид уравнения подобия, используемого для расчета теплоотдачи при свободной конвекции.
13. Влияние на интенсивность теплообмена расположения поверхности в пространстве.
14. Принцип расчета переноса теплоты через узкие щели с учетом свободной конвекции.

#### Раздел 2: тема 2.5.

1. Физическая сущность процесса теплового излучения.
2. Дайте определение поглотительной способности и степени черноты.
3. Понятие собственного излучения.
4. Понятие отражательной способности тела.
5. Связь между поглотительной, отражательной и пропускательной способностью тела.
6. Чему равен коэффициент излучения абсолютно черного тела? Что он выражает?
7. Какие поверхности являются абсолютно белыми? Какие - зеркальными?



8. Какие тела можно считать серыми?
9. Что такое коэффициент излучения?
10. Закон Планка.
11. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана (основной закон теплового излучения).
12. Сформулируйте закон смещения Вина.
13. Теплообмен излучением в системе тел с экранами.
14. Для чего нужны экраны и какими свойствами они должны обладать?
15. Теплообмен излучением в системе произвольно расположенных тел.
16. Угловые коэффициенты излучения.
17. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающей среде.
18. Уравнение переноса лучистой энергии в поглощающе - излучающей среде.
19. Оптическая толщина среды.
20. Поглощательная способность газа.
21. Коэффициент ослабления среды.
22. Особенности излучения газов и паров.
23. Какие газы способны излучать и поглощать лучистую энергию?
24. Какие газы можно считать прозрачными для тепловых лучей?
25. Степень черноты газа, ее определение.
26. Использование номограмм для определения степени черноты газов.
27. От чего зависит степень черноты газа.
28. Лучистый теплообмен между газовой средой и поверхностью твердого тела.

## 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу</b>		
Знать	Основные определения и понятия технической термодинамики и теплопередачи для анализа и синтеза вопросов профессиональной деятельности	<p>1. Термодинамическая система:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а. Это совокупность микрочастиц, обменивающихся энергией;</li> <li>б. Это совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией между собой и окружающей средой;</li> <li>в. Термодинамическая система- это окружающая среда;</li> <li>г. Это совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией.</li> </ul> <p>2. Как называется термодинамическая система, которая не обменивается теплотой с окружающей средой?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а. Адиабатной;</li> <li>б. Изотермической;</li> <li>в. Изолированной;</li> <li>г. Гомогенной.</li> </ul> <p>3. Параметры состояния термодинамической системы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>а. Масса, объем, вес;</li> <li>б. Масса, теплоемкость, удельный объем;</li> <li>в. Давление, удельный объем, температура;</li> <li>г. Давление, вязкость, температура.</li> </ul>
Уметь	Анализировать технологические процессы профессиональной деятельности на основе термодинамической и тепловой точек	<p><b>Экспериментальное исследование процессов термодинамики и теплопередачи на лабораторных стендах кафедры:</b></p> <p>1. Передача теплоты через стенку при стационарном тепловом режиме.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	зрения	2. Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора. 3. Нагрев массивных тел при граничных условиях III рода. 4. Нагрев тел конечных размеров. 5. Определение коэффициента аккумуляции кирпича регенеративной насадки. 6. Определение критического диаметра цилиндрической стенки. 7. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном продольном обтекании пластины потоком воздуха. 8. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха. 9. Теплоотдача вертикальной трубы при свободном движении воздуха. 10. Кризис теплоотдачи при кипении воды в свободном объеме. 11. Определение угловых коэффициентов излучения методом светового моделирования. 12. Измерение температуры тела радиационным пирометром.
Владеть	Навыками к абстрактному мышлению, анализу и синтезу технологических процессов профессиональной деятельности на основе термодинамических и тепловых процессов	Для оценки текущей позиции компетенции применяются лабораторные стенды по дисциплине «Термодинамика и теплопередача». Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата. Пример: <b>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</b> 1. Найти средние значения температуры для каждой из точек стенки: 1, 2, ... 9. 2. Построить график в координатах $t - x$ , где $x$ - координата; она определяется расстоянием от начала оси абсцисс до точки, соответствующей месту установки термопары. Провести прямые линии через точки 1,2,3 в однослойной стенке; через точки 4,5,6, а также через точки 7,8,9 - в двухслойной стенке (образец построения графика представлен на рис. 1). Для определения температуры внутренней поверхности обеих стенок $t_{вн1}$ и $t_{вн2}$ нужно продолжить линии А и В до пересечения с ординатой $x = 0$ ; для определения температуры наружной поверхности однослойной стенки $t_{н1}$

