

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 – Открытые горные работы (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»	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система «Юрайт»	https://urait.ru/
Электронно-библиотечная система «Консультант студента»	http://www.studentlibrary.ru/
Электронно-библиотечная система «Троицкий мост»	http://www.trmost.com/
Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки	http://diss.rsl.ru/
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	https://elibrary.ru/
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	http://window.edu.ru
Государственная публичная научно-техническая библиотека России	http://www.gpntb.ru/
Библиотека Российской Академии наук	http://www.rasl.ru/
Библиотека технической литературы	http://techlib.org
Российская национальная библиотека	http://nlr.ru/
Электронная библиотека учебников	https://studentam.net/

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, закреплённой 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, закреплённой 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:
Валерий Васильевич Медведев

Типовая программа утверждена

Согласована с выпускающей кафедрой
Заведующий кафедрой

_____ «___» _____ 20___ г.