

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

26 ноября 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ТЕПЛОТЕХНИКА*

Специальность  
**21.05.04** Горное дело

Специализация  
**Подземная разработка рудных месторождений**

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Теплотехнических и энергетических систем  
4

Магнитогорск  
2015 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом МОиН РФ от 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем  
24.11.2015 г., протокол № 7.

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

26.11.2015 г., протокол № 5.

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ С.Е. Гавришев

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  
26 ноября 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

*ТЕПЛОТЕХНИКА*

Специальность  
**21.05.04** Горное дело

Специализация  
**Подземная разработка рудных месторождений**

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения  
заочная

Институт  
Кафедра  
Курс

Энергетики и автоматизированных систем  
Теплотехнических и энергетических систем  
4

Магнитогорск  
2015 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 21.05.04 Горное дело, утвержденного приказом МОиН РФ от 17.10.2016 г. № 1298.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теплотехнических и энергетических систем  
24.11.2015 г., протокол № 7.

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

26.11.2015 г., протокол № 5.

Председатель \_\_\_\_\_ С.И. Лукьянов

Согласовано:  
Зав. кафедрой

\_\_\_\_\_ С.Е. Гавришев

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 «Теплотехника» является:

изучение основных понятий и законов термодинамики и теплопередачи, термодинамических процессов и циклов теплоэнергетических установок, способов передачи теплоты и основ теплового расчета для исследований объектов профессиональной области.

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

Дисциплина Б1.Б.17. «Теплотехника» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения: Б1.Б.08 Физика, Б1.Б.16 Гидромеханика.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения: Б1.Б.28 Горные машины и оборудование, Б1.В.02 Вентиляция шахт.

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

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

Структурный элемент компетенции	Уровень освоения компетенций
<b>ОК-1 способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу</b>	
Знать	основные положения и понятия теплотехники для анализа объектов профессиональной деятельности с точки зрения энергетики
Уметь	применять основные положения и понятия теплотехники для анализа объектов профессиональной деятельности и синтезировать полученные результаты
Владеть	основными положениями и понятиями теплотехники для абстрактного мышления, анализа и синтеза объектов профессиональной деятельности
<b>ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов</b>	
Знать	основные этапы исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов с теплотехнической точки зрения
Уметь	проводить исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов с теплотехнической точки зрения
Владеть	основными этапами исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов с теплотехнической точки зрения, навыками обработки данных исследований и их конечной оценке.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 17 акад. часов:
  - аудиторная – 16 акад. часа;
  - внеаудиторная – 1 акад. часа;
- самостоятельная работа – 87,1 акад. часа;
- подготовка к зачету – 3,9 акад. часа.

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Вид самостоятельной работы	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия			
<b>1. Раздел. Термодинамика</b>							
1.1. Понятие термодинамики. Параметры состояния. Законы идеального газа. Понятие о теплоемкости	4	0,5	4		Проработка лекционного материала, обработка результатов лабораторных исследований	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
1.2. Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия и внутренняя энергия. Понятие об обратимых и необратимых термодинамических процессах	4	0,5			Проработка лекционного материала	Конспект лекций, отчет по лабораторному практикуму	ОК-1 зув; ПК-14 зув



1.3. Понятие энтропии. Циклы. Понятие термического КПД. Основные термодинамические процессы. Политропные процессы.	4	0,5			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
1.4. Процессы сжатия в компрессоре.	4	0,5	2		Проработка лекционного материала, обработка результатов лабораторных исследований	Конспект лекций, отчет по лабораторному практикуму	ОК-1 зув; ПК-14 зув
1.5. Циклы двигателей внутреннего сгорания (Отто, Дизеля, Тринклера), оценка эффективности их работы	4	0,5			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
1.6. Обратные тепловые циклы-циклы холодильных установок. Процессы замораживания грунтов	4	0,5			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
<b>Итого по разделу</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>6</b>				<b>ОК-1; ПК-14</b>
<b>2 Раздел. Теплопередача</b>	<b>4</b>						
2.1. Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Стационарная теплопроводность для плоской и цилиндрической стенок	4	0,5			Проработка лекционного материала, обработка результатов лабораторных исследований	Конспект лекций, отчет по лабораторному практикуму	ОК-1 зув; ПК-14 зув
2.2. Нестационарная теплопроводность. Понятие термической массивности. Методы расчета.	4	0,5	2		Проработка лекционного	Конспект лекций, отчет по лабораторному практикуму	ОК-1 зув;