Структурный элемент компетенции

Планируемые результаты обучения

Оценочные средства

необходимо продолжить линию А до границы  $x = 65$  мм, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки  $t_{н2}$  - линию С необходимо продолжить до границы  $x = 130$  мм.

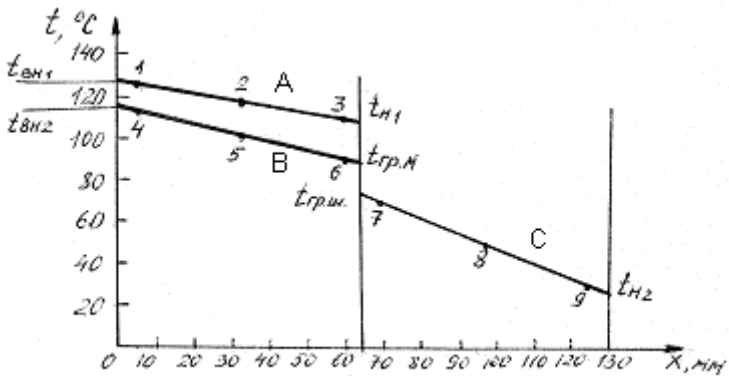


Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок

Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей ( $t_{гр.ш} = t_{гр.м}$ ) и соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.

3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.

Для однослойной стенки  $\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})$

Для двухслойной стенки  $\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{гр})$

$\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{гр} + t_{н2})$

где  $t_{гр} = 0,5(t_{гр.ш} + t_{гр.м})$  ,

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p><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> $\lambda_m = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_m \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К ;}$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_ш \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К.}$ <p>5. Определить плотность теплового потока, передаваемого через стенку теплопроводностью:  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> $q_{изл} = \varepsilon_c C_0 \left[ \left( \frac{T_H}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{Ж}}{100} \right)^4 \right] ,$ <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_H</math> и <math>T_{Ж}</math> – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>двухслойной стенки и окружающей среды, К.  Для однослойной стенки <math>T_n = T_{n1}</math> ; для двухслойной <math>T_n = T_{n2}</math> ;  7. Определить число подобия Грасгофа</p> $Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <p>где <math>g</math> - ускорение силы тяжести, <math>g = 9,81 \text{ м/с}^2</math> ;  <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, м<sup>2</sup>/с; определяется по температуре пограничного слоя  <math>t_{пс} = 0,5(t_n + t_{ж})</math> ;  <math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, град-1;  для газов <math>\beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}}</math> ;  <math>\Delta t = t_n - t_{ж}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.  8. Число подобия Прандтля <math>Pr</math> определить при температуре пограничного слоя <math>t_{пс}</math> .  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];  <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</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства														
		<p>теплопроводности <math>\lambda</math> для воздуха при различных температурах приведены в табл. 2 Приложения.</p> <p>10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией <math>\alpha_k</math> из числа Нуссельта</p> $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda} ;$ $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l} .$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией <math>q_k</math> для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жс})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>14. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1055 927 1977 1217"> <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 <math>q_{\Sigma}</math></th> <th>передаваемого внутри стенки теплопроводностью <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 $q_{\Sigma}$	передаваемого внутри стенки теплопроводностью $q_t$	Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>			Погрешность по отношению к $q_t$ , %												
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением $q_{\Sigma}$	передаваемого внутри стенки теплопроводностью $q_t$														
Однослойная																
Двухслойная																
<b>ПК-11 способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующей специализации</b>																
Знать	Основные определения и понятия технической термодинамики и теплопередачи для систематического	<p style="text-align: center;"><b>Перечень тем и заданий для подготовки к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие газы называются идеальными, их уравнение состояния.</li> <li>2. Сущность и формулировки первого закона термодинамики.</li> </ol>														

