

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 02.06.2022 13:42:16
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Федеральное государственное бюджетное
Образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра экспертизы и управления недвижимостью, горного дела

УТВЕРЖДАЮ:
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
« 1 » 2022г.



ФИЗИКА ГОРНЫХ ПОРОД

Методические указания по выполнению практических работ для
студентов специальности 21.05.04 Горное дело
Специализации «Открытые горные работы»

УДК 622

Составитель: Л.А. Семенова

Рецензент

Кандидат географических наук, доцент Р.А. Попков

Физика горных пород: Методические указания по выполнению практических работ для студентов специальности 21.05.04 Горное дело специализации «Открытые горные работы» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Л.А. Семенова.- Курск, 2022.- 20с.: рис. 4.- Библиогр.: с.20.

Содержит основные сведения о выполнении практических работ по дисциплине «Физика горных пород». В работе даны рекомендации по выполнению практических работ по дисциплине.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной на заседании кафедры Э и УН, ГД протокол № 1 от «30» 08 2021 года.

Предназначены для студентов направления подготовки (специальности) 21.05.04 Горное дело для специализации «Открытые горные работы».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16

Усл. Печ. Лист 0,74 Уч. изд.л. 1,05 Тираж 100экз. Заказ Бесплатно *1108*

Юго-Западный государственный университет.

305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

Содержание

1	Практическое занятие №1. Определение горно-технологических свойств горных пород	4
2	Практическое занятие №2. Определение напряжений и построение паспортов прочности	7
3	Практическая работа № 3. Определение плотности, объемной массы и пористости горных пород	12
4	Практическая работа № 4. Решение задач по дисциплине	18
	Список литературы	20

Практическое занятие №1

Тема: Определение горно-технологических свойств горных пород

Цель работы. – отработать навыки определения горно-технологических свойств горных пород.

Горно-технологические параметры устанавливаются эмпирическим путем. Они характеризуют поведение пород при воздействии на них инструментом, рабочими органами горных машин или технологией ведения горных работ.

Теория.

К горно-технологическим параметрам относятся *коэффициенты крепости, твердости, абразивности*, и др. Под *пределом прочности* понимают предельное напряжение, при котором образец горной породы разрушается:

$$\sigma = P / F,$$

где P - разрушающая нагрузка; F – площадь поперечного сечения образца, на которую действует приложенная нагрузка.

Предел прочности при одноосном сжатии образцов горных пород (прочность на сжатие) $\sigma_{сж}$ – широко используемая в горном деле характеристика прочности горных пород. Прочность на растяжение значительно ниже прочности на сжатие. По данным испытания установлены следующие связи: для пород с $\sigma_p \leq 5 \text{ МПа}$ $\sigma_{сж} = 20 \sigma_p$; для пород с $\sigma_p > 5 \text{ МПа}$ $\sigma_{сж} = 26 - 20 \sigma_p$.

По другим данным предел прочности на сжатие в 5-80, а иногда в 15-40 раз выше предела прочности на растяжение. Для магнетитовых руд $\sigma_p = 0,115 \sigma_{сж}$.

Модуль упругости E представляет собой отношение действующего нормально к плоскости напряжения σ_n к относительной линейной упругой деформации образца $\epsilon_l = \Delta l / l$ (где Δl - абсолютная деформация; l - база, на которой измерена деформация Δl) в направлении действия приложенной нагрузки:

$$E = \sigma_n / \epsilon_l.$$

Коэффициент поперечных деформаций (коэффициент Пуассона) μ устанавливает отношение между поперечной и продольной относительными деформациями $\mu = \epsilon_d / \epsilon_l$. Для большинства пород μ колеблется в интервале от 0,15 до 0,35.

