

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЁЖИ И СПОРТА
УКРАИНЫ**

ГВУЗ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по курсу «Механика горных пород»

для студентов, обучающихся по направлению подготовки 050301

«Горное дело»

Донецк, ДонНТУ-2012

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ, МОЛОДЁЖИ И СПОРТА
УКРАИНЫ

ГВУЗ «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНСТИТУТ ГОРНОГО ДЕЛА И ГЕОЛОГИИ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

по курсу «Механика горных пород»

РАССМОТРЕНО
на заседании кафедры
Разработки МПИ
Протокол № 4 от 24.11.2011 г

УТВЕРЖДЕНО
на заседании ***Учебно-издательского
совета ДонНТУ***
Протокол № 7 от 24.11.2011 г.

УДК 622.02(07)

Лабораторный практикум по курсу "Механика горных пород " (для студентов, обучающихся по направлению подготовки 050301 «Горное дело») / Сост. С.В.Подкопаев, Н.Н. Гавриш, Б.М. Деглин, В.И. Каменец, С.А. Зинченко – Донецк: ДонНТУ, 2012 г.

Описаны методики и порядок выполнения лабораторных работ для определения параметров плотностных, прочностных, акустических, специальных горно-геологических и тепловых свойств горных пород.

Составители:

С.В.Подкопаев, проф.

Н.Н. Гавриш, проф.

Б.М.Деглин, доц.

В.И.Каменец, доц

С.А. Зинченко, ст. пр.

Отв. за выпуск

Н.Н.Касьян, проф.

Обработка результатов испытаний

Горные породы представляют собой сложные, разнообразные объекты исследований, физические характеристики которых зависят от большого количества случайных факторов. Законы влияния и возникновения всех этих факторов практически невозможно одновременно учесть. В связи с этим при оценке физических параметров горных пород широко применяется аппарат теории вероятностей и математической статистики. Неоднородность внутреннего строения горных пород приводит к тому, что их физические свойства не остаются постоянными при повторении испытаний в идентичных условиях. На разброс физических параметров горных пород влияют также состояние испытательных машин и приборов, квалификация экспериментатора, технология изготовления и условия испытания образцов. Обычно погрешности, вызванные последними факторами, при условии соблюдения стандартов на испытания значительно ниже погрешностей, обусловленных неоднородностью структуры и минералогического состава. Поэтому найденные из опытов физические параметры по своей природе, как правило, являются случайными величинами и дают оценку реальным свойствам с некоторой погрешностью. Применение методов математической статистики для обработки результатов измерений позволяет оценить точность и надежность получаемых параметров, а также установить необходимый объем и оптимальный порядок проведения испытаний.

Основными задачами статистической обработки результатов физических испытаний является определение среднего значения рассматриваемого параметра и оценки точности его вычисления. Поскольку физические характеристики изучают при испытании ограниченного числа образцов, то соответствующие параметры отличаются от так называемых генеральных параметров, которые могут быть найдены по результатам испытаний бесконечного большого числа образцов. Ограниченную совокупность образцов или результатов испытаний называют выборкой. На практике значения генеральных характеристик оценивают с большей или меньшей степенью точности по выборочным (эмпирическим) характеристикам; при этом обычно принимают нормальный закон распределения ошибок.

Выборочное среднее значение параметра вычисляют по формуле

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

где x_i – значение физической характеристики i -го образца; n – число испытанных образцов (объем выборки).

Для оценки случайной ошибки отдельного измерения обычно используют значение выборочного среднеквадратичного отклонения или среднеквадратичной ошибки (стандарт измерений)

$$\sigma = S = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

Выборочные числовые характеристики дают хорошие количественные оценки для генеральных характеристик лишь при большом объеме выборок; при ограниченных объемах испытаний необходимо указать степень точности и надежности таких оценок.

