

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
25.09.2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

Рабочая программа одобрена методической комиссией института энергетики и автоматизированных систем

26.09.2018 г., протокол № 1.

Председатель _____ С.И. Лукьянов

Согласовано:
Зав. кафедрой

И.А. Гришин

Рабочая программа составлена:

ассистент

С.В. Матвеев

Рецензент:

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

В.Н. Михайловский



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

УТВЕРЖДАЮ:
Директор института энергетики и
автоматизированных систем
_____ С.И. Лукьянов
30 сентября 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕПЛОТЕХНИКА

Специальность
21.05.04 Горное дело

Специализация
Маркшейдерское дело

Уровень высшего образования - специалитет

Форма обучения
заочная

Институт
Кафедра
Курс

Энергетики и автоматизированных систем
Теплотехнических и энергетических систем
3

Магнитогорск
2018 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
25.09.2018 г., протокол № 2.

Зав. кафедрой _____ Е.Б. Агапитов

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

Председатель _____ С.И. Лукьянов

Согласовано:
Зав. кафедрой

_____ И.А. Гришин

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.41. «Теплотехника» входит в базовую часть блока 1 образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения: Б1.Б.10 Физика.

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения: Б1.Б.38 Горные машины и оборудование, Б1.В.ДВ.07.01 Рациональное использование природных ресурсов, Б1.В.ДВ.07.02 Комплексное использование природных ресурсов.

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
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	
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 72 акад. часа, в том числе:

- контактная работа – 4,4 акад. часов:
 - аудиторная – 4 акад. часа;
 - внеаудиторная – 0,4 акад. часа;
- самостоятельная работа – 63,7 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			
1. Раздел. Термодинамика							
1.1. Понятие термодинамики. Параметры состояния. Законы идеального газа. Понятие о теплоемкости	3	0,25			Проработка лекционного материала.	Конспект лекций	ПК-14 зув
1.2. Первый и второй закон термодинамики. Энтальпия и внутренняя энергия. Понятие об обратимых и необратимых термодинамических процессах	3	0,125			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зув
1.3. Понятие энтропии. Циклы. Понятие термического КПД. Основные термодинамические процессы. Политропные процессы.	3	0,25			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зув

1.4. Процессы сжатия в компрессоре.	3	0,125			Проработка лекционного материала.	Конспект лекций	ПК-14 зув
1.5. Циклы двигателей внутреннего сгорания (Отто, Дизеля, Тринклера), оценка эффективности их работы	3	0,125			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зув
1.6. Обратные тепловые циклы-циклы холодильных установок. Процессы замораживания грунтов	3	0,125			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зув
Итого по разделу	3	1					ПК-14 зув
2 Раздел. Теплопередача	3						
2.1. Понятие теплопроводности. Закон Фурье. Стационарная теплопроводность для плоской и цилиндрической стенок	3	0,25		2	Проработка лекционного материала, обработка результатов практических расчетов	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14 зув
2.2. Нестационарная теплопроводность. Понятие термической массивности. Методы расчета.	3	0,125			Проработка лекционного материала, обработка результатов практических расчетов	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14 зув
2.3. Понятие конвекции. Вывод уравнений подобия. Вынужденная конвекция при обтекании пластины.	3	0,125			Проработка лекционного	Конспект лекций, отчет по практикуму	ПК-14 зув

					материала, обработка результатов практических расчетов		
2.4. Вынужденная конвекция при движении жидкостей в трубах. Понятие свободной конвекции.	3	0,25			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зуб
2.5. Теплообмен излучением. Закон Стефана-Больцмана.	3	0,25			Проработка лекционного материала	Конспект лекций	ПК-14 зуб
Итого по разделу	3	1		2			ПК-14 зуб
Итого по дисциплине	3	2		2		Промежуточный контроль-зачет	ПК-14 зуб

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. $\partial q = dh - v dp$;
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. $l = \int_1^2 d(PV)$
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. $h = q + pu$;
2. $h = u + pu$;
3. $h = T + pu$;
4. $h = u - pu$

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:

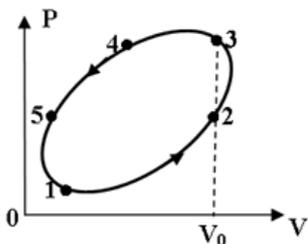
1. $C_p - C_v = R$
2. Теплота сама собой не переходит от более нагретого тела к менее нагретому;
3. Теплота сама собой переходит от более нагретого тела к менее нагретому, обратный самопроизвольный переход невозможен;
4. В природе все процессы обратимы.

