

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 02.06.2022 13:30:48
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf27819530e730d12374d16f5c0ce55680fcb

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 » 03 (ЮЗГУ) 2022г.



РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД ВЗРЫВОМ

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

Разрушение горных пород взрывом: 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.- 13 с.: рис. 4.- Библиогр.: с.11.

Содержит основные сведения о выполнении практических работ по дисциплине «Разрушение горных пород взрывом». 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 0,75 Уч. изд.л. 0,68 Тираж 100экз. Заказ Бесплатно 1092

Юго-Западный государственный университет.

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

Содержание

| | | |
|---|--|----|
| 1 | Практическое занятие №1. Определение предела прочности горных пород при сжатии | 3 |
| 2 | Практическое занятие №2. Расчетные характеристики ВВ | 5 |
| | Список литературы | 11 |

Практическое занятие №1 (4 часа)

Определение предела прочности горных пород при одноосном сжатии

Целью работы является определение предела прочности горных пород при одноосном сжатии между плитами пресса (по ГОСТ 21153.2-84).

1. Общие сведения

Прочность при одноосном сжатии является наиболее общей и часто используемой характеристикой прочностных свойств горных пород.

Пределом прочности при сжатии называется сжимающее напряжение, при котором образец породы разрушается. Предел прочности вычисляется по формуле

$$\sigma_{сж} = \frac{P}{S}, \text{ Па}, \quad (1)$$

где P – сжимающая, разрушающая сила, Н; S – площадь поперечного сечения образца, м^2 .

По ГОСТ 21153.2-84 **прочность при одноосном сжатии** определяют на образцах правильной формы – призматической или цилиндрической. Испытания проводят на образцах горных пород со стороной квадрата или диаметром $42 \pm \text{мм}$.

В соответствии с данным ГОСТом проводя **сравнительные** или **исследовательские** испытания горных пород.

При сравнительных испытаниях высота образца горной породы превышать его диаметр в 2 раза с отклонением $\pm 5\%$. Количество образцов при сравнительных испытаниях должно быть не менее десяти при надежности результата испытаний не ниже 95% и относительной погрешности не более 10% .

| Параметры образца | Исследовательские испытания | | Сравнительные испытания |
|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------|-------------------------|
| | предпочтительные | допускаемые | |
| Диаметр (сторона квадрата) d , мм | 42 ± 2 | $30 \dots 60$ | 42 ± 2 |
| $m = h/d$ | $1,0 \dots 2,0$ | $0,7 \dots 1,0$ | $2 \pm 0,05$ |

Примечание . h – высота образца, d – его диаметр

При исследовательских испытаниях образцов допускается отношение высоты образца h к его диаметру d от 1 до 2. В этом случае количество образцов должно быть не менее **шести** при надежности результата испытаний **восемьдесят** процентов и относительной погрешности не более **двадцати**

процентов. Размеры образцов должны соответствовать параметрам, указанным в таблице.

При всех испытаниях должны быть выдержаны следующие допуски:

- ✓ отклонение от параллельности торцов не более одной десятой миллиметр по диаметру образца;
- ✓ отклонение от перпендикулярности торцов к образующей цилиндра не более трех десятых миллиметра;
- ✓ выпуклость торцов не более трех сотых миллиметра.

Образцы изготовляют выбуриванием или выпиливанием на камнерезной машине из штуфов и кернов, а их торцевые поверхности шлифуют на шлифовальном станке.

2. Оборудование для проведения испытаний

Испытания проводят на прессах, максимальное усилие которых не менее чем на 20-30% превышает предельную нагрузку на образец. В процессе испытаний образец устанавливают в центре между стальными плитами пресса и нагружают до разрушения. Для того чтобы нагрузка прикладывалась строго по оси образца, одну из плит пресса соединяют с шаровой опорой. Установка образца под прессом для определения прочности при одноосном сжатии представлена на рисунке 1.