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	решения специализированных вопросов и задач	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.</li> <li>4. Показать на <math>P - V</math> диаграмме полезную работу и работу расширения (сжатия) для произвольного термодинамического процесса.</li> <li>5. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния, их связь с теплоемкостью.</li> <li>6. Что называется полной теплоемкостью.</li> <li>7. Удельная теплоемкость – массовая, объемная и мольная, их обозначение и размерность.</li> <li>8. Какая теплоемкость больше – изобарная или изохорная и почему.</li> <li>9. Основные термодинамические процессы, их изображение на <math>P - V</math> и <math>T - S</math> диаграммах.</li> <li>10. Соотношение параметров для основных термодинамических процессов.</li> <li>11. Обратимые и необратимые процессы, основные причины необратимости.</li> <li>12. Изобразить на <math>T - S</math> диаграмме обратимый и необратимый адиабатный процесс расширения и сжатия.</li> <li>13. Сущность и формулировки второго закона термодинамики.</li> <li>14. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов.</li> <li>15. Энтропия как функция состояния, физический смысл энтропии.</li> <li>16. Что называется термодинамическим циклом.</li> <li>17. Прямые и обратные термодинамические циклы.</li> <li>18. Как оценить эффективность прямого и обратного цикла.</li> <li>19. Принципиальная схема теплового двигателя и холодильной установки.</li> <li>20. Прямой цикл Карно, его термический КПД, изображение на диаграммах состояния.</li> <li>21. Способы передачи теплоты – теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.</li> <li>22. Дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного и нестационарного режимов.</li> </ol>



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>23. Закон Фурье для плоской однослойной и многослойной стенки.</p> <p>24. Коэффициент теплопроводности, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>25. Конвективный теплообмен – закон Ньютона – Рихмана.</p> <p>26. Коэффициент теплообмена, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>27. Определение коэффициента теплообмена с помощью теории подобия.</p> <p>28. Формулы и физический смысл критериев Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа и Прандтля.</p> <p>29. Критериальные уравнения для свободной и вынужденной конвекции в общем виде.</p> <p>30. Основной закон теплового излучения – закон Стефана – Больцмана.</p> <p>31. Что называется теплопередачей, основное уравнение теплопередачи.</p> <p>32. Коэффициент теплопередачи, его определение, физический смысл и размерность.</p>
Уметь	распознавать эффективное решение от неэффективного в результате изучения основной отечественной и зарубежной литературы по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» для систематического решения специализированных вопросов и задач	<p><b>Экспериментальное исследование процессов термодинамики и теплопередачи на лабораторных стендах кафедры:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Передача теплоты через стенку при стационарном тепловом режиме.</li> <li>2. Определение коэффициента теплопередачи в элементе рекуператора.</li> <li>3. Нагрев массивных тел при граничных условиях III рода.</li> <li>4. Нагрев тел конечных размеров.</li> <li>5. Определение коэффициента аккумуляции кирпича регенеративной насадки.</li> <li>6. Определение критического диаметра цилиндрической стенки.</li> <li>7. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном продольном обтекании пластины потоком воздуха.</li> <li>8. Теплоотдача горизонтальной трубы при свободном движении воздуха.</li> <li>9. Теплоотдача вертикальной трубы при свободном движении воздуха.</li> <li>10. Кризис теплоотдачи при кипении воды в свободном объеме.</li> <li>11. Определение угловых коэффициентов излучения методом светового</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>моделирования.</p> <p>12. Измерение температуры тела радиационным пирометром.</p>
Владеть	<p>Навыками к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта и основными методами решения специализированных задач</p>	<p>Для оценки текущей позиции компетенции применяются лабораторные стенды по дисциплине «Термодинамика и теплопередача». 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</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>

