

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

**Руководитель ОПОП ВО
профессор С.Г. Гендлер**

**Проректор по
образовательной деятельности
доцент Д.Г. Петраков**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ДИСЦИПЛИНЫ**

***ТЕПЛОВЫЕ ПРОЦЕССЫ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ
И ГОРНЫХ МАССИВАХ***

Уровень высшего образования:	Магистратура
Направление подготовки:	20.04.01 Техносферная безопасность
Направленность (профиль):	Управление безопасностью на предприятиях минерально-сырьевого комплекса
Квалификация выпускника:	Магистр
Форма обучения	очная
Составитель:	проф. Гендлер С.Г.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки «20.04.01 Техносферная безопасность», утвержденного приказом Минобрнауки России № 678 от 25.05.2020 г.;

– на основании учебного плана магистратуры по направлению подготовки «20.04.01 Техносферная безопасность» направленность (профиль) «Управление безопасностью на предприятиях минерально-сырьевого комплекса».

Составитель _____ д.т.н., проф. Гендлер С.Г.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Безопасности производств» от 08.02.2023 г., протокол № 9.

Заведующий кафедрой _____ д.т.н. проф. С.Г. Гендлер

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» – формирование у студентов системы базовых знаний по закономерностям формирования теплового режима горных массивов и горных выработок, источникам теплоты, влияющим на изменение термодинамических параметров воздушной среды, и методов расчета их величин, выбор способов и систем регулирования теплового режима, обеспечивающих в горных выработках нормативные термодинамические параметры воздуха, определение их конструктивных и энергетических параметров.

Основными задачами дисциплины являются:

изучение основ теории теплообмена между горным массивом и воздухом в горных выработках;

овладение методами прогнозирования температурных условий в выработках различного назначения и окружающих их породах;

формирование:

- представлений о методах расчета температурных полей в горных массивах и теплового режима горных выработок;
- опыта выбора и применения способов управления тепловым режимом породных массивов и горных выработок;
- навыков разработки эффективных мероприятий по улучшению климатических условий на рабочих местах на основе тепловых расчетов;
- способностей для организации деятельности по охране труда на предприятии, участия в работе органов государственного и ведомственного надзора и контроля теплового режима при осуществлении технологических процессов и производств;
- мотивации к самостоятельному повышению уровня профессиональных навыков в области проведения профилактических работ по предупреждению перегрева (переохлаждения) горнорабочих в условиях современного горного производства.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (ОПОП) ВО

Дисциплина «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана по направлению подготовки 20.04.01 Техносферная безопасность (уровень магистратуры), профиля «Управление безопасностью на предприятиях минерально-сырьевого комплекса» и изучается в 2-м семестре.

Предшествующими курсами, на которых непосредственно базируется дисциплина «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» являются «Риск-ориентированный подход в техносферной безопасности», «Риск-менеджмент в горной промышленности», «Экологическая безопасность».

Дисциплина «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Теория и методы моделирования в техносферной безопасности», «Проектирование методов и расчёт средств защиты на предприятиях минерально-сырьевого комплекса».

Особенностью дисциплины является её связь с большинством дисциплин специализации.

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУ- ЛЮ), СООТНЕСЕННЫЕ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБ- РАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процесс изучения дисциплины «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах» направлен на формирование следующих компетенций:

Формируемые компетенции		Основные показатели освоения программы дисциплины
Содержание компетенции	Код компетенции	
Способен ориентироваться в полном спектре научных проблем в области охраны труда и промышленной безопасности на предприятиях минерально-сырьевого комплекса	ПКС-3	ПКС-3.1. Знать: современные направления отечественных и зарубежных исследований в области обеспечения безопасности труда на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; современные устройства, системы и методы защиты работников и окружающей среды от вредных и опасных факторов, формирующихся при функционировании предприятий минерально-сырьевого комплекса; современные компьютерные информационные технологии в области промышленной безопасности и охраны труда. ПКС-3.2. Уметь: ориентироваться в полном спектре научных проблем в области охраны труда и промышленной безопасности на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; пользоваться современными компьютерными информационными технологиями в области промышленной безопасности и охраны труда. ПКС-3.3. Владеть: методологическими подходами в области охраны труда и промышленной безопасности применительно к предприятиям минерально-сырьевого комплекса; современными компьютерными информационными технологиями в области промышленной безопасности и охраны труда.
Способен разрабатывать и анализировать физические, математические и компьютерные модели формирования вредных и опасных производственных факторов, средств защиты от них на предприятиях минерально-сырьевого комплекса	ПКС-4	ПКС-4.1. Знать: основы и принципы физического и математического моделирования; основы теории подобия; методы обработки экспериментальных данных; существующие вредные и опасные производственные факторы на предприятиях минерально-сырьевого комплекса. ПКС-4.2. Уметь: определять физическую сущность полученных экспериментальных данных; создавать модели формирования вредных и опасных производственных факторов, средств защиты от них на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; определять допущения и границы применимости моделей. ПКС-4.3. Владеть: методами моделирования процессов, лежащих в основе расчета и выбора средств защиты на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; навыками получения качественных выводов из количественных данных контроля состояния производственной среды; принципами построения технических систем, обеспечивающих оптимальную реализацию плана проведения экспериментального исследования.
Способен использовать современную измерительную технику, современные методы измерения параметров производственной среды на объектах минерально-сырьевого комплекса	ПКС-5	ПКС-5.1. Знать: современные методы измерения параметров производственной среды на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; способы и средства контроля характеристик атмосферы горных выработок и параметров вентиляционных систем; основные методы и технические средства, используемые в области медицины труда. ПКС-5.2. Уметь: использовать современную контрольно-измерительную аппаратуру для оценки параметров производственной среды на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; выбирать технические средства и методы оценки результатов измерений параметров производственной среды. ПКС-5.3. Владеть: навыками установки (монтажа), наладки, проведения испытаний, регулировки и эксплуатации контрольно-измерительной аппаратуры для оценки параметров производственной среды на предприятиях минерально-сырьевого комплекса; методами обработки результатов измерений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость учебной дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 ак. часа.