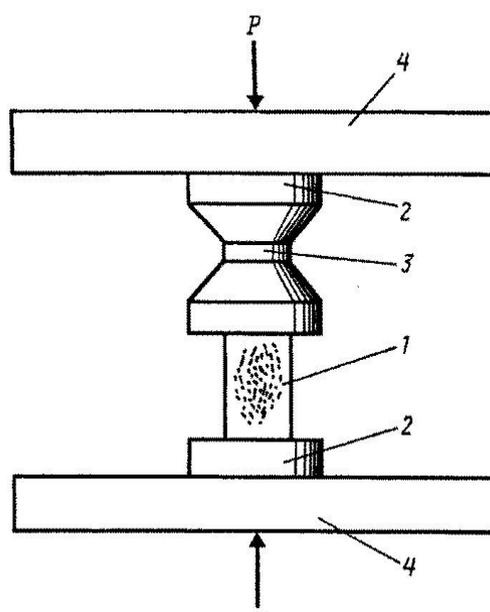


Рисунок 1. Установка для определения прочности при одноосном сжатии: 1- образец, 2- каленые прокладки, 3- центрирующее устройство, 4- плиты пресса.

3. Проведение испытаний

Скорость нарастания нагрузки до момента разрушения образца должна находиться в пределах 1...5 МПа/с. Нагрузку повышают с постоянной скоростью вплоть до разрушения образца. Фиксируют максимальное значение P .

Протокол испытаний

Результаты испытаний заносят в таблицу.

| № п/п | Порода | Размеры образца | | | Разрушающая нагрузка P , Н | Прочность при сжатии $\sigma_{сж}$, МПа |
|-------|---------------------|-----------------|---|--|------------------------------|--|
| | | Высота h , мм | Диаметр d , мм или поперечные размеры: a , мм; b , мм | Площадь поперечного сечения S , м ² | | |
| 1.1 | Песчаник (проба №1) | 90 | $d = 50$ | $19,63 \cdot 10^{-4}$ | 202000 | 102,9 |
| 1.2 | Песчаник (проба №2) | 65 | $d=38$ | $18,28 \cdot 10^{-4}$ | 196000 | 107,2 |
| 2.1 | Серый гранит | 45 | $a= 41$ $b=43$ | $17,63 \cdot 10^{-4}$ | 185000 | 104,9 |

Обработка результатов

Предел прочности при одноосном сжатии вычисляют по формуле (1).

Обработку результатов испытаний n образцов производят в следующем порядке. Вычисляют:

среднее арифметическое по пробе

$$\bar{\sigma}_{сж} = \frac{\sum_{i=1}^n (\sigma_{сж})_i}{n}; \quad (2)$$

среднее квадратичное отклонение

$$\Delta = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [(\sigma_{сж})_i - \bar{\sigma}_{сж}]^2} \quad (3)$$

коэффициент вариации

$$K_{вар} = \frac{\Delta}{\bar{\sigma}_{сж}} 100\% \quad (4)$$

Литература

1. ГОСТ 21153.2-84

Практическое занятие №2 (4 часа)

Расчетные характеристики ВВ.

Расчет кислородного баланса химических соединений и механических смесей

Эти величины характеризуют параметры идеализированного процесса взрыва и не учитывают коэффициента полезного использования энергии. Тем не менее, они дают вполне объективную характеристику энергетического эффекта взрыва и могут быть использованы на практике.

Теплотой взрыва называется количество тепловой энергии, которая выделяется при взрывчатом разложении 1 моля или 1 кг ВВ.

Количество энергии в единице объема ВВ характеризуется объемной концентрацией энергии ВВ, определяемой произведением удельной энергии ВВ на его плотность.

В качестве стандартных условий принимают температуру 0 °С или 18 °С и давление в 1 кг с/см². Вычисление ведется на основе закона Гесса, согласно которому тепловой эффект химического превращения системы зависит только от начального и конечного состояния, т.е.:

$$Q_1 \pm Q_2 \pm Q_3; \quad (1)$$

где Q_1 – теплота образования составных частей ВВ, ккал/г·моль;

Q_2 – теплота взрыва, ккал/г·моль;

Q_3 – теплота образования продуктов взрыва, ккал/г·моль.

Таким образом, теплоту взрыва можно определить по формуле:

$$Q_2 \pm Q_3 \pm Q_1, \text{ ккал/г·моль}; \quad (2)$$

Для расчетов термохимических параметров взрыва использовать данные в приложении 1.