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

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

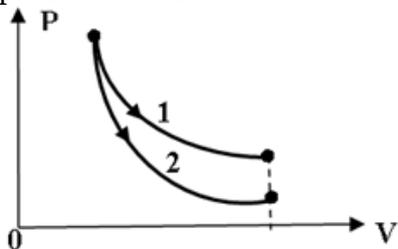
4. $(T_{\text{нагр}} - T_{\text{хол}}) / T_{\text{нагр}}$

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) Вт/м²
- В) Дж/с

1. Приведите размерность теплового потока

- А) Вт/м²
- Б) Вт
- В) Вт/м³

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) $Q = -\lambda \text{grad} t F$

- Б) $Q = \alpha(t_{ст} - t_{ж})F$
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.

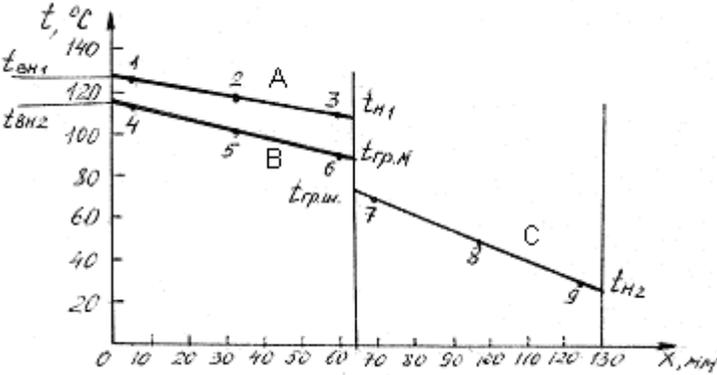
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-14 готовностью участвовать в исследованиях объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов		
Знать	основные понятия теплотехники для исследований объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие газы называются идеальными, их уравнение состояния. 2. Сущность и формулировки первого закона термодинамики. 3. Аналитическое выражение первого закона термодинамики. 4. Показать на $P - V$ диаграмме полезную работу и работу расширения (сжатия) для произвольного термодинамического процесса. 5. Внутренняя энергия и энтальпия как функции состояния, их связь с теплоемкостью. 6. Что называется полной теплоемкостью. 7. Удельная теплоемкость – массовая, объемная и мольная, их обозначение и размерность. 8. Какая теплоемкость больше – изобарная или изохорная и почему. 9. Основные термодинамические процессы, их изображение на $P - V$ и $T - S$ диаграммах. 10. Соотношение параметров для основных термодинамических процессов. 11. Обратимые и необратимые процессы, основные причины необратимости. 12. Изобразить на $T - S$ диаграмме обратимый и необратимый адиабатный процесс расширения и сжатия. 13. Сущность и формулировки второго закона термодинамики. 14. Аналитическое выражение второго закона термодинамики для обратимых и необратимых процессов. 15. Энтропия как функция состояния, физический смысл энтропии. 16. Что называется термодинамическим циклом. 17. Прямые и обратные термодинамические циклы. 18. Как оценить эффективность прямого и обратного цикла. 19. Прямой цикл Карно, его термический КПД, изображение на диаграммах

