

**Приложение 2 к РПД «Теплотехника»  
21.05.04 Горное дело  
специализация №2 Подземная разработка рудных месторождений  
Форма обучения – заочная  
Год набора - 2016**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ  
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**1. Общие сведения**

1.	Кафедра	Горного дела, наук о Земле и природообустройства
2.	Специальность	21.05.04 Горное дело
3.	Специализация	№2 Подземная разработка рудных месторождений
4.	Дисциплина (модуль)	Теплотехника
5.	Форма обучения	заочная
6.	Год набора	2016

**2. Перечень компетенций**

– готовностью с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр (ОПК-4).

### 3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
1. Предмет и методы теплотехники	ОПК-4	Основные свойства и параметры состояния термодинамических систем	Определять основные свойства рабочих тел, применяемых в отрасли	Навыками расчета и анализа эффективности термодинамических процессов горного производства	Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям Заслушивание и обсуждение подготовленной практической (решение задач) работы
2. Основные законы термодинамики. Первое начало термодинамики.	ОПК-4	Законы термодинамики и их математическое описание	Определять основные свойства рабочих тел, применяемых в отрасли	Навыками расчета и анализа эффективности термодинамических процессов горного производства	
3. Второе начало термодинамики.	ОПК-4	Законы термодинамики и их математическое описание	Рассчитывать термодинамические процессы и циклы, оценивать их эффективность	Навыками расчета и анализа эффективности термодинамических процессов горного производства	Устный опрос
4. Термодинамические процессы	ОПК-4	Термодинамические процессы и основы их анализа	Определять основные свойства рабочих тел, применяемых в отрасли	Навыками расчета и анализа эффективности термодинамических процессов горного производства	Устный опрос. Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям Заслушивание и обсуждение подготовленной практической (решение задач) работы
5. Термодинамика потока	ОПК-4	Термодинамику потока	Определять основные свойства рабочих тел, применяемых в отрасли	Навыками расчета и анализа эффективности термодинамических процессов горного производства	
6. Термодинамические процессы горного производства	ОПК-4	Принцип действия и устройства теплообменных аппаратов и другого теплотехнического	Рассчитывать и анализировать тепловые процессы, теплообменные аппараты; рассчитывать показатели, параметры теплообмена; проводить теплотехнические измерения,	Методами управления интенсивностью теплообменных процессов горного производства; навыками проведения теплотехнических измерений	

		оборудования, применяемого в отрасли	обрабатывать результаты измерений с применением компьютерной техники		
7. Реальные газы. Водяной пар. Влажный воздух	ОПК-4	Основные способы теплоснабжения, охлаждения и термостатирования оборудования	Выбирать рациональные системы теплоснабжения, охлаждения и термостатирования оборудования	Навыками выбора рациональных систем теплоснабжения, охлаждения и термостатирования оборудования	
8. Теплопроводность	ОПК-4	Основные закономерности теплообмена и массообмена при стационарном и нестационарном режимах	Рассчитывать и анализировать тепловые процессы, теплообменные аппараты	Методами управления интенсивностью теплообменных процессов горного производства; навыками проведения теплотехнических измерений	Устный опрос.
9. Конвективный теплообмен	ОПК-4	Принцип действия и устройства теплообменных аппаратов и другого теплотехнического оборудования, применяемого в отрасли	Рассчитывать и анализировать тепловые процессы, теплообменные аппараты	Методами управления интенсивностью теплообменных процессов горного производства; навыками проведения теплотехнических измерений	Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям Заслушивание и обсуждение подготовленной практической (решение задач) работы
10. Тепловое излучение	ОПК-4	Принцип действия и устройства теплообменных аппаратов и другого теплотехнического оборудования, применяемого в отрасли	Рассчитывать и анализировать тепловые процессы, теплообменные аппараты	Методами управления интенсивностью теплообменных процессов горного производства; навыками проведения теплотехнических измерений	Устный опрос.
11. Теплопередача	ОПК-4	Способы управления параметрами теплопередачи	Рассчитывать и анализировать тепловые процессы, теплообменные аппараты	Методами управления интенсивностью теплообменных процессов горного производства; навыками проведения теплотехнических измерений	Устный опрос.