Структурный элемент компетенции

Планируемые результаты обучения

Оценочные средства

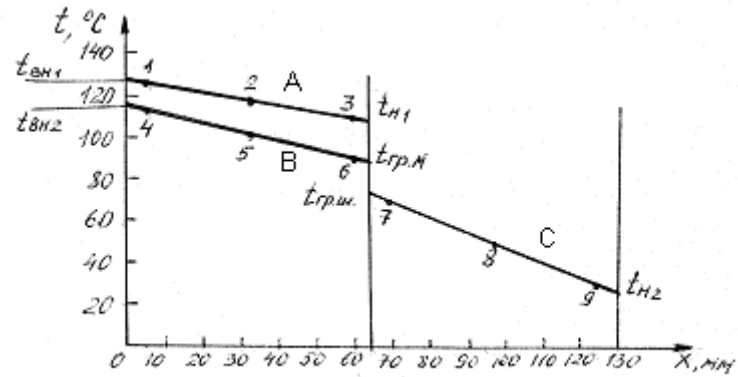


Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок

Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей ( $t_{гр.ш} = t_{гр.м}$ ) и соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.

3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.

Для однослойной стенки  $\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})$

Для двухслойной стенки  $\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{гр.ш})$

$\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{гр.ш} + t_{н2})$

$t_{гр.ш} = 0,5(t_{гр.ш} + t_{гр.м})$  ,

где  $t_{гр.ш}$ - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;

$t_{гр.м}$  - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Определить значения коэффициентов теплопроводности магнезитового кирпича по <math>\bar{t}_{m1}</math> и <math>\bar{t}_{m2}</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> $q_{изл} = \varepsilon_c C_0 \left[ \left( \frac{T_n}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_{ж}}{100} \right)^4 \right] ,$ <p>где <math>C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4</math> – коэффициент излучения абсолютно черного тела;</p> <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_{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
		$Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t$ <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, м<sup>2</sup>/с; определяется по температуре пограничного слоя  <math>\nu_{\text{пс}} = 0,5(t_{\text{н}} + t_{\text{ж}})</math> ;  <math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, град-1;  <math display="block">\beta = \frac{1}{T_{\text{жс}}} = \frac{1}{273 + t_{\text{жс}}}</math> ;  для газов  <math>\Delta t = t_{\text{н}} - t_{\text{ж}}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.  8. Число подобия Прандтля Pr 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 (Gr·Pr); 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 Nu (или <math>\alpha</math> ) увеличивается на 30 %.  Значения числа Прандтля Pr, 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</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																
		<p>числа Нуссельта</p> $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l}$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией <math>q_k</math> для одно- и двухслойной стенки по закону Ньютона - Рихмана</p> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жс})$ <p>12. Вычислить суммарные потери теплоты с наружной поверхности одно- и двухслойной стенок</p> $q_{\Sigma} = q_{изл} + q_k$ <p>15. Сравнить полученные результаты, представив их в таблице.</p> <p style="text-align: center;">Сравнение результатов опыта</p> <table border="1" data-bbox="1055 810 1977 1098"> <thead> <tr> <th data-bbox="1055 810 1245 978">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1245 810 1783 978">Плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup></th> <th data-bbox="1783 810 1977 978">Погрешность по отношению к <math>q_t</math>, %</th> </tr> <tr> <td data-bbox="1055 842 1245 978"></td> <th data-bbox="1245 842 1498 978">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением <math>q_{\Sigma}</math></th> <th data-bbox="1498 842 1783 978">передаваемого внутри стенки теплопроводностью <math>q_t</math></th> <td data-bbox="1783 842 1977 978"></td> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1055 978 1245 1054">Однослойная</td> <td data-bbox="1245 978 1498 1054"></td> <td data-bbox="1498 978 1783 1054"></td> <td data-bbox="1783 978 1977 1054"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1055 1054 1245 1098">Двухслойная</td> <td data-bbox="1245 1054 1498 1098"></td> <td data-bbox="1498 1054 1783 1098"></td> <td data-bbox="1783 1054 1977 1098"></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 $q_{\Sigma}$	передаваемого внутри стенки теплопроводностью $q_t$		Однослойная				Двухслойная			
Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>		Погрешность по отношению к $q_t$ , %															
	отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением $q_{\Sigma}$	передаваемого внутри стенки теплопроводностью $q_t$																
Однослойная																		
Двухслойная																		

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» 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, выполнил и защитил все лабораторные работы, прошел тестирование.

