

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Забайкальский государственный университет»  
(ФГБОУ ВО «ЗабГУ»)

Горный факультет

Кафедра Подземной разработки месторождений полезных ископаемых

УТВЕРЖДАЮ:

Декан факультета

Горный факультет

Авдеев Павел Борисович

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.О.33 Термодинамика

на 216 часа(ов), 6 зачетных(ые) единиц(ы)

для направления подготовки (специальности) 21.05.04 - Горное дело

составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным приказом  
Министерства образования и науки Российской Федерации от

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. №\_\_\_

Профиль – Подземная разработка рудных месторождений (для набора 2023)

Форма обучения: Очная

# 1. Организационно-методический раздел

## 1.1 Цели и задачи дисциплины (модуля)

Цель изучения дисциплины:

- формирование комплекса знаний в области получения, преобразования, передачи и использования теплоты, формирование умений и навыков исследования термодинамических процессов горного производства.

Задачи изучения дисциплины:

знания об основах преобразования энергии

знания о законах термодинамики и тепломассообмена, термодинамических процессах и циклах, теплотехнической терминологии

знания о законах получения, преобразования теплоты и эффективных способах ее использования

получить навыки инженерного расчета и анализа термодинамических процессов в горном производстве

## 1.2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОП

Для успешного усвоения материала по дисциплине «Термодинамика» необходимы прочные знания по специальным дисциплинам, изучаемым студентами на 2 и 3 курсе: Геология, Физика горных пород, Геомеханика и др. Дисциплина включена в Блок 1 часть, формируемую участниками образовательных отношений. К исходным требованиям, необходимым для изучения дисциплины «Термодинамика» относятся знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин: Геология, Физика горных пород, Геомеханика, Проведение и крепление горных выработок. Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

## 1.3. Объем дисциплины (модуля) с указанием трудоемкости всех видов учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 6 зачетных(ые) единиц(ы), 216 часов.

Виды занятий	Семестр 6	Всего часов
Общая трудоемкость		216
Аудиторные занятия, в т.ч.	64	64
Лекционные (ЛК)	32	32
Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	32	32
Лабораторные (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа	116	116

студентов (СРС)		
Форма промежуточной аттестации в семестре	Экзамен	36
Курсовая работа (курсовой проект) (КР, КП)		

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы		Планируемые результаты обучения по дисциплине
Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции, формируемые в рамках дисциплины	Дескрипторы: знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности
ОПК-2	ОПК-2.1. Знает составы и свойства горных пород, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации горного производства.	Знать: основные технологии поиска, разведки и организации горного производства, стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии; составы и свойства горных пород, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации горного производства.
ОПК-2	ОПК-2.2. Использует основные технологии поиска, разведки и организации горного производства в России и за рубежом, стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии.	Уметь: использовать основные технологии поиска, разведки и организации горного производства в России и за рубежом, стандарты и ТУ, источники получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии; использовать знания о составах и свойствах горных пород, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации горного производства.
ОПК-2	ОПК-2.3. Владеет анализом горно-геологических условий при выборе технологии ведения эксплуатационной разведки и добычи твердых полезных ископаемых.	Владеть: основными технологиями поиска, разведки и организации горного производства в России и за рубежом, стандартами и ТУ, источниками получения информации, массмедийные и мультимедийные технологии.

		знаниями о составах и свойствах горных пород, основные положения метрологии, стандартизации, сертификации горного производства.
ОПК-6	ОПК-6.1. Знает принципиальные особенности моделирования математических, физических и химических процессов, предназначенные для конкретных технологических процессов.	Знать: особенности термодинамического состояния массивов горных пород .
ОПК-6	ОПК-6.2. Умеет пользоваться методами оценки состояния горных пород и управления горным массивом при добыче и переработке полезных ископаемых.	Уметь: пользоваться методами оценки термодинамического состояния горных пород в массиве и разрушенном состоянии при их добыче и переработке.
ОПК-6	ОПК-6.3. Владеет навыками решения производственных задач управления свойствами горных пород и состоянием массива в процессах добычи и переработки полезных ископаемых на основе внедрения современных технологий.	Владеть: основными навыками по управлению термодинамическими свойствами горных пород.
ПК-3	ПК-3.1. Знает технику и технологию проведения проектирования технологических процессов, технологические комплексы, используемые на производстве, в частности системы диспетчерского управления, промышленного контроля и т.д., стандартные компьютерные программы для расчета технических средств и технологических решений.	Знать: принципы, методы и требования, предъявляемые к проектной работе; теоретические основы и технологии организации проектной деятельности, стандартные компьютерные программы для расчета технических средств и технологических решений.
ПК-3	ПК-3.2. Умеет анализировать и обобщать опыт разработки технических и технологических проектов, использовать стандартные программные средства при проектировании производственных и технологических процессов в горной отрасли.	Уметь: проектировать этапы работы над техническим и технологическим проектом в соответствии с его жизненным циклом, применять стандартные программные средства при проектировании производственных и технологических процессов.