## 4. Критерии и шкалы оценивания

### 4.1. Устный опрос

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	1	2	3

### 4.2. Решение задач

4 балла – студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла – студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла – студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

1 балл – студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

### 4.3. Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям

Процент правильных ответов	До 60	60-80	81-100
Количество баллов	0	1	2

### 4.4. Контрольная работа

27 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

17 баллов выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

7 баллов выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

0 баллов – если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

## 5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

### 5.1. Типовые вопросы к устному опросу

1. Предмет технической термодинамики и ее задачи

*Ответ:* **Техническая термодинамика** – раздел термодинамики, занимающийся приложениями законов термодинамики в теплотехнике. Техническая термодинамика занимается разработкой теории тепловых двигателей и установок таких, как двигатели внутреннего сгорания, паровые и газовые Турбины, реактивные и ракетные двигатели, холодильные и компрессорные машины. На ее основе формируются методы прямого преобразования теплоты в электрическую энергию, проводится анализ эффективности термодинамических циклов, процессов теплообмена, изучаются термодинамические свойства различных веществ, закономерности теплового движения и др.

2. Два принципиально различных направления использования теплоты

*Ответ:* Различают два принципиально различных направления использования теплоты – энергетическое и технологическое.

При *энергетическом* использовании, теплота преобразуется в механическую работу, с помощью которой в генераторах создается электрическая энергия, удобная для передачи на расстояние. Теплоту при этом получают сжиганием топлива в котельных установках или непосредственно в двигателях внутреннего сгорания.

При *технологическом* – теплота используется для направленного изменения свойств различных тел (расплавления, затвердевания, изменения структуры, механических, физических, химических свойств).

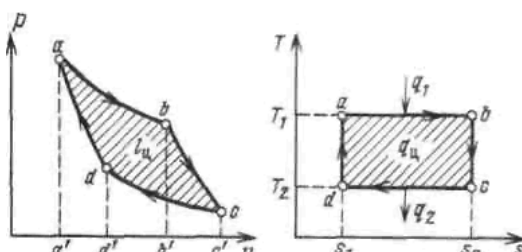
### 3. Неравновесный и равновесный процессы

*Ответ:* Процессы делятся на равновесные и неравновесные. Если при протекании процесса различные части системы имеют отличающиеся свойства, то система не находится в состоянии равновесия и процесс называется *неравновесным*. Действительные процессы, протекающие с конечными скоростями, всегда неравновесны.

Равновесным термодинамический процессом называется в том случае, если протекает настолько медленно, что в системе в каждый момент времени успевает установиться равновесное состояние.

### 4. Нарисовать диаграммы прямого обратимого цикла Карно в координатах « $v - p$ » и « $s - T$ »

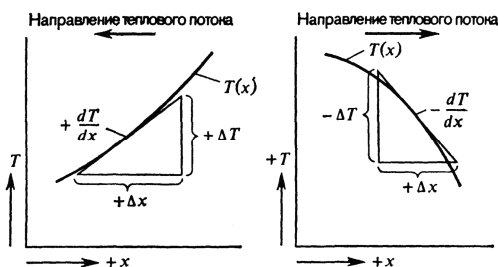
*Ответ:*



### 5. Теплопроводность (кондуктивный перенос тепла)

*Ответ:* Теплопроводность является единственным видом теплопередачи в непрозрачной твердой среде. Если в такой среде существует градиент температуры, тепло переносится из высокотемпературной области в низкотемпературную.

Скорость переноса тепла вследствие теплопроводности (кондуктивный тепловой поток  $q_k$ ) пропорциональна градиенту температуры  $dT/dx$  и площади поверхности  $A$ , через которую идет поток тепла (рис.)



Схема, иллюстрирующая правило знаков для теплопроводности

### 6. Привести простые примеры использования закона теплопроводности Фурье

*Ответ:* Простым примером использования закона Фурье является задача о теплопередаче через плоскую стенку (рис.)

