

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 2024)

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.