Модуль упругости может быть определен, исходя из скорости упругой продольной волны C_p в тонком стержне породы:

$$E = \gamma C_p^2.$$

В связи с наличием трещиноватости, прочность массива горных пород меньше, чем отдельного слагающего этот массив куска (структурного блока). С увеличением степени трещиноватости прочностные характеристики массива пород

уменьшаются, а деформационные увеличиваются. Для получения прочностных характеристик массива через прочность образцов в расчеты вводят коэффициент структурного ослабления K_c (отношение прочности породы в массиве к прочности в куске).

Коэффициент длительной прочности ξ показывает уменьшение прочности породы в результате увеличения длительности воздействия нагрузки.

Коэффициент крепости породы по М,М,Протоdjяконову:

$$f = \sigma_{сж} / 100^7,$$

где $\sigma_{сж}$ - предел прочности на одноосное сжатие, Па.

Коэффициент и угол внутреннего трения. В отличие от внешнего трения, под которым понимают сопротивление взаимному перемещению контактирующих тел, внутреннее трение – возникающее при относительном перемещении отдельных частей тела при его деформировании. По аналогии с внешним трением под коэффициентом внутреннего трения понимают отношение силы трения F_m к величине нормальной нагрузки P_n .

$$f_T = F_m / P_n$$

где φ – угол внутреннего трения. Угол внутреннего трения находят экспериментальным путем, $\operatorname{tg}\varphi$ – коэффициент внутреннего трения.

При расчете горного давления необходимо знать значение минимального коэффициента внутреннего трения, при котором величина горного давления максимальна.

Для аналитических расчетов коэффициента трения пород могут быть использованы следующие зависимости, полученные из рассмотрения взаимодействия главных напряжений σ_1 и σ_2 , а также предельных кругов напряжений.

Если действующие напряжения сжимающие, причем $\sigma_1 > \sigma_2$, то

$$\operatorname{tg}\varphi = (\sigma_1 - \sigma_2) / (\sigma_1 + \sigma_2). \quad (1)$$

Если напряжения σ_1 растягивающие, а σ_2 – сжимающие, причем $\sigma_2 > \sigma_1$, то,

$$\operatorname{tg}\varphi = (\sigma_1 + \sigma_2) / (\sigma_2 - \sigma_1).$$

Для упрощенного расчета коэффициента трения по значениям прочностей образцов на одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ и растяжение σ_p можно применять формулу

$$\operatorname{tg}\varphi = (\sigma_{сж} - \sigma_p) / (\sigma_{сж} + \sigma_p). \quad (2)$$

$$\operatorname{tg}\varphi = (f - 1) / (f + 1),$$

где f – коэффициент крепости породы по М,М, Протоdjяконову.

Пример 1.

Определить следующие параметры горных пород: $\sigma_{сж}, \sigma_p, \text{tg}\varphi$, φ если в камере прямоугольного поперечного сечения ширина выработки по кровле составляет 4м, высота 6м. Камера пройдена в известняках с коэффициентом крепости $f=10$; средний размер структурного блока $b=0,4$ м; коэффициент Пуассона $\mu=0,25$; коэффициент длительной прочности известняка $\xi=0,65$; плотность $\gamma=2700$ кг/м³.

Решение.

1. Временное сопротивление образцов одноосному сжатию и растяжению:

$$\sigma_{сж} = 100 f = 100 \cdot 10 = 10^2 \text{ кгс/см}^2 = 10^8 \text{ Па} = 100 \text{ Мпа};$$

$$\sigma_p = 0,1 \sigma_{сж} = 100 \text{ кгс/см}^2 = 10^7 \text{ Па} = 10 \text{ Мпа}.$$

2. Коэффициент структурного ослабления по интенсивности трещиноватости

$$\text{для кровли при } B/b = 4/0,4 = 10 \quad K_c = 0,3;$$

$$\text{для стенок при } B/b = 6/0,4 = 15 \quad K_c = 0,2;$$

3. Пределы прочности массива горных пород при длительном сжатии и растяжении (Па):

$$\text{Для кровли } R_p = \sigma_p K_c \xi = 10^7 \cdot 0,3 \cdot 0,65 = 1,95 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$\text{для стенок } R_{сж} = \sigma_{сж} K_c \xi = 10^8 \cdot 0,2 \cdot 0,65 = 1,13 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