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

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

### а) основная литература:

1. Теплотехника [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.В. Дырдин, А.А. Мальшин, В.Г. Смирнов, Т.Л. Ким. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 174 с. Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/115115>
2. Яновский, А. А. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие / Яновский А.А. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2017. - 104 с.  
Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/975962>

### б) дополнительная литература

1. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс] / В.И. Ляшков. М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015, 328 с.  
Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/496993>
2. Кудинов, А.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Кудинов. М.: ИНФРА-М, 2015. 375 с.  
Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/512522>
3. Тинькова, С.М. Теплофизика и металлургическая теплотехника [Электронный ресурс]: учеб. пособие / С.М. Тинькова. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. - 168 с.  
Режим доступа: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1032123> Дерюгин, В. В.
4. Тепломассообмен : учебное пособие / В. В. Дерюгин, В. Ф. Васильев, В. М. Уляшева. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 240 с. — ISBN 978-5-8114-5703-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/145855> — Режим доступа: для авториз. пользователей. \_

### 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.
2. Пинтя, Т. Н. Экспериментальное исследование процессов термодинамики. Лабораторный практикум : учебное пособие / Т. Н. Пинтя ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1242.pdf&show=dcatalogues/1/1123323/1242.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.
3. Пинтя, Т. Н. Техническая термодинамика: конспект лекций : учебное пособие / Т. Н. Пинтя. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1015.pdf&show=dcatalogues/1/1119268/1015.pdf&view=true> - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

### в) 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	бессрочно



	распространяемое	
FAR Manager	Свободно распространяемое	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/> (дата обращения: 18.09.2020). – 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) (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
3. Академия Google (Google Scholar) : поисковая система : сайт. – URL: <https://scholar.google.ru/> (дата обращения: 18.09.2020). – 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/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
5. East View Information Services : Электронная база периодических изданий / ООО «ИВИС. – URL: <https://dlib.eastview.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: по подписке. – Текст: электронный.
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги : сайт / Российская государственная библиотека. – Москва : РГБ, 2003 – . URL: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
7. Электронная библиотека МГТУ им. Г. И. Носова. – URL: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход с внешней сети по логину и паролю). – Текст: электронный.
8. Университетская информационная система РОССИЯ : научная электронная библиотека : сайт / НИВЦ ; Экономический факультет МГУ. – Москва : НИВЦ, 1997 – . – URL: <https://uisrussia.msu.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. Web of science : Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://webofscience.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
10. Scopus : Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий : сайт. – URL: <http://scopus.com> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
11. Springer Journals : Международная база полнотекстовых журналов : сайт. – URL: <http://link.springer.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
12. Springer Protocols : Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний : сайт. – URL: <http://www.springerprotocols.com/> (дата обращения: 18.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей (вход по IP-адресам вуза). – Текст: электронный.
13. SpringerMaterials : Международная база научных материалов в области физических наук и инжиниринга : сайт. – URL: <http://materials.springer.com/> (дата обращения:

- 18.09.2020). – 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> (дата обращения: 18.09.2020). – 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/> (дата обращения: 18.09.2020). – 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> (дата обращения: 18.09.2020). – 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/> (дата обращения: 18.09.2020). – 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> (дата обращения: 09.01.2018). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей. – Текст: электронный.
  19. РУКОНТ : национальный цифровой ресурс : межотраслевая электронная библиотека : сайт / консорциум «КОТЕКСТУМ». – Сколково, 2010 – . – URL: <https://rucont.ru> (дата обращения: 18.09.2020). – 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	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ	Комплекс лабораторных установок по технической термодинамике, комплекс лабораторных установок по изучению процессов теплопередачи; -потенциометр; -ЛАТР; -электропечи; -ротационные насосы.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
	университета