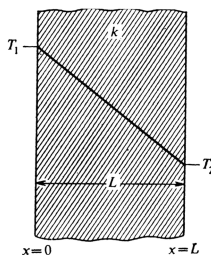


Рис. Теплопроводность через плоскую стенку с постоянным коэффициентом теплопроводности

Если обе поверхности стенки имеют постоянные, но различные температуры, тепло будет переноситься только в одном направлении, по нормали к поверхностям стенки. Если

теплопроводности является постоянной величиной, после интегрирования формулы, выражающей закон Фурье, получаем

## 5.2. Типовые примеры задач

**Задача 1.** Для измерения малых избыточных давлений или разрежений применяются микроманометры. Принципиальная схема этого прибора представлена на рисунке.



Определить абсолютное давление в воздухопроводе, если длина  $l$  жидкости в трубке микроманометра, наклоненной под углом  $\alpha = 30^\circ$ , равна 180 мм. Рабочая жидкость – спирт плотностью  $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$ . Показание барометра, приведенного к  $0^\circ\text{C}$ ,  $P_{\text{атм}} = 1.02 \text{ бар}$ .

Решение:

Дано:

$$l = 180 \text{ мм} = 0,18 \text{ м}$$

$$\alpha = 30^\circ$$

$$\rho = 800 \text{ кг/м}^3$$

$$P_{\text{атм}} = 1,02 \text{ бар} =$$

$$= 1,05 \cdot 10^5 \text{ Па}$$

$$P = ?$$

Абсолютное давление в воздухопроводе

$$P = P_{\text{атм}} + P_{\text{изб}},$$

$$\text{где } P_{\text{изб}} = \rho g h = \rho \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha, \text{ тогда } P = P_{\text{атм}} + \rho \cdot g \cdot l \cdot \sin \alpha = 1,02 + 800 \cdot 9,81 \cdot 0,18 \cdot \sin 30^\circ \cdot 10^{-5} = 1,027 \text{ бар.}$$

Ответ:  $P = 1.027 \text{ бар} = 102700 \text{ Па}$ .

**Задача 2.** Определить парциальные давления кислорода и азота в воздухе при нормальных условиях, если массовый состав воздуха  $m_{\text{O}_2} = 23.3\%$  и  $m_{\text{N}_2} = 76.7\%$ .

Решение:

Парциальное давление газа в смеси может быть найдено по формуле

$$p_i = r_i p_{\text{см}}. \quad (1)$$

Связь между массовыми и объемными долями устанавливается формулой

$$r_i = \frac{m_i \mu_{\text{см}}}{\mu_i}, \text{ где } \mu_{\text{см}} = \sum_{i=1}^{i=n} \mu_i r_i.$$

след. при  $\mu_{\text{см}} = 32 \cdot 0.233 + 28 \cdot 0.767 = 28.932 \text{ кг/кмоль}$

$$r_{\text{O}_2} = \frac{0.233 \cdot 28.932}{32} = 0.21.$$

Т.к.  $\sum r_i = 1$ ,  $r_{\text{N}_2} = 1 - 0.21 = 0.79$ .

Давление смеси: 750 мм рт. ст. – 0.1 МПа

760 мм рт. ст. –  $x$

$$\Rightarrow P_{\text{см}} = 101333 \text{ Па.}$$

Тогда согласно (1)  $P_{\text{O}_2} = 0.21 \cdot 101333 = 21279.93 \approx 21280 \text{ Па}$ .

След.,  $P_{\text{N}_2} = 101333 - 21280 = 80053 \text{ Па}$ .

**Задача 3.** Плоская стенка состоит из трёх слоев толщиной  $L_1 = 100 \text{ мм}$ ,  $L_2 = 80 \text{ мм}$  и  $L_3 = 50 \text{ мм}$ , коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны  $k_1 = 2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ,  $k_2 = 8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  и  $k_3 = 10 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Второй слой имеет температуры поверхностей  $T_{1-2} = 120^\circ\text{C}$  и  $T_{2-3} = 45^\circ\text{C}$ . Определить температуры наружных поверхностей.