Пусть в результате испытания n образцов получено среднеарифметическое значение физической характеристики $\bar{x}$. Обозначим через α вероятность того, что $\bar{x}$ отличается от истинного значения x на значение, меньшее, чем Δx , т.е.

$$p \cdot (\bar{x} - \Delta x < x < \bar{x} + \Delta x) = \alpha$$

Вероятность α называют доверительной вероятностью, а интервал значений случайной величины от $\bar{x} - \Delta x$ до $\bar{x} + \Delta x$ – доверительным интервалом. Ширина доверительного интервала характеризует точность, а доверительная вероятность – надежность оценки неизвестного параметра x с помощью выборочного среднего значения $\bar{x}$. Чем больше требуемая надежность, тем больше при том же объеме выборки должен быть соответствующий доверительный интервал, и наоборот; при обычных испытаниях пород можно ограничиться доверительной вероятностью 0,90 или 0,95.

Ширина доверительного интервала Δx для математического ожидания определяется числом измерений n , выборочными значениями $\bar{x}$, S и вычисляется по формуле

$$\Delta x = \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t,$$

где t – коэффициент Стьюдента, который зависит от объема выборки n и заданной доверительной вероятности α (см. таблицу). Тогда

$$p = (\bar{x} - \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t < x < \bar{x} + \frac{S}{\sqrt{n}} \cdot t) = \alpha$$

Пример. Пусть в результате испытаний на одноосное сжатие 10 образцов алевролита определены среднеарифметическое значение предела прочности $\sigma_{сж} = \bar{x} = 43,8 \text{ МПа}$ и значение среднеквадратичной ошибки $S = 0,8 \text{ МПа}$. Для доверительной вероятности 0,90 из таблицы находим $t = 1,84$. Тогда ширину доверительного интервала можно определить по формуле

$$\Delta x = 0,8 \cdot 1,84 \cdot 10 = 4,6 \text{ МПа}.$$

Следовательно, 90% – доверительные интервалы для среднего значения предела прочности.

$$39,2 \text{ МПа} < \sigma_{сж} < 48,4 \text{ МПа}.$$

Результаты опытов и расчета заносятся в специальный журнал.

Статистическую обработку результатов испытаний следует производить при испытании более 2 образцов породы

Значение коэффициент Стьюдента (t–критерий)

Количество наблюдений	Доверительная вероятность				
	0,50	0,90	0,95	0,98	0,99
2	1,0	6,31	12,71	81,82	63,66
3	0,82	2,92	4,30	6,96	9,92
4	0,77	2,35	3,18	4,54	5,84
5	0,74	2,13	2,78	3,75	4,60
6	0,73	2,01	2,57	3,65	4,03
7	0,72	1,94	2,45	3,14	3,71
8	0,71	1,90	2,36	2,97	3,50
9	0,71	1,86	2,31	2,00	3,36
10	0,70	1,84	2,26	2,76	3,25
15	0,69	1,76	2,14	2,60	2,98
20	0,69	1,73	2,09	2,53	2,86
30	0,68	1,70	2,04	2,46	2,76
60	0,68	1,67	2,00	2,39	2,66
120	0,68	1,66	1,98	2,36	2,62

Лабораторная работа №1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ СКАЛЬНЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основные сведения

Все горные породы являются многокомпонентными средами, состоящими из минерального скелета (твердая фаза) и порового пространства, заполненного жидкой или газообразной фазами. Каждая фаза характеризуется различными физическими свойствами и по-разному реагирует на внешние воздействия. Плотность горных пород ρ , кг/м³, определяется плотностью слагающих породу минералов ρ_i и может быть рассчитана по формуле

$$\rho = \sum_{i=1}^n \rho_i V_i \quad (1.1)$$

где n – число минералов, слагающих породу,

V_i – доля объема, занимаемого каждым минералом.

Так как горная порода представляет собой агрегат минералов, то её плотностью является масса единицы объема горной породы в естественном состоянии.

$$\rho = \frac{m_T + m_{ж} + m_{г}}{V_{п}} \quad (1.2)$$

где m_T – масса твердой фазы породы, кг;

$m_{ж}$ – масса жидкой фазы породы, кг,

$m_{г}$ – масса газообразной фазы породы, кг;

V – объем породы, м³.

Масса единицы объема породы в естественном состоянии отличается от массы той же единицы объема, заполненного только твердой фазой породы. Такое отличие обусловлено в первую очередь пористостью породы.