4. Определяем коэффициент трения $\text{tg}\varphi$ и угол внутреннего трения φ по формуле

$$f_T = \text{tg}\varphi = \text{tg}\varphi = (\sigma_{сж} - \sigma_p) / (\sigma_{сж} + \sigma_p) = (100 - 10) / (100 + 10) = 0,818$$

$$\varphi = \text{arctg } 0,818 = 39,28^\circ.$$

Пример 2.

Оценить относительную предельную деформацию и абсолютную деформации стенки выработки по высоте Δh , без учета влияния трещиноватости, если вертикальные напряжения пород до проведения выработки составляли $\sigma_1 = 3 \cdot 10^7$ Па. После проведения выработки высотой равной 3м напряжения в ее боках возросли в 2 раза и составили $\sigma_2 = 6 \cdot 10^7$ Па. Известно, что модуль упругости $E = 3 \cdot 10^{10}$ Па. и деформация пород прошла в упругой области.

Решение.

1. Считая напряжения и деформацию одноосными, определим относительную деформацию:

$$\Delta\sigma = E \varepsilon_1; \varepsilon_1 = \Delta\sigma / E = (\sigma_1 - \sigma_2) / E = (6 \cdot 10^7 - 3 \cdot 10^7) / 3 \cdot 10^{10} = 3 \cdot 10^7 / 3 \cdot 10^{10} = 0,001$$

2. Определим абсолютную деформацию (без учета влияния трещиноватости)

$$\varepsilon_1 = \Delta h / h, \Delta h = \varepsilon_1 h = 0,001 \cdot 3 = 0,003 \text{ м} = 3 \text{ мм}.$$

Практическое занятие №2

Тема: Определение напряжений и построение паспортов прочности

Для графического определения напряжений в плоскости в любом требуемом направлении можно воспользоваться кругом Мора вместо аналитических расчетов.

Круг для главных напряжений одного знака строится в следующей последовательности.

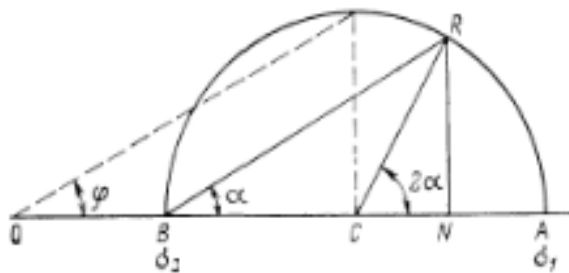


Рис.1 Построение круга для главных на напряжений одного знака .

На прямой от точки O откладываются в одном направлении в масштабе отрезки OA и OB , определяющие величины напряжений σ_1 и σ_2 ($\sigma_1 > \sigma_2$). Оба напряжения в данном случае положительные, т.е. сжимающие. Затем на отрезке AB , как на диаметре, строится круг с центром в точке C . Радиус этого круга равен $0,5(\sigma_1 - \sigma_2)$ и представляет величину максимальных касательных напряжений τ , а отрезок OC , равный $0,5(\sigma_1 + \sigma_2)$ - минимальную величину нормальных напряжений σ_n .

Для определения напряжений, действующих в требуемом направлении составляющим угол α с отрезком BA и пересечь окружность в точке R , затем опустить перпендикуляр из точки R на диаметр AB . В результате этих построений будем иметь:

$$\overline{ON} = \sigma_n = 0,5(\sigma_1 + \sigma_2) + 0,5(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha;$$

$$\overline{RN} = \tau = 0,5(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\alpha$$

Круг для главных напряжений, когда σ_1 положительно (сжимающее), σ_2 - отрицательно (растягивающее), строится следующим образом.