Решение

Полное термическое сопротивление теплопроводности  $R_{\text{п}}$  трехслойной стенки равно сумме термических сопротивлений слоев:

$$R_1 = \frac{L_1}{k_1} = \frac{0.1}{2} = 0.05 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_2 = \frac{L_2}{k_2} = 0.08/8 = 0.01 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_3 = \frac{L_3}{k_3} = 0.05/10 = 0.005 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}},$$

$$R_{\text{п}} = R_1 + R_2 + R_3 = 0.05 + 0.01 + 0.005 = 0.065 \frac{\text{м}^2 \cdot \text{К}}{\text{Вт}}.$$

Поверхностная плотность теплового потока стационарного режима теплообмена постоянна для каждого из слоев и выражается через параметры любого слоя

$$q = \frac{T_1 - T_{1-2}}{R_1} = \frac{T_{1-2} - T_{2-3}}{R_2} = \frac{T_{2-3} - T_2}{R_3},$$

$$q = \frac{T_{1-2} - T_{2-3}}{R_2} = \frac{120 - 45}{0.01} = 7500 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Определяем температуры наружных поверхностей стенок:

$$T_1 = T_{1-2} + qR_1 = 120 + 7500 \cdot 0.05 = 495^\circ \text{C},$$

$$T_2 = T_{2-3} - qR_3 = 45 + 7500 \cdot 0.005 = 7.5^\circ \text{C}.$$

Величину плотности теплового потока  $q$  можно выразить также через суммарное термическое сопротивление стенки

$$q = \frac{T_1 - T_2}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{п}}}.$$

### 5.3. Типовые вопросы к экспресс-опросу по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям

#### 1. Дать определение энтропии

*Ответ:* Энтропией называется функция  $S$  состояния системы, дифференциал которой в элементарном обратимом процессе равен отношению бесконечно малого количества тепла, сообщенного системе, к абсолютной температуре последней:  $dS = dQ/T$ .

#### 2. Какая система считается стационарной? Привести один из вариантов стационарного состояния.

*Ответ:* Система считается стационарной, если переменные функции с течением времени не изменяются. Один из вариантов стационарного состояния – это термодинамическое равновесие.

#### 3. Почему ребра на трубах выполнены со стороны воздуха, а не воды?

*Ответ:* Для интенсификации теплопередачи увеличивают площадь поверхности теплообмена за счет оребрения. Оребренные поверхности используются с той стороны, где коэффициент теплоотдачи очень мал.

### 5.4. Вопросы к экзамену

1. Термодинамические системы, параметры и равновесие
2. Исходные положения термодинамики.
3. Гомогенные и гетерогенные системы. Фазы и компоненты.
4. Равновесные и неравновесные процессы.
5. Внутренняя энергия системы. Работа и теплота.
6. Первое начало термодинамики.
7. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
8. Энтальпия и энтропия.
9. Второе начало термодинамики.
10. Третье начало термодинамики.
11. Обратимые и необратимые процессы.
12. Возрастание энтропии в необратимых процессах.

13. Тепловые двигатели и холодильные машины.
14. Цикл и теорема Карно.
15. Условия равновесия термодинамической системы.
16. Условия равновесия двухфазной однокомпонентной системы.
17. Классификация фазовых переходов.
18. Фазовое равновесие, фазовая  $P$ – $T$  диаграмма.
19. Тепловые эффекты химических реакций. Закон Гесса. Уравнение Кирхгофа.
20. Удельная и молярная теплоемкость вещества.
21. Молярная теплоемкость при постоянном давлении.
22. Уравнение Майера.
23. Молярная теплоемкость при постоянном объеме.
24. Термодинамическое равновесие. Внешние и внутренние параметры
25. Термодинамическое равновесие с молекулярной точки зрения.
26. Основное положение классической статистики.
27. Микроканоническое распределение.
28. Термодинамические функции и термодинамические равенства.
29. Применение классической статистики к идеальному одноатомному газу.
30. Распределение Максвелла – Больцмана для систем с аддитивной энергией. Давление как внешний параметр
31. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы.
32. Применение классической статистики к вопросу о теплоемкости газов.
33. Теплоемкость твердых тел.
34. Применение классической статистики к излучению.
35. Силы взаимодействия молекул. Уравнение состояния неидеального газа.
36. Флуктуации объема, занятого газом или жидкостью.
37. Предел чувствительности газового термометра.
38. Флуктуации плотности и рассеяние света в жидкостях и реальных газах.
39. Вычисление флуктуации величин, рассматриваемых как функции положения в пространстве. Применение к теории рассеяния света.
40. Основные понятия и законы теории теплообмена.
41. Классификация процессов теплообмена.
42. Основные термины теории теплообмена.
43. Основные законы теплообмена.
44. Теплопроводность. Способность тел проводить тепло.
45. Дифференциальное уравнение теплопроводности.
46. Условия однозначности в задачах теплопроводности.
47. Массообменные процессы. Диффузионный пограничный слой.
48. Дать понятие основным термодинамическим процессам. Графическое изображение в  $PV$  и  $TS$  координатах.
49. Какая машина называется компрессором? Классификация компрессоров. Описание одноступенчатого компрессора.
50. Изобразите теоретическую индикаторную диаграмму поршневого компрессора для случая изотермического и адиабатного сжатия. Покажите на ней площади, которыми изображаются работы наполнения, сжатия и выталкивания. Для чего применяется охлаждение компрессора?
51. Определение характера распределения температурного поля в горных породах при различных термодинамических процессах горного производства.
52. Каковы основные понятия и параметры состояния водяного пара.
53. Какой пар называется сухим насыщенным? Изобразите на диаграммах  $P$ - $V$ ,  $T$ - $S$  и  $h$ - $S$  обратимый адиабатный процесс расширения перегретого пара до состояния сухого насыщенного пара. Дайте необходимые пояснения.
54. Влажный воздух. Основные значения, характеризующие состояние влажного воздуха.