Плотность твердой фазы определяется по формуле

$$\rho_T = \frac{m_T}{V_T} \quad (1.3)$$

где V_T – объем твердой фазы, м³.

Общая пористость рассчитывается по формуле

$$p = \frac{\rho_T - \rho}{\rho_T} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

Коэффициент пористости (приведенная пористость) находится по формуле

$$k_{пор} = \frac{V_{пор}}{V_{т.ф}} \quad (1.5)$$

где $V_{пор}$ – объем пор, м³;

$V_{т.ф}$ – объем твердой фазы, м³;

или же через плотность твердой фазы и всей породы

$$k_{\text{пор}} = \frac{\rho_{\text{т}} - \rho}{\rho} \quad (1.6)$$

Цель работы: Ознакомление с методами определения плотностных параметров горных пород.

Приборы и принадлежности: Весы аналитические и технические, разновесы к ним, образцы горных пород, пикнометр, парафин, тигель для плавления парафина, электрическая плита, фарфоровая ступка, молоток, проволочка, пипетки, щипцы, стакан, дистиллированная вода, фильтровальная бумага, сито с диаметром ячейки 0,5 мм.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Определение плотности горной породы методом гидростатического взвешивания

1.1. Отобрать образец породы неправильной формы массой 50-60 г, определить его массу на технических весах с точностью до 0,01 г, затем с помощью проволочки подвесить образец к дужке весов и снова определить его массу m_1 .

1.2. Покрыть образец породы тонким слоем парафина путем погружения его в расплавленный парафин.

1.3. Определить на технических весах массу парафинированного образца m_2 .

1.4. Произвести гидростатическое взвешивание образца. Для этого парафинированный образец, подвешенный с помощью проволочки на дужке технических весов, опустить в стакан с дистиллированной водой. Стакан поставить на специальную подставку. Обратите внимание на то, чтобы образец породы не касался стенок и дна стакана и был полностью погружен в воду. Определить массу образца в воде m_3 .

1.5. Вычислить следующие объемы:

а) парафина

$$V_{\text{пар}} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{пар}}} \quad (1.7)$$

Плотность парафина принять равной 870 кг/м^3 ;

б) парафинированного образца

$$V_{\text{пар.обр}} = \frac{m_2 - m_3}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} \quad (1.8)$$

в) образца

$$V_{\text{обр}} = V_{\text{пар.обр}} - V_{\text{пар}} \quad (1.9)$$

1.6. Вычислить плотность образца породы по формуле

$$\rho = \frac{m}{V_{\text{обр}}} \quad (1.10)$$

2. Определение плотности твердой фазы горной породы с помощью пикнометра.

Пикнометр для определения плотности представляет собой узкогорлую колбу объемом 25, 50 или 100 мл. На горлышке пикнометра нанесена риска, соответствующая номинальному объему пикнометра.

Определение плотности твердой фазы горной породы с помощью пикнометра основано на определении разницы массы пикнометра, наполненного жидкостью и при замене части этой жидкости измельченной породой. Измельчение горной породы позволяет исключить влияние объема пор на результаты определения плотности твердой фазы породы.

2.1. Отобрать образец породы массой 20-40 г, измельчить его с помощью молотка и ступки, а затем измельченную массу просеять через сито с диаметром отверстий 0,5 мм.

2.2. Определить массу сухого чистого пикнометра m .

2.3. Просеянную породу засыпать в пикнометр и определить массу сухого пикнометра с породой m_2 .

2.4. Налить в пикнометр немного воды, направляя струю воды по стенке пикнометра, легким взбалтыванием добиться полного смачивания породы и удаления из нее воздуха, аккуратно с помощью пипетки долить воду до отметки и определить массу m_3 .

2.5. Вылить содержимое, хорошо вымыть пикнометр и обтереть его, заполнить дистиллированной водой до риски и определить массу m_4 .

2.6. Рассчитать плотность твердой фазы горной породы по формуле

$$\rho_T = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \rho_{H_2O}}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} \quad (1.11)$$

Определение массы производится на рычажных аналитических весах с точностью до 0,001 г.

3. Определить пористость горной породы. Коэффициент общей пористости вычислить по формуле (1.4).