ПК-3	ПК-3.3. Владеет навыками проектирования отдельных разделов технических и технологических проектов.	Владеть: технологиями выполнения и управления проектами в области горного производства.
------	--	---

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для очной формы обучения

Модуль	Номер раздела	Наименование раздела	Темы раздела	Всего часов	Аудиторные занятия			С Р С
					Л К	П З (С З)	Л Р	
1	1.1	Основы термодинамик и горных пород	1. Основные понятия термодинамики 2. Термодинамические процессы 3. Фазовые переходы в горных породах 4. Основы химической термодинамики	42	8	6	0	28
	1.2	Свойства минералов и горных пород	1. Теплофизические свойства минералов и горных пород 2. Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород 3. Физико-механические, теплофизические и водно-физические свойства мерзлых горных пород и их строение	34	6	6	0	22
2	2.1	Тепломассоперенос	1. Потoki жидких и газовых теплоносителей 2. Теплообмен в горных породах 3. Методы расчета основных параметров тепловых	32	6	6	0	20

			процессов					
3	3.1	Термодинамические процессы подземных горных работ	1. Тепло земных недр 2. Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок 3. Термическое и термодинамическое разрушение пород	36	6	6	0	24
	3.2	Термодинамические процессы открытых горных работ	1. Промерзание горных пород 2. Оттайка мерзлых горных пород	26	4	6	0	16
	3.3	Термодинамические процессы при обогащении полезных ископаемых	1. Окускование полезных ископаемых и концентратов	10	2	2	0	6
Итого				180	32	32	0	116

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### 3.2.1. Лекционные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Основные понятия термодинамики	Термодинамические системы и их параметры; внутренняя энергия и внешняя работа; первый закон термодинамики	2
	1.1	Термодинамические процессы	Понятие о термодинамических процессах; энтальпия и энтропия; второй и объединенный законы термодинамики; термодинамическая вероятность и третий закон термодинамики; теорема Нернста; нулевое начало термодинамики; уравнения состояния	2
	1.1	Фазовые переходы в горных породах	Общие сведения о фазовых переходах; фазовые переходы первого и второго рода; полиморфные превращения;	2

			основные уравнения термодинамики фазовых переходов; фазовые переходы при неодинаковом давлении фаз; давление в сосуществующих фазах при искривленной поверхности их раздела; уравнение Пойнтинга	
	1.1	Основы химической термодинамики	Тепловые эффекты химических реакций; закон Гесса и его следствия; уравнение Кирхгофа; химическое равновесие; принцип Ле Шателье	2
	1.2	Теплофизические свойства минералов и горных пород	Теплоемкость, теплопроводность и температуропроводность минералов и горных пород; способы их измерения и расчета; их зависимость от температуры; тепловое расширение минералов и горных пород и остаточные температурные деформации в горных породах	2
	1.2	Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород	Упругие, прочностные, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород и их зависимость от температуры; комплексы физических свойств горных пород и их зависимость от температуры	2
	1.2	Физико-механические, теплофизические и водно-физические свойства мерзлых горных пород и их строение	Подземные льды; физико-механические, электрические, теплофизические свойства мерзлых горных пород; зависимость свойств мерзлых горных пород от температуры, литологического и гранулометрического состава; терминология; особенности разработки мерзлых и талых рыхлых горных пород.	2
2	2.1	Потоки жидких и газовых теплоносителей	Уравнение первого закона термодинамики для потока; основные дифференциальные уравнения процессов течения жидкости и газов; сопло Ловаля; температура адиабатного торможения потока	2
	2.1	Теплообмен в горных породах	Основной закон теплопроводности (уравнение Фурье); дифференциальное уравнение	2

			теплопроводности; частные случаи данного уравнения; начальные, граничные и краевые условия; источники тепла и тепловые режимы; виды теплоносителей и теплообмена; методы определения термодинамических параметров теплоносителей; пограничный слой и механизм конвективного теплообмена	
	2.1	Методы расчета основных параметров тепловых процессов	Критерии подобия в термодинамике, физический смысл и пределы их изменений; безразмерные величины, имеющие смысл критериев; условия однозначности; методы расчета основных параметров тепловых процессов	2
3	3.1	Тепло земных недр	Термодинамические параметры земной коры; источники тепла земных недр; процессы теплопереноса в недрах Земли; использование тепла земных недр; типы геолого-тектонических геотермических областей; мерзлые горные породы как термодинамические системы	2
	3.1	Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок	Сущность способа проходки выработок с предварительным замораживанием пород; технология проходки выработок; схемы замораживания при строительстве стволов, горизонтальных и наклонных выработок	2
	3.1	Термическое и термодинамическое разрушение пород	Огневое бурение и расширение скважин; физическая сущность и термодинамические модели процессов; оборудование и технология. Бурение скважин при использовании двухфазных теплоносителей и знакопеременном тепловом воздействии; физическая сущность и термодинамические модели процессов; оборудование и технология. Электротермический способ разрушения горных пород; физическая сущность и	2