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		2
Аудиторные занятия, в том числе	68	68
Лекции	17	17
Практические занятия (ПЗ)	51	51
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-	-
Самостоятельная работа студентов (СРС)	40	40
Расчетно-графические работы	20	20
Подготовка к практическим занятиям	20	20
Вид промежуточной аттестации – экзамен (Э)	Э(36)	Э(36)
Общая трудоемкость дисциплины		
ак. час.	144	144
зач. ед.	4	4

4.2. Содержание разделов дисциплины

В план подготовки входят лекции, практические занятия и самостоятельная работа студентов (СРС).

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

Наименование разделов	Виды занятий			
	Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия	Самостоятельная работа студента
Раздел 1 «Физические основы теплопереноса в системе горный массив - рудничный воздух»	19	4	9	6
Раздел 2 «Нестационарные температурные поля, формирующиеся в горных массивах, окружающих выработки различного назначения»	38	4	18	16
Раздел 3 «Тепловой режим горных выработок различного типа и назначения»	36	6	16	14
Раздел 4 «Основы регулирования теплового режима горных массивов и горных выработок»	15	3	8	4
Промежуточная аттестация – экзамен	36	-	-	-
Итого:	144	17	51	40

4.2.2. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудо-емкость в ак. часах
1.	Физические основы теплопереноса в системе горный массив-рудничный воздух	<p>Основные факторы, влияющие на тепловые параметры воздуха при его движении по горным выработкам.</p> <p>Основные закономерности формирования температурных полей в горных массивах и выработках.</p> <p>Физические и математические модели процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах</p> <p>Теплофизические свойства горных пород.</p> <p>Термодинамические параметры рудничного воздуха.</p>	4
2.	Нестационарные температурные поля, формирующиеся в горных массивах	<p>Уравнения, определяющие нестационарный теплообмен в горных массивах.</p> <p>Типовые граничные условия для различных периодов существования горных выработок.</p> <p>Температурные поля, формирующиеся в горных массивах, окружающих выработки различной геометрической формы.</p> <p>Температурные поля в изотропных и анизотропных горных массивах.</p> <p>Температурные поля при промерзании оттаивании горных пород.</p> <p>Тепловой режим при фильтрации теплоносителя (воды) в проницаемых горных породах.</p>	4
3.	Тепловой режим горных выработок различного типа и назначения	<p>Интегральное и дифференциальное уравнения теплового баланса.</p> <p>Количества теплоты, поступающей в воздушную среду, от энергетических источников, расположенных в горных выработках.</p> <p>Прогноз температурных условий в капитальных и подготовительных выработках.</p> <p>Тепловой режим тупиковых выработок.</p> <p>Температурные условия выемочных участков угольных шахт.</p>	6
4.	Основы регулирования теплового режима горных массивов и горных выработок	<p>Горнотехнические способы нормализации теплового режима.</p> <p>Горно-физические способы уменьшения тепловыделений от горного массива.</p> <p>Системы кондиционирования воздуха на основе холодильных остановок.</p> <p>Регулирование теплового режима шахт и рудников Севера.</p>	3
Итого:			17

4.2.3. Практические работы

№ п.п	Разделы	Наименование практических работ	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1	Использование i-d диаграммы для определения термодинамических параметров влажного воздуха	4
2	Раздел 1	Расчёт температурных полей в горном массиве при граничных условиях 1-3 родов и различных геометрических форм сечений выработок	4
3	Раздел 2	Расчёт температурных полей при фазовых переходах влаги в горных породах	4
4	Раздел 2	Расчёт тепловыделений от абсолютных источников теплоты: машин и механизмов с различным типом приводов, вентиляторов, трансформаторов, окисления углей и пород, адиабатического сжатия воздуха	4
5	Раздел 2	Расчёт тепловыделений от относительных источников теплоты	4
6	Раздел 2	Расчёт теплового режима выработок сквозного проветривания	4
7	Раздел 3	Расчёт теплового режима тупиковых выработок при нагнетательной и всасывающей схемах проветривания	4
8	Раздел 3	Расчёт теплового режима очистных выработок при системах разработки с гидравлической и твердеющей закладкой	4
9	Раздел 3	Расчёт протяжённости теплоаккумулирующей выработки	4
10	Раздел 3	Расчёт температуры шахтной воды в водоотводном лотке	4
11	Раздел 3	Оценка влияния массообменных процессов на теплосодержание рудничного воздуха	4
12	Раздел 4	Расчёт коэффициентов тепло и – массообмена в горной выработке	4
13	Раздел 4	Расчёт распределения температур при фильтрации теплоносителя по пористым пластам	3
Итого			51

4.2.4. Лабораторные занятия

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Курсовые работы (проекты)

Курсовые работы (проекты) не предусмотрены.