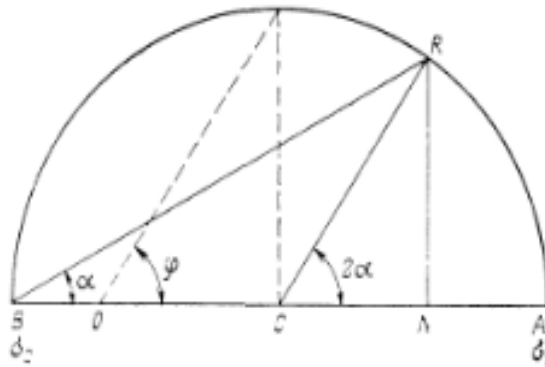


Рис.2 . Построение круга для главных на напряжений разных знаков .

От точки О влево откладывается в масштабе σ_2 , а вправо-напряжение- σ_1 .

Радиус круга равен $0,5(\sigma_1 + \sigma_2)$, касательные напряжения

$$\overline{RN} = \tau = 0,5(\sigma_1 - \sigma_2)\sin 2\alpha,$$

нормальные

$$\overline{ON} = \sigma_n = 0,5(\sigma_1 - \sigma_2) \cos 2\alpha = \sigma_1 \cos^2 \alpha - \sigma_2 \sin^2 \alpha;$$

По результатам испытания образцов на одноосное сжатие и растяжение путем косога среза или всестороннего сжатия строятся *паспорта прочности горных пород* трех видов.

Паспорт прочности представляет собой графическую зависимость между касательными и нормальными напряжениями, при которых происходит разрушение породы. По паспорту обычно определяют угол внутреннего трения φ .

Пример 1.

Оценить напряжения τ и σ_n на площадках (направлениях) под углом $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ к главным напряжениям $\sigma_1 = 120$ МПа и $\sigma_2 = 20$ МПа (оба напряжения сжимающие) путем построения круга Мора. Определить угол φ при $\alpha = 45^\circ$, считая действующие напряжения предельными для образца породы.

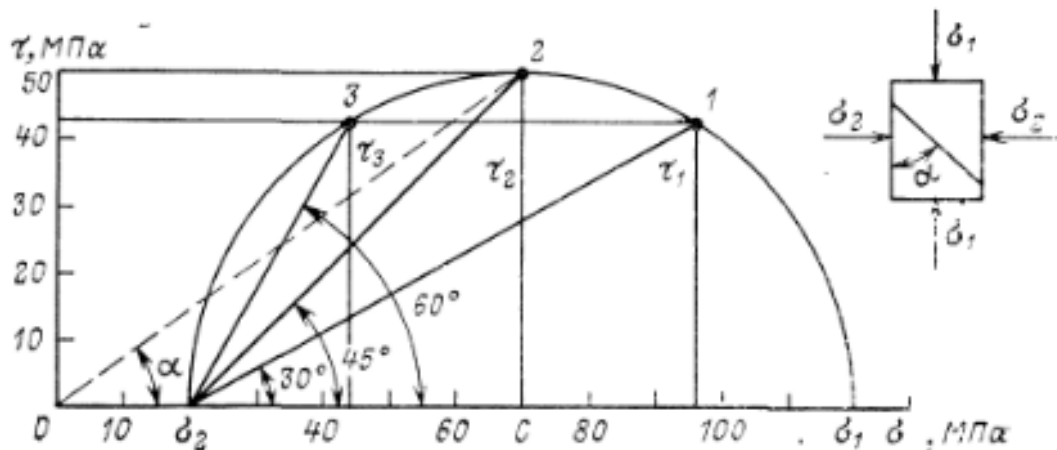


Рис.3 Круг напряжений для $\sigma_1 = 120 \text{ МПа}$ и $\sigma_2 = 20 \text{ МПа}$

Решение .