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 понятия теплотехники для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов	<p>1. Между стеклами находятся слои сухого неподвижного воздуха толщиной 10 мм. Площадь поверхности окна 3 м². Разность температур на внешних поверхностях стекол 30 °С. Определить потери теплоты через окно, если коэффициенты теплопроводности стекла $\lambda_{ст} = 0,74 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, воздуха $\lambda_{возд} = 2,45 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$.</p> <p>2. ЗАДАЧА. Определить плотность теплового потока (q, Вт/м²) в процессе теплопередачи от дымовых газов к кипящей пароводяной смеси через</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>стальную стенку толщиной $\delta = 8$ мм. Температура газов $t_1 = 1000$ °С, температура смеси $t_2 = 200$ °С. Коэффициент теплоотдачи от газов к стенке $\alpha_1 = 40$ Вт/м²·К, от стенки к пароводяной смеси $\alpha_2 = 4000$ Вт/м²·К, коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 40$ Вт/м·К. Рассчитать также температуры стенки с обеих сторон t_{c1} и t_{c2}.</p> <p>3. ЗАДАЧА: Какую толщину должна иметь изоляция, если ее наложить на плоскую стальную стенку толщиной 20 мм, чтобы тепловые потери уменьшились в два раза. Коэффициент теплопроводности стали $\lambda_m = 40$ Вт/м К, а материала изоляции $\lambda_n = 0,125$ Вт/м К, коэффициент теплоотдачи с одной стороны стенки $\alpha_1 = 500$ Вт/м² К, а с другой $\alpha_2 = 80$ Вт/м² К.</p> <p>4. ЗАДАЧА. По чугунному трубопроводу диаметром $d_2 = 50$ мм, $d_1 = 44$ мм движется пар с температурой 315 °С. Коэффициент теплоотдачи от пара к трубе $\alpha_1 = 120$ Вт/м²·К. Температура окружающего воздуха 20 °С, коэффициент теплоотдачи $\alpha_2 = 12$ Вт/м²·К. Найти тепловые потери, если трубопровод изолирован слоем пеношамота $\delta = 50$ мм. $\lambda_{\text{пеношамота}} = 0,3$ Вт/м К, $\lambda_{\text{чугуна}} = 90$ Вт/м·К.</p> <p>5. ЗАДАЧА. Для уменьшения потерь теплоты от паропровода диаметром $d_2 = 25$ мм предлагаются изоляционные материалы: асбест $\lambda = 0,151$ Вт/м·К, стекловата $\lambda = 0,047$ Вт/м·К. Какой материал целесообразнее принять в качестве изоляции, если коэффициент теплоотдачи к окружающей среде $\alpha_2 = 8$ Вт/м²·К.</p>
Владеть	основными теплотехническими расчетами для исследования объектов профессиональной деятельности и их структурных элементов, навыками	Выполняется расчет, обобщение экспериментальных данных и получение зависимостей с применением соответствующего математического аппарата. Пример: <i>ПОРЯДОК ОБРАБОТКИ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛА</i>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>обработки данных исследований и их конечной оценке.</p>	<p>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 $t_{н1}$ 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.</p>  <p>Рис. 1. Распределение температуры по толщине одно- и двухслойной стенок</p> <p>Температура на границе раздела двух кирпичей теоретически должна быть одинаковой для шамотного и магнезитового кирпичей ($t_{гр.ш} = t_{гр.м}$) и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>соответствовать точке пересечения линий В и С. Если в результате опыта этого не получилось, надо выявить возможные причины несовпадения.</p> <p>3. Определить средние температуры однослойной стенки и каждого слоя (материала) двухслойной стенки как средние арифметические.</p> <p>Для однослойной стенки $\bar{t}_{м1} = 0,5(t_{вн1} + t_{н1})$</p> <p>Для двухслойной стенки $\bar{t}_{м2} = 0,5(t_{вн2} + t_{зр})$</p> <p>$\bar{t}_{ш2} = 0,5(t_{зр} + t_{н2})$</p> <p>где $t_{зр} = 0,5(t_{зр.ш} + t_{зр.м})$,</p> <p>$t_{гр.ш}$- температура поверхности шамотного кирпича на границе с магнезитовым кирпичом;</p> <p>$t_{гр.м}$ - температура поверхности магнезитового кирпича на границе с шамотным кирпичом.</p> <p>4. Определить значения коэффициентов теплопроводности магнезитового кирпича по $\bar{t}_{м1}$ и $\bar{t}_{м2}$ и шамотного по $\bar{t}_{ш2}$, соответствующие их средним температурам</p> <p>$\lambda_m = 4,65 - 1,7 \cdot 10^{-3} \bar{t}_m$. Вт/м*К ;</p> <p>$\lambda_{ш} = 0,84 + 0,6 \cdot 10^{-3} \bar{t}_ш$. Вт/м*К.