4.2.6. Примерная тематика расчетно-графических работ

- 1.
- 2.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе обучения применяются:

Лекции, которые являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия. Цель практических занятий - совершенствовать умения и навыки решения практических задач.

Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Консультации (текущая консультация, накануне экзамена) является одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов).

Текущие консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости

Раздел 1. Физические основы теплопереноса в системе горный массив-рудничный воздух

1. Перечислите основные факторы, влияющие на тепловые параметры воздуха при его движении по горным выработкам;

2. Сформулируйте основные закономерности формирования температурных полей в горных массивах и выработках;

3. Перечислите физические и математические модели процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах;

4. Перечислите теплофизические свойства горных пород;

5. Назовите термодинамические параметры рудничного воздуха.

Раздел 2. Нестационарные температурные поля, формирующиеся в горных массивах, окружающих выработки различного назначения

1. Напишите уравнения, определяющие нестационарный теплообмен в горных массивах;

2. Какие граничные условия используются для различных периодов существования горных выработок?

3. Что влияет на формирование температурных полей в горных массивах, окружающих выработки различной геометрической формы?

4. Перечислите отличия в формировании температурных полей в изотропных и анизотропных горных массивах.

5. Как рассчитывается количество теплоты, поступающее от горных массивов к воздуху?

Раздел 3. Тепловой режим горных выработок различного типа и назначения

1. Чем отличаются интегральное и дифференциальное уравнения теплового баланса?
2. Как вычисляются количества теплоты, поступающей в воздушную среду, от энергетических источников, расположенных в горных выработках?
3. Как осуществляется прогноз температурных условий в капитальных и подготовительных выработках?
4. Чем отличаются методы расчета температур в выработках сквозного проветривания и тупиковых выработках?
5. Назовите основные факторы, определяющие температурные условия на выемочных участках угольных шахт.

Раздел 4. Основы регулирования теплового режима горных массивов и горных выработок

1. Перечислите горнотехнические способы нормализации теплового режима;
2. В чем заключается сущность горно-физические способы уменьшения тепловыделений от горного массива?
3. Опишите системы кондиционирования воздуха на основе холодильных установок.
4. Назовите особенности регулирования теплового режима шахт и рудников Севера.

6.2. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации (экзамена)

6.2.1. Примерный перечень вопросов/заданий к экзамену (по дисциплине):

Раздел 1 Физические основы теплопереноса в системе горный массив- рудничный воздух

1. Перечислите основные факторы, влияющие на тепловые параметры воздуха при его движении по горным выработкам;
2. Сформулируйте основные закономерности формирования температурных полей в горных массивах и выработках;
3. Какие допущения используются при построении физических моделей процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах;
4. Какие уравнения характеризуют математическую формулировку процессов теплопереноса в горных выработках и горных массивах?
5. Назовите теплофизические свойства горных пород и приведите их ориентировочные значения;
6. Расскажите, каким образом рассчитать термодинамические параметры рудничного воздуха?

Раздел 2. Нестационарные температурные поля, формирующиеся в горных массивах, окружающих выработки различного назначения

1. Сформулируете физические законы, лежащие в основе уравнений, определяющих нестационарный теплообмен в горных массивах;
2. Какие граничные условия используются для описания нестационарного теплообмена при различных периодах существования горных выработок?
3. Как отличаются температурные поля, формирующиеся в горных массивах, окружающих выработки различной геометрической формы?
4. Опишите особенности формирования температурных полей в изотропных и анизотропных горных массивах;
5. Как осуществляется расчет количества теплоты, поступающей от горных массивов к воздуху?

Раздел 3. Тепловой режим горных выработок различного типа и назначения

1. Чем отличается интегральное уравнение теплового баланса от дифференциального уравнения?
2. Как рассчитать количества теплоты, поступающей в воздушную среду, от энергетических источников, расположенных в горных выработках?

3. Расскажите об основных этапах прогноза температурных условий в капитальных и подготовительных выработках.
4. Опишите особенности расчета теплового режима тупиковых выработок;
5. Сформулируйте основные закономерности формирования температурных условий на выемочных участках угольных шахт.

Раздел 4. Основы регулирования теплового режима горных массивов и горных выработок.