1. На прямой в масштабе 1:10 откладываем напряжения σ_1 , σ_2 и проводим полукруг радиусом $0,5(\sigma_1 - \sigma_2) = 0,5(120 - 20) = 50 \text{ МПа}$.

2. Построим ось τ от точки в том же масштабе, что и для σ .

3. Из точки $\sigma_2 = 20 \text{ МПа}$ проведем лучи под углами $\alpha = 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ до пересечения с полукругом. Опустим перпендикуляры на ось σ и проведем горизонтальные линии из полученных точек 1, 2, 3 до пересечения с осью τ .

4. По графику согласно масштабу, берем отсчет напряжений и σ_n при разных значениях α :

α , градус	τ , МПа.	σ_n , , МПа
30	43	95
45	50	70
60	43	45

Проверим полученные графически результаты по формулам:

$$\sigma_n = \sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha;$$

$$\tau = 0,5(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\alpha;$$

$$\text{для } \alpha = 30^\circ; \sigma_n = 120 \cos^2 30^\circ + 20 \sin^2 30^\circ = 95 \text{ МПа}$$

$$\tau = 0,5(120 - 20) \sin 60^\circ = 43,2 \text{ МПа}$$

$$\text{для } \alpha = 60^\circ \quad \sigma_n = 120 \cos^2 60^\circ + 20 \sin^2 60^\circ = 45 \text{ МПа}$$

$$\tau = 0,5(120 - 20) \sin 120^\circ = 43,2 \text{ МПа}$$

Видим, что круг Мора для главных напряжений построен правильно.

5. Если считать напряжения σ_1 и σ_2 предельными, разрушение произойдет по линии, наклоненной под углом $\alpha = 45^\circ$ к напряжению σ_1 , где $\tau = 50 \text{ МПа}$, $\sigma_n = 70 \text{ МПа}$; коэффициент трения при этом составит

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \varphi &= \tau / \sigma_n = 0,5(\sigma_1 - \sigma_2) \sin 2\alpha / (\sigma_1 \cos^2 \alpha + \sigma_2 \sin^2 \alpha) = \\ &= (\sigma_1 - \sigma_2) / (\sigma_1 + \sigma_2) = (120 - 20) / (120 + 20) = 0,714; \end{aligned}$$

$$\varphi = 35,5^\circ$$

на графике этот угол образуется отрезком $O2$ с осью σ_n .

Практическое занятие №3

Тема: **Определение плотности, объемной массы и пористости горных пород**

1. Цель работы: Экспериментальное определение плотности, объемной массы и пористости горных пород. Эти параметры влияют на эффективность разрушения, рыхления, транспортировки, и складирования горных пород.

2. Объект измерения

В качестве объектов измерения используются образцы горных пород.

3. Средства для измерений

1. Весы и разновесы.
2. Пикнометры.
3. Фарфоровые чашки.
4. Нить шелковая.
5. Фильтровальная бумага.
6. Пинцеты и совочки.
7. Стаканы.
8. Пипетки.

4. Методические указания.

4.1 Основные понятия об определении плотностных параметров горных пород

К физическим параметрам плотностных свойств горных пород относятся: *плотность, вес (удельный, объемный), пористость*. Эти параметры влияют на эффективность технологических процессов при проведении горных выработок – разрушение, рыхление, транспортировка и складирование горных пород, на механические процессы, происходящие в массиве горных пород.

Различают плотность породы в массиве (в естественном залегании), плотность в образце и плотность в разрыхленном состоянии (насыпная плотность). Плотность пород в массиве несколько меньше плотности пород в образце за счет трещин. К другим физическим параметрам плотностных свойств пород относят пористость, коэффициент пористости, и коэффициент разрыхления.

Плотность горной породы определяется как масса единицы ее объема (твердой, жидкой, газообразной фаз входящих в состав породы), т.е.

$$\gamma = m / v, \quad (1)$$

где m – масса агрегатных фаз породы, кг;

v – объем, занимаемый этими фазами, m^3 .