					материала, обработка результатов лабораторных исследований		ПК-14 зув
2.3. Понятие конвекции. Вывод уравнений подобия. Вынужденная конвекция при обтекании пластины.	4	0,5	2		Проработка лекционного материала, обработка результатов лабораторных исследований	Конспект лекций, отчет по лабораторному практикуму	ОК-1 зув; ПК-14 зув
2.4. Вынужденная конвекция при движении жидкостей в трубах. Понятие свободной конвекции.	4	0,5			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
2.5. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.	4	1			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ОК-1 зув; ПК-14 зув
<b>Итого по разделу</b>	4	3	4				ОК-1 зув; ПК-14 зув
<b>Итого по дисциплине</b>	4	6	10			Промежуточный контроль-зачет	ОК-1 зув; ПК-14 зув

## 5 Образовательные технологии

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Теплотехника» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно - компетентностные технологии. Лекционный материал закрепляется на практических занятиях, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путем сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе обработки результатов лабораторных стендов. При организации самостоятельной работы студентов используются рукописные версии курса лекций, лабораторного практикума.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

### *Перечень тем и заданий для подготовки к тестированию:*

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.  $\partial q = dh - \nu dp$  ;
4.  $PV = mR_{\text{га}}T$

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.  $\partial q = du + \nu dp$  ;
2.  $\partial q = dh + \nu dp$  ;
3.  $\partial q = du - \nu dp$  ;
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.  $l = \int_1^2 d(PV)$
4.  $l = \int_1^2 dPV$

15. Уравнение политропного процесса:

1.  $P_1 V_1 = P_2 V_2$
2.  $P_1 V_1^k = P_2 V_2^k$

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

$$4. C_p - C_v = R$$

16. Понятие энтальпии:

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

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

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

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

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. Объёме;

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 300 Дж. Количество теплоты, переданное газу, равно:

1. 0 Дж;
2. 200 Дж;
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.  $du = 0$ .

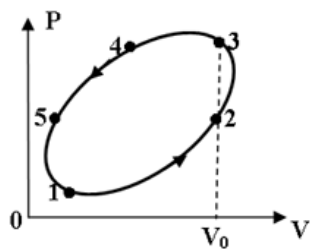
28. Второй закон термодинамики формулируется:

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:

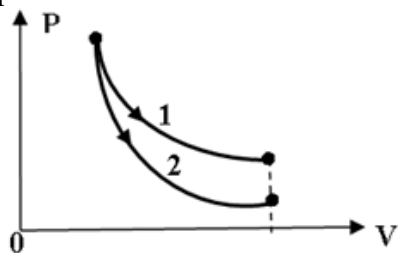
1.  $T_{\text{хол}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$ ;
2.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{хол}}$ ;
3.  $T_{\text{нагр}}/(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})$ ;
4.  $(T_{\text{нагр}}-T_{\text{хол}})/T_{\text{нагр}}$

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)  $\text{Вт}$
- В)  $\text{Вт}/\text{м}^3$

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)  $Q = -\lambda \cdot \text{grad}tF$
- 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.



## 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 положения и понятия теплотехники для анализа объектов профессиональной деятельности с точки зрения энергетики	<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> <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. Прямой цикл Карно, его термический КПД, изображение на диаграммах</li> </ol>