Для определения удельной теплоты взрыва 1 кг. ВВ использовать формулу:

$$Q_2' = \frac{Q^2 \cdot 1000}{M}, \text{ ккал/кг}; \quad (3)$$

где M – молекулярный вес ВВ.

Температура взрыва – это максимальная температура, до которой нагреваются продукты взрыва, если процесс взрыва принимать адиабатическим. В действительности есть потери тепла на нагревание окружающей среды и расширение газов, чем можно пренебречь.

Температуры газов взрыва вычислять по формуле:

$$Q^2; \quad (4) \quad t = C_v$$

где C_v – средняя теплоемкость всех продуктов взрыва при постоянном объеме, в зависимости от температуры она может быть определена по формуле:

$$C_v = a + bt, \text{ ккал/}^\circ\text{C}; \quad (5)$$

где a – теплоемкость продуктов взрыва при 0 °C; b – коэффициент найденный опытным путем. Приложение 2.

Подставив значение C_v в формулу (4) и решив полученное уравнение найдем:

$$t = \frac{\sqrt{a^2 + 4bQ^2}}{2b}, \text{ }^\circ\text{C}; \quad (6)$$

При определении теплоемкости смеси газов их почленно складывают и определяют суммарные величины а и b.

Объем газов при взрыве - определять на основе закона Авогадро, согласно которому объем, занимаемый грамм-молекулой различных газов при температуре 0 °С и давлении 760 мм, равен 22,42 л.

Для определения объема газов, образуемых при взрыве 1 кг ВВ, использовать формулу:

$$V_0 = \frac{22,42(n_1 + n_2 + \dots + n_n) \cdot 1000}{m_1 M_1 + m_2 M_2 + \dots + m_n M_n}, \quad (7)$$

л/кг;

Объем газов, образуемых какой-либо смесью компонентов, определяют как сумму объемов газов, образуемых отдельными компонентами смеси.

Давление газов при взрыве, возникающее в зарядной камере, может быть определено, исходя из объединенных законов Бойля-Мариотта и ГейЛюссака с поправкой Ван-дер-Ваальса:

$$P = \frac{P_0 + V_0 \alpha T}{273 + (1 + 2\alpha V_0)}, \quad \text{кгс/см}^2; \quad (8)$$

где P_0 – давление газов при 0°С и внешнем давлении 760 мм. рт. ст. ($P_0=1,0633$ кгс/см²);

V_0 – удельный объем газов взрыва ВВ при 0 °С и давлении 760 мм. рт. ст.;

T – абсолютная температура взрыва, К;

α – собственный объем молекул (кволюм) продуктов взрыва, который они занимают при нормальных условиях (принимать равным $0,001 V_0$) Δ

- плотность заряда, кг/м³.

Приложение 1

Теплота образования и атомный вес ВВ и их компонентов

| Вещество | Химическая формула | Атомный или молекулярный вес | Теплота образования при постоянном объеме (ккал/ г·моль) |
|---|---|------------------------------|--|
| Алюминий | Al | 27 | - |
| Аммиачная селитра | NH ₄ NO ₃ | 80 | 84,8 |
| Гексоген | (CH ₂ NNO ₂) ₃ | 222 | -20,9 |
| Гремучая ртуть | Hg(CNO) ₂ | 284 | -65,3 |
| Динитрогликоль | C ₂ H ₄ (ONO ₂) ₂ | 152 | 55,8 |
| Динитронафталин | C ₁₀ H ₆ (NO ₂) ₂ | 218 | -9,4 |
| Калиевая селитра | KNO ₃ | 101 | 116,9 |
| Каля хлорат | KClO ₃ | 122,5 | 93,2 |
| Каля перхлорат | KClO ₄ | 138,5 | 104,5 |
| Керосин | - | - | - |
| Клетчатка | C ₆ H ₁₀ O ₅ | 162 | 230,3 |
| Магний | Mg | 24,3 | - |
| Мука злаков | C ₁₅ H ₂₅ O ₁₁ | 381 | - |
| Мука древесная | C ₁₅ H ₂₂ O ₁₀ | 362 | - |
| Натриевая селитра | NaNO ₃ | 85 | 111,7 |
| Натрия хлорат | NaCl | 106,5 | 83,6 |
| Натрия перхлорат | NaClO ₄ | 122,5 | 93 |
| Нитроглицерин | C ₃ H ₅ (ONO ₂) ₃ | 222 | 83,7 |
| Нитроклетчатка: коллодионная пироксилин | C ₂₄ H ₃₁ N ₉ O ₃₈ | 1105,3 | 661,9 |
| | C ₂₄ H ₂₉ N ₁₁ O ₄₂ | 1143 | 570,7 |