4. Определить коэффициент пористости горной породы (приведенная пористость) по формуле (1.6).

Обработка результатов измерений

Полученные результаты измерений следует занести в специально составленные табл. 1.1 и 1.2.

Таблица 1.1 – Определение плотности породы путем гидростатического взвешивания

Порода	Масса образца породы m, кг	Масса образца породы с проволокой m ₁ , кг	Масса парафинированного образца с проволокой m ₂ , кг	Масса образца в воде m ₃ , кг	Объем парафина V _{пар} , м ³	Объем парафинированного образца, V _{пар.обр} м ³	Объем образца V _{обр} , м ³	Плотность породы, кг/м ³

1.5 а) $V_{\text{пар}} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\text{пар}}} =$

б) $V_{\text{пар.обр}} = \frac{m_2 - m_3}{\rho_{\text{H}_2\text{O}}} =$

в) $V_{\text{обр}} = V_{\text{пар.обр}} - V_{\text{пар}} =$

1.6. $\rho = \frac{m}{V_{\text{обр}}} =$

Таблица 1.2 – Определение плотности твердой фазы горной породы с помощью пикнометра

Порода	Масса сухого пикнометра m_1 , кг	Масса сухого пикнометра с породой m_2 , кг	Масса пикнометра с водой и породой m_3 , кг	Масса пикнометра с дистиллированной водой m_4 , кг	Плотность твердой фазы породы ρ_T , кг/м ³

$$2.6. \quad \rho_T = \frac{(m_2 - m_1) \cdot \rho_{H_2O}}{(m_4 - m_1) - (m_3 - m_2)} =$$

$$3. \quad p = \frac{\rho_T - \rho}{\rho_T} \cdot 100\% =$$

$$4. \quad k_{пор} = \frac{\rho_T - \rho}{\rho} =$$

Вывод: _____

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ РыхЛЫХ ГОРНЫХ ПОРОД

Основные сведения

1. ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКИЙ СОСТАВ рыхлой породы – процентное массовое содержание в разрыхленной породе групп частиц (классов, фракций) различной крупности.

Гранулометрический состав чаще всего изображают графически в виде кумулятивных кривых крупности (рис. 2.1).

Кумулятивная (суммарная) кривая крупности строится следующим образом. Известно, что породы 0 – d_1 содержится в общей массе рыхлой

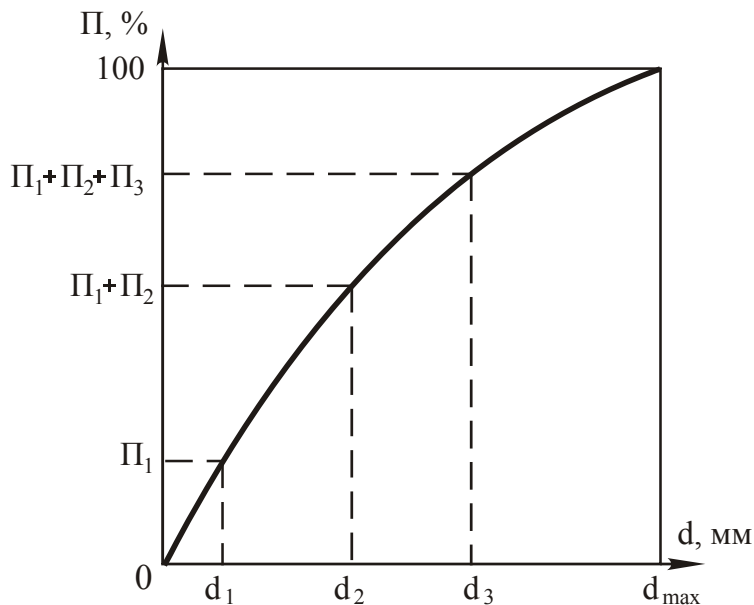


Рис. 2.1 – Кумулятивная кривая крупности

породы Π_1 процентов, размером $(d_1 - d_2)$ – Π_2 , размером $(d_2 - d_3)$ – Π_3 , процентов и т.д. (общая сумма отдельных классов составляет 100%). На графике кумулятивной крупности строят кривую, соединяющую точки $(d_1; \Pi_1)$, $(d_2; \Pi_1 + \Pi_2)$, $(d_3; \Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3)$ и т.д. $(d_{\max}; 100\%)$.