			термодинамическая модель процесса	
	3.2	Промерзание горных пород	Определение глубины промерзания поверхностного слоя горных пород; влияние состава пород, их влажности и теплофизических характеристик на процесс промерзания горных пород; излучение, поглощение и отражение лучистой энергии; энергетический (тепловой) баланс Земли. Суммарная солнечная радиация. Отраженная коротко-волновая радиация и длинноволновое эффективное излучение. Структура теплового баланса.	2
	3.2	Оттайка мерзлых горных пород	Характеристики способов оттаивания мерзлых пород; условия применения различных способов оттайки; технология солнечно-радиационного оттаивания; технология фильтрационно-дренажного оттаивания; технология фильтрационно-дождевального оттаивания; технология игловой гидрооттайки	2
	3.3	Окускование полезных ископаемых и концентратов	Назначение и классификация процессов окускования; агломерация, окомковывание, брикетирование полезных ископаемых	2

### 3.2.2. Практические занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Основные понятия термодинамик и	Расчет работы разрушения и изменения внутренней энергии негабаритного куска горной породы при термическом дроблении	2
	1.1	Термодинамические процессы	Расчет энтальпии и энтропии куска горной породы	2
	1.1	Фазовые переходы в горных породах	Расчет температуры и теплоты плавления металла	2

	1.2	Теплофизические свойства минералов и горных пород	Расчет теплофизических свойств горных пород (теплоемкости, тепло- и температуропроводности, теплового сопротивления)	2
	1.2	Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород	Определение упругих свойств горных пород	2
	1.2	Физико-механические, теплофизические и водно-физические свойства мерзлых горных пород и их строение	Определение теплофизических характеристик мерзлых пород	2
2	2.1	Потоки жидких и газовых теплоносителей	Расчет технологических характеристик сопла Ловаля	2
	2.1	Теплообмен в горных породах	Расчет коэффициента нестационарного теплообмена и температуры стенки горной выработки. Расчет коэффициента гармонического теплообмена	2
	2.1	Методы расчета основных параметров тепловых процессов	Расчет коэффициента конвективной теплоотдачи горной выработки	2
3	3.1	Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок	Расчет основных параметров ледопородного ограждения при проходке вертикального ствола в водоносных породах	4
	3.1	Термическое	Расчет объемной и линейной	2

		и термодинамическое разрушение пород	скорости хрупкого термического разрушения горных пород при огневом бурении	
	3.2	Промерзание горных пород	Расчет глубины промерзания рыхлых отложений в естественных условиях	2
	3.2	Оттайка мерзлых горных пород	Расчет солнечно-радиационного оттаивания мерзлых пород	2
	3.2	Оттайка мерзлых горных пород	Расчет фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород	2
	3.3	Окускование полезных ископаемых и концентратов	Расчет теплового баланса агломерирующего обжига	2

### 3.2.3. Лабораторные занятия, содержание и объем в часах

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)

### 3.3. Содержание материалов, выносимых на самостоятельное изучение

Модуль	Номер раздела	Содержание материалов, выносимого на самостоятельное изучение	Виды самостоятельной деятельности	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Основы термодинамики горных пород	Составление конспекта	28
	1.2	Свойства минералов и горных пород	Составление конспекта	22
2	2.1	Тепломассоперенос	Выполнение контрольных работ	20
3	3.1	Термодинамические процессы подземных горных работ	Составление конспекта	24
	3.2	Термодинамические процессы открытых горных работ	Составление конспекта	16

	3.3	Термодинамические процессы при обогащении полезных ископаемых	Составление конспекта	6
--	-----	---	-----------------------	---

#### **4. Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины представлен в приложении.

[Фонд оценочных средств](#)

#### **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

##### **5.1. Основная литература**

###### **5.1.1. Печатные издания**

1. Гончаров, С.А. Термодинамика : учебник / Гончаров Степан Алексеевич. - 2-е изд., стер. - Москва : МГГУ, 2002. - 440 с
2. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика : учебник / Кириллин Владимир Алексеевич, Сычев Вячеслав Владимирович, Шейндлин Александр Ефимович. - 5-е изд., перераб. и доп. - Москва : МЭИ, 2008. - 496 с.
3. Теплотехника : учебник / под ред. В.Н. Луканина. - 5-е изд., стер... - Москва : Высш.шк., 2006. - 671с.
4. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники : учеб. пособие / Ляшков Василий Игнатьевич. - Москва : Высшая школа, 2008. - 317 с.

