

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 – Обогащение полезных ископаемых (для набора 2021)

Форма обучения: Заочная

# 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:

получить знания об основах преобразования энергии, законах термодинамики и тепломассообмена, термодинамических процессах и циклах, теплотехнической терминологии, 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.	22	22
Лекционные (ЛК)	10	10
Практические (семинарские) (ПЗ, СЗ)	12	12
Лабораторные (ЛР)	0	0
Самостоятельная работа студентов (СРС)	158	158

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	Владеть: технологиями

проектирования отдельных разделов технических и технологических проектов.	выполнения и управления проектами в области горного производства.
---	---

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий

##### 3.1 Структура дисциплины для заочной 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.	Основные понятия термодинамики. Термодинамические процессы. Фазовые переходы в горных породах. Основы химической термодинамики.	44	2	2	0	40
	1.2	Свойства минералов и горных пород.	Теплофизические свойства минералов и горных пород. Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород. Физико-механические, теплофизические и водно-физические свойства мерзлых горных пород и их строение.	33	2	3	0	28
2	2.1	Тепломассоперенос.	Потоки жидких и газовых теплоносителей. Теплообмен в горных породах. Методы расчета основных параметров тепловых процессов.	30	2	2	0	26

3	3.1	Термодинамические процессы подземных горных работ.	Тепло земных недр. Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок. Термическое и термодинамическое разрушение пород.	36	2	2	0	32
	3.2	Термодинамические процессы открытых горных работ.	Промерзание горных пород. Оттайка мерзлых горных пород.	25	1	2	0	22
	3.3	Термодинамические процессы при обогащении полезных ископаемых.	Окускование полезных ископаемых и концентратов.	12	1	1	0	10
Итого				180	10	12	0	158

### 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 процессы. Фазовые переходы в горных породах. Основы химической термодинамики.	Термодинамические системы и их параметры; внутренняя энергия и внешняя работа; первый закон термодинамики. 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. Общие сведения о фазовых переходах; фазовые переходы первого и второго рода; полиморфные превращения; основные уравнения термодинамики фазовых переходов; фазовые переходы при неодинаковом давлении фаз; давление в сосуществующих фазах при	2

			искривленной поверхности их раздела; уравнение Пойнтинга. Тепловые эффекты химических реакций; закон Гесса и его следствия; уравнение Кирхгофа; химическое равновесие; принцип Ле Шателье	
	1.2	<p>Теплофизические свойства минералов и горных пород.</p> <p>Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород.</p> <p>Физико-механические, теплофизические и водно-физические свойства мерзлых горных пород и их строение.</p>	<p>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.</p> <p>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. 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.</p>	2
2	2.1	<p>Потоки жидких и газовых теплоносителей. Теплообмен в горных породах.</p> <p>Методы расчета основных параметров тепловых процессов.</p>	<p>Уравнение первого закона термодинамики для потока; основные дифференциальные уравнения процессов течения жидкости и газов; сопло Ловаля; температура адиабатного торможения потока.</p> <p>Основной закон теплопроводности (уравнение Фурье); дифференциальное уравнение 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</p>	2

			<p>механизм конвективного теплообмена. Критерии подобия в термодинамике, физический смысл и пределы их изменений; безразмерные величины, имеющие смысл критериев; условия однозначности; методы расчета основных параметров тепловых процессов.</p>	
3	3.1	<p>Тепло земных недр. Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок. Термическое и термодинамическое разрушение пород.</p>	<p>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. Сущность способа проходки выработок с предварительным замораживанием пород; технология проходки выработок; схемы замораживания при строительстве стволов, горизонтальных и наклонных выработок. 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 термодинамическая модель процесса.</p>	2
	3.2	<p>Промерзание горных пород. Оттайка мерзлых горных пород.</p>	<p>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</p>	1



			длинноволновое эффективное излучение. Структура теплового баланса. 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.	
	3.3	Окускование полезных ископаемых и концентратов.	Назначение и классификация процессов окускования; агломерация, окомковывание, брикетирование полезных ископаемых.	1

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

Модуль	Номер раздела	Тема	Содержание	Трудоемкость (в часах)
1	1.1	Основные понятия термодинамики. Термодинамические процессы. Фазовые переходы в горных породах.	Расчет работы разрушения и изменения внутренней энергии негабаритного куска горной породы при термическом дроблении. Расчет энтальпии и энтропии куска горной породы. Расчет температуры и теплоты плавления металла.	2
	1.2	Теплофизические свойства минералов и горных пород. Физико-механические, электрические и магнитные свойства минералов и горных пород. Физико-механические, теплофизические и водно-физические	Расчет теплофизических свойств горных пород (теплоемкости, тепло- и температуропроводности, теплового сопротивления). Определение упругих свойств горных пород. Определение теплофизических характеристик мерзлых пород.	3

		свойства мерзлых горных пород и их строение.		
2	2.1	Потоки жидких и газовых теплоносителей. Теплообмен в горных породах. Методы расчета основных параметров тепловых процессов.	Расчет технологических характеристик сопла Ловаля. Расчет коэффициента нестационарного теплообмена и температуры стенки горной выработки. Расчет коэффициента гармонического теплообмена. Расчет коэффициента конвективной теплоотдачи горной выработки.	2
3	3.1	Замораживание горных пород при проведении подземных горных выработок. Термическое и термодинамическое разрушение пород.	Расчет основных параметров ледопородного ограждения при проходке вертикального ствола в водоносных породах. Расчет объемной и линейной скорости хрупкого термического разрушения горных пород при огневом бурении.	2
	3.2	Промерзание горных пород. Оттайка мерзлых горных пород.	Расчет глубины промерзания рыхлых отложений в естественных условиях. Расчет солнечно-радиационного оттаивания мерзлых пород. Расчет фильтрационно-дренажного оттаивания мерзлых пород.	2
	3.3	Окускование полезных ископаемых и концентратов.	Расчет теплового баланса агломерирующего обжига.	1

### 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	40
	1.2	Свойства минералов и горных пород	Составление конспекта	28
2	2.1	Тепломассоперенос	Выполнение контрольных работ	26
3	3.1	Термодинамические процессы подземных горных работ	Составление конспекта	32
	3.2	Термодинамические процессы открытых горных работ	Составление конспекта	22
	3.3	Термодинамические процессы при обогащении полезных ископаемых	Составление конспекта	10

### 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	<a href="http://window.edu.ru">http://window.edu.ru</a>

доступа к образовательным ресурсам» предоставляет свободный доступ к каталогу образовательных Интернет-ресурсов и полнотекстовой электронной учебно-методической библиотеке для общего и профессионального образования	
Российская национальная библиотека	<a href="http://nlr.ru/">http://nlr.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>
Электронная библиотека учебников	<a href="https://studentam.net/">https://studentam.net/</a>
Библиотека технической литературы	<a href="http://techlib.org">http://techlib.org</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.