Если, имея кривую кумулятивной крупности, нужно определить процентное содержание отдельного класса породы, то необходимо из точек,

представляющих предельные размеры класса, провести восстающие до пересечения с кривой и из полученных точек – горизонтальные линии до пересечения с осью Π . Разница между полученными значениями процентов и будет представлять процентное содержание данного класса крупности рыхлой породы. Например, на рис. 2.1 процентное содержание класса $(d_1 - d_3)$ будет $(\Pi_1 - \Pi_2 - \Pi_3) - \Pi_1 = \Pi_2 + \Pi_3$.

Гранулометрический состав, часто нужно охарактеризовать не в виде графика или таблицы, а одним числом. В этом случае наиболее часто используют следующие показатели: средневзвешенный диаметр классов или коэффициент неоднородности.

На практике в лаборатории кумулятивные кривые крупности строятся по результатам ситового анализа.

2. СРЕДНЕВЗВЕШЕННЫЙ ДИАМЕТР, мм, классов вычисляют по следующей формуле

$$d_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \Pi_i * d_i}{100} \quad (2.1)$$

где Π_i – процентное содержание i -го класса породы, %; d_i – средний размер i -го класса породы, мм. Например, для класса 2,5–5 мм d_i – 3,75 мм.

3. **КОЭФФИЦИЕНТ НЕОДНОРОДНОСТИ** определяется по кумулятивной кривой крупности. Для этого из точек $\Pi_i = 10\%$ и $\Pi_i = 60\%$ проводят горизонтальные линии до пересечения с кривой кумулятивной крупности, а затем из точек пересечения – вертикальные линии на ось d . Полученные точки обозначают соответственно d_{10} и d_{60} . Установив величины d_{10} и d_{60} , определяют коэффициент неоднородности, ед:

$$K_H = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (2.2)$$

Коэффициент неоднородности не может быть, меньше единицы и практически не бывает более 200. Чем меньше его величина, тем однороднее порода.

4. **УГОЛ ЕСТЕСТВЕННОГО ОТКОСА** α – угол, образуемый боковой поверхностью рыхлой породы с горизонтальной плоскостью.

Величина угла естественного откоса зависит от минерального состава породы, влажности, формы и шероховатости отдельных кусков и гранулометрического состава.