1. Опишите горнотехнические способы нормализации теплового режима;
2. Чем отличаются горнотехнические способы нормализации теплового режима от горно-физических способов?
3. Опишите принцип работы теплоаккумулирующей выработки.
4. Расскажите о системах кондиционирования воздуха на основе холодильных установок.
5. Сформулируйте основные принципы регулирования теплового режима шахт и рудников Севера.

6.2.2. Примерные тестовые задания к экзамену

Вариант 1

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Для горных пород зависимость изобарной (C_p) и изохорной теплоемкости (C_v) может быть с достаточной точностью охарактеризована выражением:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $C_p - C_v = R$ 2. $C_p \cdot dT = C_v \gamma dT$ 3. $C_p = \ln C_v$ 4. $C_p / C_v \approx 1$
2.	Температура горных пород T_H на глубине H от нейтрального слоя (температура T_0) в зависимости от величины геотермического градиента σ определяется зависимостью:	<ol style="list-style-type: none"> 1. $T_H = T_0 H$ 2. $T_H = T_0 + H$ 3. $T_H = T_0 \pm \sigma H$ 4. $T_H = \sigma \rho_\theta H$
3.	Расчет теплопроводности минералов производится по формуле со следующим названием:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Доплера 2. Планка 3. Миснара 4. Джоуля-Томсона
4.	Законы переноса теплоты излучением, фильтрации флюида и переноса массы это законы:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Стефана-Больцмана, Дарси, Фика 2. Стефана-Больцмана, Ньютона – Рихмана, Фурье 3. Стефана-Больцмана, Менделеева-Клапейрона, Ньютона-Рихмана 4. Стокса, Дарси, Джоуля-Ленца
5.	Размерности коэффициентов теплоемкости – C , теплопроводности – λ и температуропроводности – a :	<ol style="list-style-type: none"> 1. $C - \text{Вт}/(\text{м}^0\text{С}); \lambda - \text{Дж}/(\text{кг}^0\text{С}); a - \text{м}^2/\text{с}$ 2. $C - \text{Дж}/(\text{кг}^0\text{С}); \lambda - \text{м}^2/\text{с}; a - \text{Вт}/(\text{м}^0\text{С})$ 3. $C - \text{м}^2/\text{с}; \lambda - \text{Дж}/(\text{кг}^0\text{С}); a - \text{м}^2/\text{с}$ 4. $C - \text{Дж}/(\text{кг}^0\text{С}); \lambda - \text{Вт}/(\text{м}^0\text{С}); a - \text{м}^2/\text{с}$
6.	Удельная теплоемкость сухого воздуха, измеренная в $\text{кДж}/(\text{кг}^0\text{С})$, равна:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 4,19 2. 1,005 3. 0,5 4. 0,7

№	Вопросы	Варианты ответов
7.	Укажите термодинамические параметры влажного воздуха, определяющие его теплосодержание в аналитической форме	<ol style="list-style-type: none"> 1. температура, давление, удельный объем 2. универсальная газовая постоянная, энтропия 3. температура, эксергия, влажность 4. температура, относительная влажность, давление
8.	Какое значение плотности воздуха при нормальных физических условиях?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\rho_{п}=2.0 \text{ кг/м}^3$ 2. $\rho_{п}=1.5 \text{ кг/м}^3$ 3. $\rho_{п}=1.293 \text{ кг/м}^3$ 4. $\rho_{п}=1.0 \text{ кг/м}^3$
9.	Глубина промерзания пород вокруг замораживающей скважины с увеличением её диаметра и повышением температуры хладоносителя соответственно ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. увеличивается и уменьшается 2. увеличивается и увеличивается 3. уменьшается и уменьшается 4. остается постоянной
10.	Какова зависимость изменения температуры воздуха по длине вентиляционного пути?	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейная 2. экспоненциальная 3. гармоническая 4. линейно-кусочная
11.	Для решения задач теплообмена горную выработку камерного типа можно представить в ... форме:	<ol style="list-style-type: none"> 1. плоской 2. цилиндрической 3. сферической 4. не зависит от формы
12.	Глубина, на которой находится нейтральный слой, характеризуется ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. отсутствие фазовых переходов влаги 2. амплитудой температуры в течение годового периода $0,1^{\circ}\text{C}$ 3. амплитудой температуры в течение годового периода 1°C 4. нулевым значением глубинного теплового потока
13.	Величина удельной теплоемкости сухого воздуха $C_{в}$ по отношению у удельной теплоемкости пара $C_{п}$ удовлетворяет следующего соотношению ...	<ol style="list-style-type: none"> 1. $C_{в} = C_{п}$ 2. $C_{в} < C_{п}$ 3. $C_{в} \leq C_{п}$ 4. $C_{в} > C_{п}$
14.	1 мм. рт. ст. соответствует:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 9.8 Па 2. 133 Па 3. 10^2 Па 4. 10^3 Па
15.	Что общего характеризуют законы Фурье, Дарси и Фика?	<ol style="list-style-type: none"> 1. форма записи 2. перенос массы 3. перенос энергии 4. пропорциональность интенсивности переноса массы или энергии градиенту разности потенциалов