Объемный вес (H/m^3) – вес единицы объема породы определяют по формуле

$$\gamma_v = \gamma g, \quad (2)$$

где γ – плотность породы, $кг/м^3$;

g – ускорение свободного падения, $м/с^2$.

Под пористостью понимают суммарный относительный объем содержащихся в горной породе пустот. Обычно пористость выражают в процентах, относя объем пор $V_{п}$ к полному объему породы V :

$$П = 100 V_{п} / V \quad (3)$$

Коэффициент пористости $K_{п}$ – отношение объема пор $V_{п}$ к объему твердой фазы V_0 , т.е. $K_{п} = V_{п}/V_0$.

Пористость существенно влияет на физические свойства горных пород (прочность, тепловые свойства).

Для плотностной характеристики металлов, элементов и химических соединений, большинства минералов, не имеющих пустот, достаточно знать только плотность. Горная порода кроме минерального скелета содержит некоторое количество пустот, трещин, пор, заполненных газами или водой. Плотность минералов практически равна их объемной массе, плотность пород всегда больше их объемной массы.

Плотность минералов зависит от их химического состава и структуры. Чем больше в минералах тяжелых атомов, тем плотнее они упакованы в кристаллической решетке, тем больше плотность минерала.

По плотности минералы делятся на тяжелые, ($\gamma=4 \cdot 10^3$ $кг/м^3$), средние ($\gamma=4,2-2,5 \cdot 10^3$), и легкие ($\gamma=2,5 \cdot 10^3$ $кг/м^3$), м, 13% всех минералов составляют легкие, 33,8% тяжелые, 53,2% средние.

Плотность пород определяется плотностью слагающих ее минералов. Она может быть рассчитана по формуле:

где n – число минералов слагающих породу;

–доля объема, занимающего каждым минералом.

Объемная масса малопористых пород зависит от минерального состава, у магматических пород наблюдается увеличение объемной массы с уменьшением содержания в них кварца. Это можно объяснить тем, что кварца меньше, чем удельный вес железисто-магнезиальных минералов.

Объемная масса большинства пород колеблется от $1,5 \cdot 10^3$ до $3,5 \cdot 10^3$ $кг/м^3$. Большой объемной массой обладают рудные полезные ископаемые (до $5 \cdot 10^3$ $кг/м^3$), определяемые рудными минералами (гематит, магнетит, и т.д.)

Пористость – это относительный объем всех пор, заключенный в единице объема породы.

Общая пористость пород P количественно выражается через объем всех пор $V_{п}$ в долях единицы (часто в процентах) от общего объема породы ($V_0 + V_{п}$).

(4)

Отношение объема пор к объему минерального скелета V_0 породы называется коэффициентом пористости k_p , следовательно:

(5)

(6)

Общая пористость может быть рассчитана по значениям плотности минерального вещества (удельный вес) и плотности породы:

$$\Pi = 100(\gamma_{в'} - \gamma) / \gamma_{в'}, \quad (7)$$

где $\gamma_{в'}$ – плотность минерального вещества, кг/м³.

Коэффициент общей пористости: $K_{\Pi} = (\gamma_{в'} - \gamma) / \gamma_{в'}$

В отличие от плотных разрыхленные горные породы характеризуются насыпной плотностью, коэффициентом разрыхления, гранулометрическим составом, углом естественного откоса, углом внутреннего трения и др.

Коэффициент разрыхления K_p равен отношению разрыхленной породы к объему ее в массиве (целике):

$$K_p = V_p / V \quad (8)$$

Насыпная плотность γ_n зависит от величины плотности γ породы в массиве, коэффициента ее разрыхления и определяется их отношением:

$$\gamma_n = \gamma / K_p \quad (9)$$

Коэффициент разрыхления и насыпная плотность зависят от гранулометрического состава рыхлой массы.