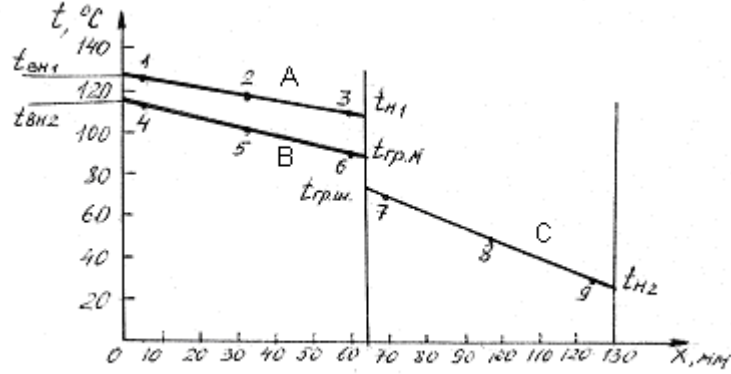
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>состояния.</p> <p>20. Способы передачи теплоты – теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.</p> <p>21. Дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного и нестационарного режимов.</p> <p>22. Закон Фурье для плоской однослойной и многослойной стенки.</p> <p>23. Коэффициент теплопроводности, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>24. Конвективный теплообмен – закон Ньютона – Рихмана.</p> <p>25. Коэффициент теплообмена, его определение, физический смысл и размерность.</p> <p>26. Определение коэффициента теплообмена с помощью теории подобия.</p> <p>27. Формулы и физический смысл критериев Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа и Прандтля.</p> <p>28. Критериальные уравнения для свободной и вынужденной конвекции в общем виде.</p> <p>29. Основной закон теплового излучения – закон Стефана – Больцмана.</p> <p>30. Что называется теплопередачей, основное уравнение теплопередачи.</p> <p>31. Коэффициент теплопередачи, его определение, физический смысл и размерность.</p>
Уметь	применять основные положения и понятия теплотехники для анализа объектов профессиональной деятельности и синтезировать полученные результаты	<p><b>Пример темы №1</b></p> <p>Нестационарная теплопроводность</p> <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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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 (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.</p>
Владеть	основными положениями и понятиями теплотехники для абстрактного мышления, анализа и синтеза объектов профессиональной деятельности	<p>Рефераты на тему:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Теплотехнические системы вентиляции шахт и их сравнительная оценка;</li> <li>2. Охлаждение циркулирующего воздуха с применением холодильных установок;</li> <li>3. Анализ типов холодильных циклов для охлаждения грунтов и их сравнительная оценка;</li> <li>4. Замораживание грунтов, распределение температуры в слое;</li> <li>5. Компримирование газов в горном деле.</li> </ol>
<b>ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов</b>		
Знать	основные понятия теплотехники для исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<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> <li>3. Аналитическое выражение первого закона термодинамики.</li> <li>4. Показать на P – V 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 P – V и T – S</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>диаграммах.</p> <ol style="list-style-type: none"> <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. Прямой цикл Карно, его термический КПД, изображение на диаграммах состояния.</li> <li>20. Способы передачи теплоты – теплопроводность, конвекция, тепловое излучение.</li> <li>21. Дифференциальное уравнение теплопроводности для стационарного и нестационарного режимов.</li> <li>22. Закон Фурье для плоской однослойной и многослойной стенки.</li> <li>23. Коэффициент теплопроводности, его определение, физический смысл и размерность.</li> <li>24. Конвективный теплообмен – закон Ньютона – Рихмана.</li> <li>25. Коэффициент теплообмена, его определение, физический смысл и размерность.</li> <li>26. Определение коэффициента теплообмена с помощью теории подобия.</li> <li>27. Формулы и физический смысл критериев Нуссельта, Рейнольдса, Грасгофа и Прандтля.</li> <li>28. Критериальные уравнения для свободной и вынужденной конвекции в общем виде.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>29. Основной закон теплового излучения – закон Стефана – Больцмана.</p> <p>30. Что называется теплопередачей, основное уравнение теплопередачи.</p> <p>31. Коэффициент теплопередачи, его определение, физический смысл и размерность.</p>
Уметь	применять основные понятия теплотехники для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 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</math> Вт/м К, воздуха <math>\lambda_{возд} = 2,45 \cdot 10^{-2}</math> Вт/м К.</li> <li>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</math> мм. Температура газов <math>t_1 = 1000</math> °С, температура смеси <math>t_2 = 200</math> °С. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке <math>\alpha_1 = 40</math> Вт/м<sup>2</sup>·К, от стенки к пароводяной смеси <math>\alpha_2 = 4000</math> Вт/м<sup>2</sup>·К, коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 40</math> Вт/м·К. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон <math>t_{c1}</math> и <math>t_{c2}</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_{ст} = 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.</li> <li>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</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>трубопровод изолирован слоем пеношамота <math>\delta = 50</math> мм. <math>\lambda_{\text{пеношамота}} = 0,3</math> Вт/м К, <math>\lambda_{\text{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/мК, стекловата <math>\lambda = 0,047</math> Вт/мК. 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	<p>основными теплотехническими расчетами для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов, навыками обработки данных исследований и их конечной оценке.</p>	<p>Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Пример:</p> <p><i>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</i></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_{\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</math> мм, а для определения температуры наружной поверхности двухслойной стенки <math>t_{\text{н2}}</math> - линию С необходимо продолжить до границы <math>x = 130</math> мм.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="1198 694 1859 758">Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p data-bbox="952 805 2094 949">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="952 957 1960 1021">3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p data-bbox="952 1029 1657 1077">Для однослойной стенки <math>\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})</math></p> <p data-bbox="952 1085 1657 1133">Для двухслойной стенки <math>\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{гр.ш})</math></p> <p data-bbox="1400 1141 1646 1189"><math>\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{гр.ш} + t_{н2})</math></p> <p data-bbox="1400 1197 1668 1244"><math>t_{гр.м} = 0,5(t_{гр.ш} + t_{гр.м})</math>,</p> <p data-bbox="952 1212 1008 1244">где</p> <p data-bbox="952 1252 2049 1316"><math>t_{гр.ш}</math> - температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;</p> <p data-bbox="952 1324 2049 1356"><math>t_{гр.м}</math> - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>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> $\lambda_{м} = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{м} \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К ;}$ $\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_{ш} \text{ . Вт/м}^{\circ}\text{К.}$ <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;</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, <math>\text{м}^2/\text{с}</math>; определяется по температуре пограничного слоя  <math>\nu_{\text{пс}} = 0,5(\nu_{\text{тн}} + \nu_{\text{тж}})</math>;  <math>\beta</math> - температурный коэффициент объемного расширения, град-1;  для газов <math>\beta = \frac{1}{T_{\text{эс}}} = \frac{1}{273 + t_{\text{эс}}}</math> ;  <math>\Delta t = t_{\text{н}} - t_{\text{ж}}</math> – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей среды, град.  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> $q_k = \alpha_k (t_n - t_{жс})$ <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="1025 775 2040 1038"> <thead> <tr> <th data-bbox="1025 775 1218 946" rowspan="2">Стенка</th> <th colspan="2" data-bbox="1218 775 1845 810">Плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup></th> <th data-bbox="1845 775 2040 946" rowspan="2">Погрешность по отношению к <math>q_t</math>, %</th> </tr> <tr> <th data-bbox="1218 810 1469 946">отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением <math>q_{\Sigma}</math></th> <th data-bbox="1469 810 1845 946">передаваемого внутри стенкитеплопроводностью <math>q_t</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="1025 946 1218 994">Однослойная</td> <td data-bbox="1218 946 1469 994"></td> <td data-bbox="1469 946 1845 994"></td> <td data-bbox="1845 946 2040 994"></td> </tr> <tr> <td data-bbox="1025 994 1218 1038">Двухслойная</td> <td data-bbox="1218 994 1469 1038"></td> <td data-bbox="1469 994 1845 1038"></td> <td data-bbox="1845 994 2040 1038"></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 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 $q_{\Sigma}$	передаваемого внутри стенкитеплопроводностью $q_t$														
Однослойная																
Двухслойная																