№	Вопросы	Варианты ответов
16.	Начальным условием при решении дифференциального уравнения теплопроводности Фурье является:	<ol style="list-style-type: none"> 1. распределение температуры, скоростей движения и давления флюида 2. распределение температуры и скоростей флюида 3. распределение температуры в момент времени, принятый за точку отсчета 4. распределение температуры, скоростей движения, давления и плотности флюида
17.	Удельная теплоемкость воды, измеренная в кДж/(кг ⁰ С), равна:	<ol style="list-style-type: none"> 1. 4,19 2. 1,005 3. 0,5 4. 0,7
18.	Определите правильную форму записи дифференциального уравнения теплопроводности Фурье без дополнительных источников теплоты.	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\nabla^2 T = \partial T / \partial \tau$ 2. $\nabla^2 T = 0$ 3. $a \nabla^2 T + q / c\rho = \partial T / \partial \tau$ 4. $a \nabla^2 T = \partial T / \partial \tau$
19.	По закону Ньютона-Рихмана конвективный тепловой поток пропорционален:	<ol style="list-style-type: none"> 1. коэффициенту теплопроводности λ 2. коэффициенту теплоотдачи α 3. разности температур стенки и флюида ($T_{ст}-t$) 4. коэффициенту теплоотдачи α и ($T_{ст}-t$)
20.	Заданное распределение температуры в массиве до начала процесса теплообмена называется	<ol style="list-style-type: none"> 1. геометрическим условием физическим условием 2. начальным (временным) условием 3. граничным условием 4. (1+2+3)

Вариант 2

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Влагосодержание влажного воздуха зависит от:	<ol style="list-style-type: none"> 1. барометрического давления и температуры 2. температуры и плотности воздуха 3. температуры, относительной влажности и барометрического давления. 4. влажности, энтальпии и парциального давления
2.	Граничные условия первого рода задаются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. распределением температуры в функции координат и времени 2. заданием температуры на поверхности тела 3. плотностью теплового потока на поверхности тела 4. равенством тепловых потоков флюида и тела на границе раздела сред

№	Вопросы	Варианты ответов
3.	По закону Фурье тепловой поток в твердом теле пропорционален:	<ol style="list-style-type: none"> 1. удельному значению коэффициента теплопроводности флюида в пограничном слое 2. коэффициенту теплопроводности твердого тела и градиенту температур 3. удельной теплоемкости тела и градиенту температур 4. коэффициенту теплопроводности флюида
4.	В каком из дифференциальных уравнений теплопроводности Фурье правая часть должна быть умножена на коэффициент температуропроводности породы?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\partial T / \partial \tau = c \partial^2 T / \partial x^2$ 2. $\partial T / \partial \tau = \lambda \partial^2 T / \partial \tau$ 3. $\partial T / \partial \tau = \lambda / c (\partial^2 T / \partial \tau)$ 4. $\partial T / \partial \tau = \nabla^2 T$
5.	Граничные условия второго рода задаются:	<ol style="list-style-type: none"> 1. распределением температуры в функции координат и времени 2. градиентом теплового потока на границе раздела сред 3. градиентом температуры потока на поверхности тела 4. плотностью теплового потока на поверхности тела
6.	Зона температурного возмущения в породах, окружающих горную выработку за первый год существования выработки не превосходит:	<ol style="list-style-type: none"> 1. (2-5)м 2. (5-10)м 3. (10-30)м 4. (30-100)м
7.	Что является основным дополнительным граничным условием при решении задач теплопроводности Стефана (промерзание грунта)?	<ol style="list-style-type: none"> 1. равенство температур ($t_1=t_2=t_f$) на границе фазового перехода 2. задание температуры на поверхности тела 3. равенство температур на границе зоны фазового перехода температуре фазового перехода ($t_1=t_2=t_f$) и равенство тепловых потоков $q_1=q_2$ на границе фазового перехода 4. отрицательная температура воздуха
8.	Коэффициент теплоотдачи от стенки выработки к воздуху 0,1 Вт/(м ² ·°C), температура стенки 20°С, температура воздуха 21°С. Какова величина удельного теплового потока от стенки к воздуху?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 0.035 Вт/м² 2. 0.010 Вт/м² 3. 0.10 Вт/м² 4. 0.13 Вт/м²
9.	Какие критерии включают в себя значения коэффициента теплоотдачи α ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Био и Фурье 2. Нуссельта и Рейнольдса 3. Нуссельта и Био 4. Био и Рейнольдса
10.	Граничное условие какого рода называется неуправляемым?	<ol style="list-style-type: none"> 1. первого рода 2. второго рода 3. третьего рода 4. четвертого рода