55. Конвективный теплообмен. Закон Ньютона при охлаждении. Какой физический смысл имеет коэффициент теплоотдачи?
56. Основные понятия и механизм радиационного теплообмена. Закон Стефана-Больцмана.
57. Теплопередача. Коэффициент теплопроводности. Определение теплового потока и термического сопротивления.
58. Какой физический смысл имеет коэффициент теплопроводности, и в каких единицах он измеряется? Как подсчитать количество теплоты, передаваемое теплопроводностью через однородную цилиндрическую стенку.
59. Электрическая аналогия для теплопроводности. Одномерная теплопроводность через многослойную стенку и ее электрический аналог.
60. Сложный теплообмен.
61. Теплопроводность в цилиндрических координатах с внутренним тепловыделением

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА**  
**21.05.04 Горное дело**  
**специализация №2 Подземная разработка рудных месторождений**  
(код, направление, профиль)

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА**

Шифр дисциплины по РУП	<b>Б1.Б.15</b>				
Дисциплина	<b>Теплотехника</b>				
Курс	<b>4</b>	семестр	<b>7, 8</b>		
Кафедра	<b>горного дела, наук о Земле и природообустройства</b>				
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность	<b>Бекетова Елена Борисовна, к.т.н., доцент</b>				
<b>кафедры горного дела, наук о Земле и природообустройства</b>					
Общ. трудоемкость <sub>час/ЗЕТ</sub>	<b>144/4</b>	Кол-во семестров	<b>2</b>	СРС <sub>общ./тек. сем.м.</sub>	<b>121/121</b>
ЛК <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>4/4</b>	ПР/СМ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>10/10</b>	ЛБ <sub>общ./тек. сем.</sub>	<b>-</b>
Форма контроля					<b>Экзамен</b>

**Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

– готовностью с естественнонаучных позиций оценивать строение, химический и минеральный состав земной коры, морфологические особенности и генетические типы месторождений твердых полезных ископаемых при решении задач по рациональному и комплексному освоению георесурсного потенциала недр (ОПК-4).
---

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
<i><b>Вводный блок</b></i>				
Не предусмотрен				
<i><b>Основной блок</b></i>				
ОПК-4	Устный опрос	5	15	В течение сессии
ОПК-4	Решение задач	3	12	В течение сессии
ОПК-4	Экспресс-опрос по освоенным дома самостоятельно терминам и понятиям	3	6	В течение сессии
ОПК-4	Контрольная работа	1	27	За месяц до начала сессии
<b>Всего:</b>			<b>60</b>	
ОПК-4	Экзамен		1 вопрос - 20 2 вопрос - 20	По расписанию
<b>Всего:</b>			<b>40</b>	
<b>Итого:</b>			<b>100</b>	
ОПК-4	Подготовка опорного конспекта		10	По согласованию с преподавателем
<b>Всего баллов по дополнительному блоку</b>			<b>10</b>	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.