###### **5.1.2. Издания из ЭБС**

1. Дмитриев, А.П. Разрушение горных пород / А. П. Дмитриев; Дмитриев А.П. - Moscow : Горная книга, 2006. - . - Разрушение горных пород [Электронный ресурс] / Дмитриев А.П. - М: Издательство Московского государственного горного университета, 2006.

##### **5.2. Дополнительная литература**

###### **5.2.1. Печатные издания**

1. Щербань, А.Н. Руководство по регулированию теплового режима шахт / А. Н. Щербань, О. А. Кремнев, В. Я. Журавленко. - 3-е изд., перераб. и доп. - Москва : Недра, 1977. - 359с.
2. Термодинамика : контрольные задания и метод. указ. / сост. Р.Б. Закиев. - Чита : ЧитГУ, 2005. - 35с.

###### **5.2.2. Издания из ЭБС**

1. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика и теплопередача : [Электронный ресурс] / Кудинов Василий Александрович; Кудинов В.А., Карташов Э.М., Стефанюк Е.В. - 3-е изд. -

М. : Издательство Юрайт, 2017.

2. Аренс, В.Ж. Физико-химическая геотехнология [Электронный ресурс] / Арене В.Ж. - М. : Горная книга, 2001.

### 5.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Название	Ссылка
Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	<a href="https://urait.ru/">https://urait.ru/</a>
Электронно-библиотечная система «Консультант студента»	<a href="http://www.studentlibrary.ru/">http://www.studentlibrary.ru/</a>
Электронно-библиотечная система «Троицкий мост»	<a href="http://www.trmost.com/">http://www.trmost.com/</a>
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	<a href="http://diss.rsl.ru/">http://diss.rsl.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>
Государственная публичная научно-техническая библиотека России	<a href="http://www.gpntb.ru/">http://www.gpntb.ru/</a>
Библиотека Российской Академии наук	<a href="http://www.rasl.ru/">http://www.rasl.ru/</a>
Библиотека технической литературы	<a href="http://techlib.org">http://techlib.org</a>
Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.ru/</a>
Электронная библиотека учебников	<a href="https://studentam.net/">https://studentam.net/</a>

### 6. Перечень программного обеспечения

Программное обеспечение общего назначения: ОС Microsoft Windows, Microsoft Office, ABBYY FineReader, ESET NOD32 Smart Security Business Edition, Foxit Reader, АИБС "МегаПро".

Программное обеспечение специального назначения:

1) Autodesk AutoCad 2015

2) NanoCad

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Наименование помещений для проведения учебных занятий и для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по факультету
Учебные аудитории для проведения практических занятий	
Учебные аудитории для промежуточной аттестации	
Учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций	Состав оборудования и технических средств обучения указан в паспорте аудитории, закрепленной расписанием по кафедре

## 8. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для эффективного освоения материала дисциплины необходимым является выполнение следующих требований:

- обязательное посещение всех лекционных и практических занятий, способствующее системному овладению материалом курса;
- все вопросы соответствующих разделов и тем по дисциплине необходимо фиксировать (на любых носителях информации);
- обязательное выполнение домашних заданий является важнейшим требованием и условием формирования целостного и системного знания по дисциплине;
- обязательность личной активности каждого студента на всех занятиях по дисциплине;
- в случаях неясности каких-либо вопросов, обсуждаемых на занятиях, необходимо задать соответствующие вопросы преподавателю, а не оставлять их непонятыми;
- в случаях пропусков занятий по уважительным причинам студентам предоставляется право подготовки и представления заданий и ответов на вопросы изученного материала, с расчетом на помощь преподавателя в его усвоении;
- в случаях пропусков без уважительной причины студент обязан самостоятельно изучить соответствующий материал;
- необходимым условием является самостоятельность и инициативность студентов при контроле набора баллов по дисциплине для успешного прохождения промежуточной аттестации.

Самостоятельная работа студентов предполагает:

- самостоятельный поиск, обработку (анализ, синтез, обобщение и систематизацию), адаптацию необходимой по дисциплине информации;
- выполнение заданий для самостоятельной работы;
- изучение и усвоение теоретического материала, представленного на лекционных занятиях и в соответствующих литературных источниках (рекомендуемая основная и дополнительная

литература);

- самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;

- подготовка к практическим и семинарским занятиям, в соответствии с рекомендациями преподавателя (выполнение конкретных заданий, соответствующие организационные действия и т.д.).

Разработчик/группа разработчиков:  
Михаил Владимирович Лизункин

**Типовая программа утверждена**

Согласована с выпускающей кафедрой  
Заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.