№	Вопросы	Варианты ответов
11.	Какие источники теплоты в горных выработках входят в уравнение теплового баланса?	<ol style="list-style-type: none"> 1. машины и механизмы ($q_{\text{ММ}}$) 2. $q_{\text{ММ}}$, $q_{\text{л}}$ и окислительные процессы ($q_{\text{ок}}$) 3. $q_{\text{ММ}}$, $q_{\text{л}}$, $q_{\text{ок}}$ и адиабатическое сжатие – расширение воздуха с глубиной $q_{\text{ад}}$ 4. $q_{\text{ММ}}$, $q_{\text{л}}$, $q_{\text{ок}}$, $q_{\text{ад}}$ и тепловыделение горного массива ($q_{\text{ГМ}}$)
12.	Как влияет температура воздуха на тепловыделения от адиабатического сжатия в наклонных выработках?	<ol style="list-style-type: none"> 1. изотермически увеличивает 2. изотермически уменьшает 3. не влияет 4. адиабатически уменьшает
13.	К какому значению стремится температура воздуха в теплоаккумулирующих выработках в теплый период года?	<ol style="list-style-type: none"> 1. к начальной температуре воздуха 2. к минимуму 3. к среднегодовой температуре воздуха в выработке 4. к температуре пород в конце пути
14.	При охлаждении воздуха летом и подогреве зимой, какова зависимость изменения его температуры во времени?	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейная 2. гармоническая 3. экспоненциальная 4. линейно-кусочная
15.	При сухом нагреве воздуха в канале (выработке), его температура – t и энтальпия – i ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. t – растет, i – растет 2. t – падает, i – падает 3. t – растет, i – падает 4. t – падает, i – растет
16.	Температура мокрого термометра эта температура, которую принимает насыщенная воздушно-паровая смесь в процессе испарения при сохранении	<ol style="list-style-type: none"> 1. постоянного влагосодержания 2. постоянной влажности 3. постоянного теплосодержания 4. постоянного парциального давления
17.	От чего зависит удельный тепловой поток между стенкой выработки и воздухом в данном сечении?	<ol style="list-style-type: none"> 1. разности температур воздуха в начале и в конце вентиляционного пути 2. разности температур воздуха на поверхности и подаваемого в выработки 3. разности между температурой поверхности выработки и температурой воздуха в данном сечении 4. разности температуры воздуха на поверхности и $+2^{\circ}\text{C}$
18.	Каково среднее значение изменения температуры пород с глубиной?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\Delta t=0.1^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ 2. $\Delta t=1.0^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ 3. $\Delta t=3.0^{\circ}\text{C}/100\text{м}$ 4. $\Delta t=5.0^{\circ}\text{C}/100\text{м}$
19.	Каким соотношением связан коэффициент нестационарного теплообмена с коэффициентом теплоотдачи при известных температуре поверхности выработки ($T_{\text{пов}}$), температуре воздуха (t) и естественной температуре пород (T_0)	<ol style="list-style-type: none"> 1. $K_{\tau} = \lambda \partial T / \partial n$ 2. $K_{\tau} = \alpha (T_0 - t)$ 3. $K_{\tau} = \alpha (T_{\text{пов}} - t) / (T_0 - t)$ 4. $K_{\tau} = \lambda (T_0 - t)$

№	Вопросы	Варианты ответов
20.	Охлаждение воздуха во всех выработках шахты достигается путем его охлаждения:	<ol style="list-style-type: none"> 1. централизованного на поверхности 2. централизованного в околостольном дворе 3. группового на крыльях шахтного поля 4. местного

Вариант 3

№	Вопросы	Варианты ответов
1.	Функцией, каких параметров является парциальное давление водяного пара в воздухе?	<ol style="list-style-type: none"> 1. температуры, относительной влажности, давления 2. давления и относительной влажности 3. относительной влажности и температуры 4. температуры и давления
2.	Критерий Рейнольдса зависит от:	<ol style="list-style-type: none"> 1. температуры воздуха и характерного размера 2. скорости воздуха, кинематической вязкости и характерного размера 3. поверхности теплообмена и характерного размера 4. температуры и скорости воздуха
3.	Каким законом описываются колебания температуры воздуха в приземном слое и температуры Земли в гелиотермозоне?	<ol style="list-style-type: none"> 1. линейным 2. логарифмическим 3. Льюиса 4. гармоническим
4.	Коэффициент кинематической вязкости флюида входит в критерии:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Нуссельта и Фурье 2. Прандтля и Фурье 3. Прандтля и Рейнольдса 4. Нуссельта и Био
5.	Критерием безразмерного времени является:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Фурье 2. Нуссельт 3. Прандтль 4. Био
6.	Коэффициент теплоотдачи с увеличением плотности флюида:	<ol style="list-style-type: none"> 1. остается постоянным 2. снижается 3. увеличивается 4. растет, а затем снижается
7.	В чем заключается специфическая особенность задач Стефана для горных пород?	<ol style="list-style-type: none"> 1. в учете теплопроводности горной породы 2. в учете влагообмена 3. в учете скрытой теплоты фазового перехода 4. в учете конвективного переноса теплоты
8.	Молекулярный вес сухого воздуха равен	<ol style="list-style-type: none"> 1. 16 2. 21 3. 25 4. 29