| | | | |
|---------------------|-----------------------|-------|-------|
| Октоген | $C_4H_8N_8O_8$ | 296 | - |
| Парафин (твердый) | $C_{24}H_{50}$ | 338,5 | - |
| Пикриновая кислота | $C_6H_2(NO_2)_3OH$ | 229 | 54,4 |
| Тетранитрометан | $C(NO_2)_4$ | 196 | -8,4 |
| Тетрил | $C_6H_2(NO_2)_4NCH_3$ | 287 | -9,9 |
| Тротил | $C_6H_2(NO_2)_3CH_3$ | 227 | 17,5 |
| ТЭН | $C(CH_2ONO_2)_4$ | 316 | 129 |
| Углерод (амфорный) | C | 12 | - |
| Вода (парообразная) | H_2O | 18 | 57,8 |
| Оксид алюминия | Al_2O_3 | 102 | 98,1 |
| Оксид кальция | CaO | 56 | 150,8 |
| Оксид азота | NO | 30 | -21,6 |
| Оксид углерода | CO | 28 | 27,2 |
| Углекислота | CO_2 | 44 | 94,5 |
| Целлюлоза | $C_{10}H_6O_6$ | 162 | 226 |

Приложение 2

Значение теплоемкостей некоторых газов в зависимости от температуры, кал/°С:

| | |
|----------------------|--------------------------|
| Одноатомных газов | $6,3+4,3 \cdot 10^{-4t}$ |
| Двухатомных газов | $4,8+4,3 \cdot 10^{-4t}$ |
| Трехатомных газов | $7,2+4,5 \cdot 10^{-4t}$ |
| Четырехатомных газов | $10+4,5 \cdot 10^{-4t}$ |
| Паров воды | $4+21,5 \cdot 10^{-4t}$ |
| Углекислого газа | $9+5,8 \cdot 10^{-4t}$ |

Контрольные задания для студентов заочного отделения:

1. Задача. Определить относительный показатель трудности бурения Π_6 и категорию буримости пород по В.В. Ржевскому. Предел прочности - 110 МПа, на сдвиг $\delta_{сдв}$ - 20 МПа; плотность $\gamma = 2200 \text{ кг/м}^3$.
2. Задача. Рассчитать оптимальный по условиям дробления интервал замедления τ_3 при взрывании крепких пород при линии сопротивления $W = 8 \text{ м}$, коэффициент, зависящий от взрываемости пород $K_\tau = 5$.
3. 137. Задача. Составить технологическую схему фракционного разделения руды с промежуточными плотностями тяжелой жидкости 2,4; 2,7; 3,0; 3,3 т/м³.
4. 138. Задача. Определить объем производства концентрата, если объем переработки руды составляет 15000 т/год при влажности 2%; выход концентрата $\gamma = 34\%$; влажность концентрата $S_{к-та} = 10\%$.

Литература

1. Нескоромных В.В. Разрушение горных пород при проведении геологоразведочных работ [Электронный ресурс]: учебное пособие/ В.В.Нескоромных.- Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2012.- 299с.// Университетская библиотека ONLINE-<http://biblioclub.ru>
2. Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ [Электронный ресурс]:/Б.Н.Кутузов. 1. Разрушение горных пород взрывом.-2-е изд., стер.- Москва: Горная книга, 2009.- 473с.// Университетская библиотека ONLINE<http://biblioclub.ru>

3. Кутузов Борис Николаевич. Разрушение горных пород взрывом [Текст]= Rocks destruction by explosion: [учебник]/ Б.Н.Кутузов.- 3-е изд., перераб и доп.- Москва: Моск. горн. институт., 1992.- 516с.