Как следует из формул (1-9), для вычисления плотности, объемной массы удельного и объемного веса, пористости необходимо определить вес образца породы и его объем.

5. Порядок выполнения

5.1 Определение объемного веса горных пород способом гидростатического взвешивания:

1) отбираются образцы неправильной формы весом 20-40 г, высушиваются при температуре 105-107°C до постоянного веса и взвешиваются (G_1);

2) образцы парафинируются и вторично взвешиваются (G_1');

3) производится гидростатическое взвешивание парафинированных образцов в виде (G_2') с учетом веса проволоочки, к которой прикреплен образец;

4) вычисляются следующие объемы:

а) парафина по формуле:

$$V_n = \quad ; \quad (10)$$

б) парафинированного образца по формуле:

$$V_{no} = \quad - G_2' + g;$$

в) образца по формуле:

Объемный вес определяется по формуле:

$$\gamma = \quad (11)$$

5.2 Определение удельного веса пород пикнометром:

Так как куски породы обычно имеют неправильную форму, то объем их определяется косвенным способом — по объему вытесненной жидкости (в качестве жидкости применяются дистиллированная вода, керосин, спирт и т.д.). Объем жидкости, вытесненный образцом горной породы, может быть определен с помощью пикнометра или объемметра.

Пикнометр для определения удельного веса представляет собой узкогорлую мерную колбу объемом 25; 50 или 100 мл (см. рис.) На горлышке нанесена риска, соответствующая номинальному объему пикнометра. Чтобы исключить влияние объема пор на результаты определения удельного веса, горные породы предварительно измельчаются.

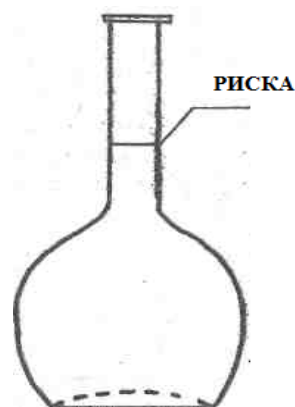


Рис.1 Пикнометр

Порядок работы:

а) взвешивается пустой пикнометр — G_0 ;

б) взвешивается пикнометр, наполненный водой до риски

— ;

в) берется навеска образца (10-20 г), тонко измельчается (до 0,5 мм), помещается в пустой пикнометр.

Пикнометр взвешивается вместе с навеской — G_2 .

г) в пикнометр с навеской доливается вода до той же риски, тщательно взбалтывается для удаления воздуха из породы (воздух из навески образца можно удалить и кипячением) и взвешивается — G_3 ;

д) удельный вес породы определяется по формуле:

$$\gamma_0 = \frac{G}{V_0} \quad (12)$$

здесь G — вес навески породы;

V_0 — объем воды в пикнометре;

V_1 — объем воды в пикнометре, когда в нем находится навеска породы,

удельный вес воды (принять $\gamma = 1,05 \text{ г/см}^3$).

5.3 Коэффициент пористости (P) определяется из соотношения между объемным и удельным весом горной породы.

Внесем следующие обозначения:

V_0 — объем образца,

V_1 — объем твердой фазы образца,

V_2 — объем пор образца,

G — вес образца,

γ_0 — удельный вес образца,

γ — объемный вес образца.

Очевидно, что $V_0 = V_1 + V_2$

Вес образца равен $G = \gamma_0 V_1$

Коэффициент пористости

$$P = \frac{V_2}{V_0} \quad (13)$$

Подставляя в эту формулу вместо объемов их значения из формул (1) и (2), после простых преобразований имеем:

$$P = \left(\frac{G}{\gamma V_0} - 1 \right) * 100 \quad (14)$$

По формулам (1) и (2) определится плотность и объемная масса породы.

п/п	$G, \text{г}$	$V_1, \text{г}$	$V_2, \text{г}$	$V_0 - V_1, \text{г}$	γ_0

Практическая работа №4

Тема: Решение задач по дисциплине

Дать письменно ответы на вопросы.