№	Вопросы	Варианты ответов
9.	Как изображается термодинамический процесс на i-d диаграмме при сухом подогреве воздуха?	<ol style="list-style-type: none"> 1. точкой 2. наклонной линией, направленной вправо от начальной точки термодинамического состояния 3. вертикальной линией, совпадающей с линиями постоянных влагосодержаний 4. наклонной линией, направленной влево от начальной точки термодинамического состояния
10.	Какое соотношение связывает относительную влажность воздуха φ с парциальными давлениями пара в воздухе P_n и насыщенного пара P_{np} ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. $\varphi = (P_n)^{0,5} \cdot P_{np}$ 2. $\varphi = P_n \cdot (P_{np})^{0,5}$ 3. $\varphi = P_n / P_{np}$ 4. $\varphi = P_n^2 \cdot P_{np}$
11.	Какое количество уравнений теплового баланса необходимо для описания теплообмена в горной выработке при отсутствии поступления влаги в воздух?	<ol style="list-style-type: none"> 1. одно 2. два 3. три 4. четыре
12.	Какое количество уравнений теплового баланса и баланса массы влаги необходимо для описания теплообмена в горной выработке при поступлении влаги в воздух?	<ol style="list-style-type: none"> 1. одно 2. два 3. три 4. четыре
13.	Какое количество уравнений теплового баланса необходимо для описания теплообмена в горной выработке с трубопроводом при отсутствии поступления влаги в воздух?	<ol style="list-style-type: none"> 1. одно 2. два 3. три 4. четыре
14.	Какое количество уравнений теплового баланса необходимо для описания теплообмена при проветривании тупиковой горной выработки?	<ol style="list-style-type: none"> 1. одно 2. два 3. три 4. четыре
15.	От чего зависит коэффициент аппроксимации влагосодержания насыщенного влажного воздуха в функции температуры?	<ol style="list-style-type: none"> 1. от относительной влажности 2. от предполагаемого интервала изменения температуры 3. от парциального давления 4. от плотности воздуха и барометрического давления
16.	Чему равна предельная длина расчетного участка выработки, при которой можно использовать интегральное уравнение теплового баланса вместо дифференциального?	<ol style="list-style-type: none"> 1. 50 м 2. 100 м 3. 300 м 4. 500 м

№	Вопросы	Варианты ответов
17.	Что учитывает величина эффективной теплоемкости влажного воздуха?	1. тепловыделения от энергетических источников 2. тепловыделения от относительных источников 3. массообменные процессы 4. (1)+(2)
18.	Укажите размерность теплоты испарения влаги в системе СИ	1. Ккал /м ³ 2. кДж/кг °С 3. кДж/кг 4. Вт/ м ³
19.	Чему равна величина удельной теплоты испарения влаги в системе СИ?	1. 2500 2. 1000 3. 1500 4. 900
20.	От каких величин зависят тепловыделения от окисления сульфидных руд?	1. типа руды 2. температуры руды 3. влажности руды 4. (1) +(2)+(3)

6.2.3. Критерии оценок промежуточной аттестации (экзамена)

Примерная шкала оценивания знаний по вопросам/выполнению заданий экзамена:

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Студент не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Студент поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Студент хорошо знает материал, грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос.	Студент в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Уверенно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий	Безошибочно находит решения, предусмотренные программой обучения заданий
Большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Предусмотренные программой обучения задания выполнены удовлетворительно	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены	Предусмотренные программой обучения задания успешно выполнены

Примерная шкала оценивания знаний в тестовой форме:

Количество правильных ответов, %	Оценка
0-50	Неудовлетворительно
51-65	Удовлетворительно
66-85	Хорошо
86-100	Отлично

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

7.1 Основная литература:

1. Гончаров, С.А. Термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2002. — 441 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3463>. — Загл. с экрана.
2. Пучков, Л.А. Извлечение метана из угольных пластов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л.А. Пучков, С.В. Сластунов, К.С. Коликов. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2002. — 383 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3429>. — Загл. с экрана.
3. Горное дело [Электронный ресурс] : слов. / под ред. Трубецкого К.Н.. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2016. — 635 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/101779>. — Загл. с экрана

7.2 Дополнительная литература:

1. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. / К.З. Ушаков [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2005. — 430 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3433>. — Загл. с экрана.
2. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2007. — 85 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1813>. — Загл. с экрана.
3. Арутюнов, В.А. Теплофизика и теплотехника: Теплофизика: Курс лекций [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов, С.А. Крупенников, Г.С. Сборщиков. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2010. — 228 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/2083>. — Загл. с экрана.
4. Безопасность жизнедеятельности [Электронный ресурс] : учеб. / К.З. Ушаков [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2005. — 430 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3433>. — Загл. с экрана.
5. Гендлер С.Г. Тепловой режим подземных сооружений./СПб. - 1987. ЛГИ:. 101 с.
6. Теплофизические расчеты объектов народного хозяйства, размещаемых в горных выработках. Справочное Пособие по СНИП.//М. - 1989. Стройиздат:. 76 с.
7. Шувалов Ю.В. Термодинамика/ Шувалов Ю.В., Гендлер С.Г., Мовчан И.Б.//СПБ. – 2006. РИЦ СГГИ:. – 101 с.