</p> <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>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		$q_l = \frac{t_{вн2} - t_{н2}}{\frac{\delta_{ш}}{\lambda_{ш}} + \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}}};$ <p>6. Определить потери теплоты излучением $q_{изл.}$ 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 $C_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}^4$ – коэффициент излучения абсолютно черного тела; ε_c – степень черноты стенки (в данной работе $\varepsilon_c = 0,8$); T_n и $T_{жс}$ – абсолютные температуры наружной поверхности однослойной и двухслойной стенок и окружающей среды, К. Для однослойной стенки $T_n = T_{н1}$; для двухслойной $T_n = T_{н2}$;</p> <p>7. Определить число подобия Грасгофа</p> $Gr = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t,$ <p>где g – ускорение силы тяжести, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; l – определяющий размер (для горизонтальных плоских поверхностей это размер меньшей стороны), $l = 0,115 \text{ м}$; ν – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$; определяется по температуре пограничного слоя $\nu_{пс} = 0,5(t_n + t_{жс})$; β – температурный коэффициент объемного расширения, град-1; для газов $\beta = \frac{1}{T_{жс}} = \frac{1}{273 + t_{жс}}$;</p> <p>$\Delta t = t_n - t_{жс}$ – разность температур наружной поверхности стенки и окружающей</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>среды, град.</p> <p>8. Число подобия Прандтля Pr определить при температуре пограничного слоя $t_{пс}$.</p> <p>9. Рассчитать число Нуссельта по уравнению подобия</p> $Nu = c (Gr \cdot Pr)^n \varepsilon$ <p>где значения "С" и "n" - константы, зависящие от комплекса $(Gr \cdot Pr)$; они приведены в табл. 1 Приложения [в] 2); ε - поправочный коэффициент. Так как теплоотдающая поверхность обращена кверху, то в уравнение подобия вводится поправка $\varepsilon = 1,3$, то есть полученное по расчету значение Nu (или α) увеличивается на 30 %. Значения числа Прандтля Pr, кинематической вязкости ν и коэффициента теплопроводности λ для воздуха при различных температурах приведены в табл. 2 Приложения.</p> <p>10. Определить коэффициент теплоотдачи свободной конвекцией α_k из числа Нуссельта</p> $Nu = \frac{\alpha l}{\lambda}$ $\alpha_k = Nu \frac{\lambda}{l}$ <p>11. Определить потери теплоты конвекцией q_k 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. Сравнение результатов опыта</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства		
		Стенка	Плотность теплового потока, Вт/м ² отдаваемого в атмосферу конвекцией и излучением q_{Σ}	Погрешность по отношению к q_t , %
		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. Шатров, М.Г. Теплотехника [Текст]: учеб. для вузов / М.Г. Шатров. М.: Академия, 2011.
2. Кудинов, В.А. Теплотехника: [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов, Е.В. Стефанюк. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. 424 с.
Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=486472>

б) дополнительная литература

1. Ляшков, В. И. Теоретические основы теплотехники [Электронный ресурс] / Ляшков В. И. М.: КУРС, НИЦ ИНФРА-М, 2015. 328 с.
Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=496993>
2. Кудинов, А.А. Тепломассообмен [Электронный ресурс]: учебное пособие / А.А. Кудинов. - М.: ИНФРА-М, 2015. 375 с.
<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=463148> Заглавие с экрана
3. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства газов [Текст] / С.Л. Ривкин. М.: Энергоатомиздат, 1987.

в) программное обеспечение и Интернет-ресурсы

- Электронно-библиотечная система.

Режим доступа:

<http://znanium.com/>

- Российская Государственная библиотека УНЛ: <http://www.rsl.ru/>

- Государственная публичная научно-техническая библиотека УНЛ: <http://www.gpntb.ru>

- Доступные библиотеки УНЛ: <http://www.arilou.org/links/libs.html>

- Открытое образование. Курс «Теплотехника».

Режим доступа: <https://openedu.ru/course/urfu/TEPL/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
371, 345 Лаборатории Термодинамики и теплопередачи	Видеопроектор, экран настенный, компьютер.