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «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 (модуля)

### а) основная литература:

1. Семенов, Ю. П. Теплотехника : учебник / Ю.П. Семенов, А.Б. Левин. — 2-е изд. — М. : ИНФРА-М, 2019. — 400 с.

Режим доступа: URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1014755>

2. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники: Учеб. пособие для вузов / В.И. Ляшков, 2-е изд., испр. и доп. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2019 с.

Режим доступа URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/1002345>

### б) дополнительная литература

1. Яновский, А. А. Теоретические основы теплотехники: Учебное пособие / Яновский А.А. - Москва :СтГАУ - "Агрус", 2017. - 104 с.

Режим доступа URL: <https://new.znaniium.com/catalog/product/975962>

2. Кудинов, А.А. Теплообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: ИНФРА-М, 2015. 375 с.

<http://znaniium.com/catalog.php?bookinfo=463148> Заглавие с экрана

3. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства газов [Текст] / С.Л. Ривкин. М.: Энергоатомиздат, 1987.

### в) методические указания:

1. Матвеева, Г.Н. Передача теплоты через стенку при стационарном тепловом режиме (лаб. работа №1) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2015. - 12 с.

2. Матвеева, Г.Н. Нагрев массивных тел при граничных условиях III рода (лаб. работа №3) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. 11 с.

3. Матвеева, Г.Н. Исследование конвективного теплообмена при вынужденном продольном обтекании пластины потоком воздуха (лаб. работа №9) [Текст]: метод. указания к выполнению лаб. работы / Г.Н. Матвеева - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2015. - 9 с.

### г) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
Стандартные		
Microsoft Windows 7	Д-757-17 от 27.06.2017 Д-1227 от 08.10.2018	27.07.2018 11.10.2021
Microsoft Office 2007	№135 от 17.09.2007	Бессрочно
Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный	Д-1481-16 от 25.11.2016 Д-1347-17 от 20.12.2017 Д-300-18 от 21.03.2018	25.12.2017 21.03.2018 28.01.2020
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно

1. Международная справочная система «Полпред» polpred.com отрасль «Образование, наука». – URL: <http://education.polpred.com/>.

2. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ). – URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp).

3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar). 0– URL: <https://scholar.google.ru/>.

4. Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам. – URL: <http://window.edu.ru/>.
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности». – Режим доступа: <http://www1.fips.ru/>.

### 9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

В соответствии с учебным планом по дисциплине «Теплотехника» предусмотрены следующие виды занятий: лекционные, лабораторные занятия, самостоятельная работа, консультации (столбец ВНКР), зачет.

Заполним таблицу в разделе 9:

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: лаборатория термодинамики	Комплекс лабораторных установок по технической термодинамике, комплекс лабораторных установок по изучению процессов теплопередачи, ЛАТР; электропечи, ротационные насосы.
Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория теплообмена	Установка по определению угловых коэффициентов излучения; установка по изучению процессов кипения жидкости; электропечи, трансформатор; пирометр Testo 830-11, Roynger-89, Проминь.
Учебные аудитории для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Стеллажи, сейфы для хранения учебного оборудования Инструменты для ремонта лабораторного оборудования