1. Что такое удельный вес, объемный вес, коэффициент общей пористости горной породы?
2. . Как вычисляется удельный вес, объемный вес, коэффициент общей пористости горной породы?
3. От каких факторов зависит удельный вес горных пород: химического состава, структуры, слоистости?
4. . Единицы измерения объемного веса в системе СИ: кГ/м^3 ; кг/м^3 ; Н/м^3 ?
5. . Единицы измерения плотности в системе СИ: Н/м^3 ; кГ/м^3 ; кг/м^3 ?
6. . Единицы измерения пористости в системе СИ: кГ/м^3 ; %; м^3 ; кг/м^3 ?
7. От каких факторов зависит удельный вес горных пород: химического состава, структуры, слоистости?

Задача 1.

Определить следующие параметры горных пород: $\sigma_{сж}$, σ_p , $\text{tg}\varphi$, φ если в камере прямоугольного поперечного сечения ширина выработки по кровле составляет 6м, высота 4м. Камера пройдена в известняках с коэффициентом крепости $f = 9$; средний размер структурного блока $b = 0,4\text{м}$; коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$; коэффициент длительной прочности известняка $= 0,65$; плотность $\gamma = 2600 \text{ кг/м}^3$.

Задача 2.

Вертикальные напряжения пород до проведения выработки составляли $\sigma_1 = 4 \cdot 10^7 \text{ Па}$. После проведения выработки высотой равной 5м напряжения в ее боках возросли в 2 раза и составили $\sigma_2 = 8 \cdot 10^7 \text{ Па}$.

Определить относительную предельную деформацию и абсолютную деформации стенки выработки по высоте, без учета влияния трещиноватости, если известно, что модуль упругости $E = 3 \cdot 10^{10} \text{ Па}$ и деформация пород прошла в упругой области.

Задача 3.

Оценить напряжения τ и σ_n на площадках (направлениях) под углом $\alpha=30^\circ, 45^\circ, 60^\circ$ к главным напряжениям $\sigma_1=140$ МПа и $\sigma_2=40$ МПа (оба напряжения сжимающие) путем построения круга Мора. Определить угол φ при $\alpha=45^\circ$, считая действующие напряжения предельными для образца породы.

Задача 4.

Построить паспорт прочности для горной породы в условиях одноосного напряженного состояния и определить угол внутреннего трения, если известно, что предел прочности породы на сжатие $\sigma_{сж}=120$ МПа, на растяжение $\sigma_p=-20$ МПа.

Список литературы

1.Короновский, Н. В. Геология для горного дела [Текст] : учебное пособие / Н. В. Короновский, В. И. Старостин, В. В. Авдонин. - М. : Академия, 2007. - 576 с.

2.Хардигов, А.Э. Петрография и петрология магматических и метаморфических пород [Электронный ресурс] : учебник / А.Э. Хардигов, И.А. Холодная ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет», Геолого-географический факультет. - Ростов-н/Д : Издательство Южного федерального университета, 2011. - 324 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=241098>.

3.Ржевский, В. В. Основы физики горных пород [Текст] : учебник для горн. спец. вузов / В.В. Ржевский, Г. Я. Новик. - 4-е изд., доп. и перераб. - М. : Недра, 1984. - 359 с.

4.Цыкин, Р.А. Кайнозой Нижнего Приангарья. Геология и полезные ископаемые [Электронный ресурс]: монография / Р.А. Цыкин, Н.Н. Попова. - Красноярск : Сибирский федеральный университет, 2010. - 145 с. // Режим доступа - <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229162>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет

- <http://basemine.ru/12/osnovy-fiziki-gornyx-porod/>
- <http://www.studmed.ru/docs/document3371/content>
- <http://www.oilcraft.ru> Сайт библиотеки учебников и монографий нефтегазовой сферы