7.3. Базы данных, электронно-библиотечные системы, информационно-справочные и поисковые системы

1. Европейская цифровая библиотека Europeana: <http://www.europeana.eu/portal>
2. Консультант Плюс: справочно - поисковая система [Электронный ресурс]. - www.consultant.ru/.
3. Мировая цифровая библиотека: <http://wdl.org/ru>
4. Научная электронная библиотека «Scopus» <https://www.scopus.com>
5. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

6. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>
7. Поисковые системы Yandex, Google, Rambler, Yahoo и др.
8. Система ГАРАНТ: электронный периодический справочник [Электронный ресурс] www.garant.ru/.
9. Электронно-библиотечная система издательского центра «Лань»: <https://e.lanbook.com/books>.
10. Электронная библиотека Российской Государственной Библиотеки (РГБ): <http://www.rsl.ru/>
11. Электронная библиотека учебников: <http://studentam.net>
12. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.
13. Электронная библиотечная система «Национальный цифровой ресурс «Руконт»»: <http://rucont.ru/>
14. Электронно-библиотечная система <http://www.sciteclibrary.ru/>

7.4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента

1. Гончаров, С.А. Термодинамика [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Москва : Горная книга, 2002. — 441 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/3463>. — Загл. с экрана.
2. Теплофизика, теплотехника, теплообмен. Механика жидкостей и газов. Лабораторный практикум [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.А. Арутюнов [и др.]. — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2007. — 85 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1813>. — Загл. с экрана.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Материально-техническое оснащение аудиторий

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы.

Основная лекционная аудитория включает 36 посадочных мест и имеет:

Мебель:

Стол аудиторный – 18 шт., стол преподавательский – 1 шт., стул – 40 шт., трибуна – 1 шт., шкаф преподавателя ArtM – 1 шт.

Компьютерная техника:

Видеопрезентер Elmo P-30S – 1 шт., доска интерактивная Polyvision eno 2610A – 1 шт., источник бесперебойного питания Poverware 5115 750i – 1 шт., коммутатор Kramer VP-201 – 1 шт., компьютер Comprimir – 1 шт. с возможностью подключения к сети «Интернет», масштабатор Kramer VP-720x1 – 1 шт., микшер-усилитель Dynacord MV 506 – 1 шт., монитор ЖК «17» Dell – 2 шт., мультимедиа проектор Mitsubischi XD221-ST – 1 шт., пульт управления презентацией Interlink Remote Point Global Presenter – 1 шт., рекордер DVD LG HDR899 – 1 шт., усилитель-распределитель Kramer VP-200xln – 1 шт., устройство светозащитное – 3 шт., крепление SMS Projector – 1 шт.

Лаборатории оснащены мебелью и лабораторными установками, необходимыми для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Тепловые процессы в горных выработках и горных массивах»:

24 посадочных места

Стол пристенный 1500×850×750 – 13 шт., стол для компьютера ЛАБ-1200 – 2 шт., стол SS 16 NF 160×80 – 1 шт., стул – 27 шт., кресло для преподавателя – 4 шт., доска ауд. поворотная ДП-12 1500*1000 бел – 1 шт., стеллаж закрытый КД-152 – 1 шт., доска магнитная (фломастер) – 1 шт., стеллаж к пристенному столу 1500*230*1240 – 13 шт., устройство светозащитное – 3 шт., плакаты в рамках – 14 шт.,

Стенд «Основы газовой динамики» ОГД-010-11ЛР-01, позволяющий выполнять более 15 различных лабораторных работ – 4 шт.

8.2. Помещения для самостоятельной работы:

Оснащенность помещения для самостоятельной работы: 17 посадочных мест. Доска для письма маркером – 1 шт., рабочие места студентов, оборудованные ПК с доступом в сеть Университета – 17 шт., мультимедийный проектор – 1 шт., АРМ преподавателя для работы с мультимедиа – 1 шт. (системный блок, мониторы – 2 шт.), стол – 18 шт., стул – 18 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Операционная система Microsoft Windows 7 Professional Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года).
- Microsoft Office 2007 Standard Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года).

8.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования:

Центр новых информационных технологий и средств обучения:

Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

Перечень лицензионного программного обеспечения:

- Microsoft Windows 7 Professional (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012)
- Microsoft Office 2007 Professional Plus (Лицензионное соглашение Microsoft Open License 46431107 от 22.01.2010)
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Endpoint Security (Договор № Д810(223)-12/17 от 11.12.17)

8.4. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 7 Professional (Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, Microsoft Open License 48358058 от 11.04.2011, Microsoft Open License 49487710 от 20.12.2011, Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011 (обслуживание до 2020 года), ГК № 1464-12/10 от 15.12.10 «На поставку компьютерного оборудования, ГК № 959-09/10 от 22.09.10 «На поставку компьютерной техники» (обслуживание до 2020 года), ГК № 447-06/11 от 06.06.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года), ГК № 984-12/11 от 14.12.11 «На поставку оборудования» (обслуживание до 2020 года), ГК № 671-08/12 от 20.08.2012 «На поставку продукции» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1105-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года), Договор № 1106-12/11 от 28.12.2011 «На поставку компьютерного оборудования» (обслуживание до 2020 года).

2. Microsoft Office 2007 Standard (Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007 (обслуживание до 2020 года).