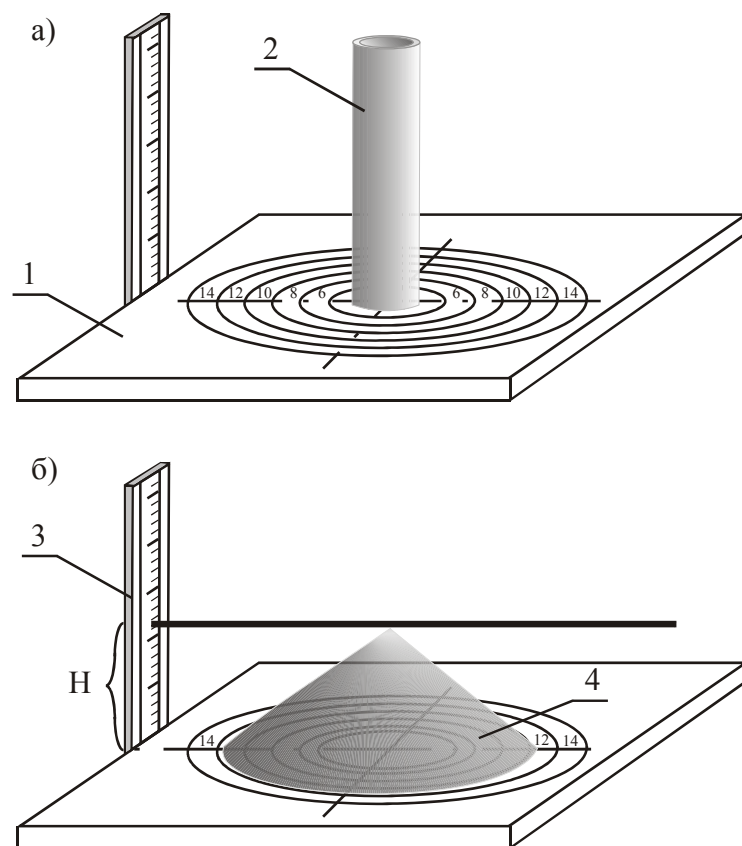


Рисунок. 2. 2. – Установка для определения угла естественного откоса: 1 – горизонтальная площадка со шкалой отсчета; 2 – полый цилиндр; 3 – линейка; 4 – конус породы.

В данной лабораторной работе эта величина определяется с помощью полого цилиндра, не имеющего верхнего и нижнего дна, поставленного на горизонтальную площадку. Диаметр этого цилиндра должен превышать максимальный размер кусков исследуемой породы в 7–10 раз. Лабораторная установка представлена на рис.2.2.

На горизонтальной площадке установки нанесена шкала отсчета в виде концентрических окружностей через 1 см.

Для определения угла естественного откоса породу засыпают в полый цилиндр, стоящий в центре площадки, затем цилиндр медленно поднимают и убирают; порода остается на площадке,

и ее боковая поверхность составляет с горизонтальной поверхностью угол естественного откоса.

Для определения величины α на горизонтальной площадке в четырех точках, расположенных через 90° , определяют радиус развала породы R_i , затем вычисляют среднюю величину R и измеряют высоту образовавшегося конуса H . Угол естественного откоса, град, вычисляют по следующей формуле, град

$$\alpha = \arctg \frac{H}{R} \quad (2.3)$$

5. НАСЫПНАЯ МАССА ρ_n – масса единицы объема рыхлой породной массы.

Величина насыпной массы зависит от объемного веса, влажности и степени уплотнения породы, формы отдельных кусков и гранулометрического состава.

Определяют величину ρ_n следующим образом. Берется специальный мерный сосуд и в него с высоты около 10 см засыпают породу до тех пор, пока над сосудом не образуется конус породы. Затем этот конус убирают линейкой, скользя ею по верхнему краю сосуда, а сосуд с породой взвешивают и вычисляют насыпную массу ρ_n , кг/м³;

$$\rho_n = \frac{M - m_c}{V} \quad (2.4)$$

где M – масса сосуда с засыпанной в него породой, кг; m_c – масса пустого сосуда, кг; V – объем сосуда, м³ ($m_c = 10^{-3} \text{ м}^3$).

6. КОЭФФИЦИЕНТ РАЗРЫХЛЕНИЯ – отношение объема разрыхленной породы к объему этой же массы породы в нетронutom массиве. Величина, коэффициента разрыхления зависит от минералогического состава породы и способа разрыхления.

В данной лабораторной работе коэффициент разрыхления, ед., вычисляется по формуле

$$K_p = \frac{\rho}{\rho_n} \quad (2.5)$$

где ρ – объемная масса исследуемой породы, кг/м³. В работе принимается $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$.

Порядок выполнения работы

1. По указанию преподавателя принять по рис. 2.3 для дальнейшей работы три кривые кумулятивной крупности.

2. Для указанных кривых вычислить процентное содержание отдельных классов породы и записать в табл. 2.1.

3. Рассчитать средневзвешенный диаметр классов породы для каждой выбранной кривой по формуле (2.1).

4. Определить для каждой выбранной кривой величины d_{60} и d_{10} записать в табл. 2.1.

5. Вычислить коэффициент неоднородности для каждой кривой по формуле (2.2) и записать в табл.2.1.

6. Взять совком заранее подготовленную породу, соответствующую кривой кумулятивной крупности, и засыпать ее в полый цилиндр.

7. Поднять и убрать полый цилиндр; по образовавшемуся конусу породы определить R_1 , R_2 , R_3 , R_4 и H . Результаты записать в табл.2.2.

8. Вычислить величину R , см, по формуле

$$R = \frac{R_1 + R_2 + R_3 + R_4}{4}$$

и результат записать в табл.2.2.

9. Для одной породы эксперимент повторить еще 2 раза.

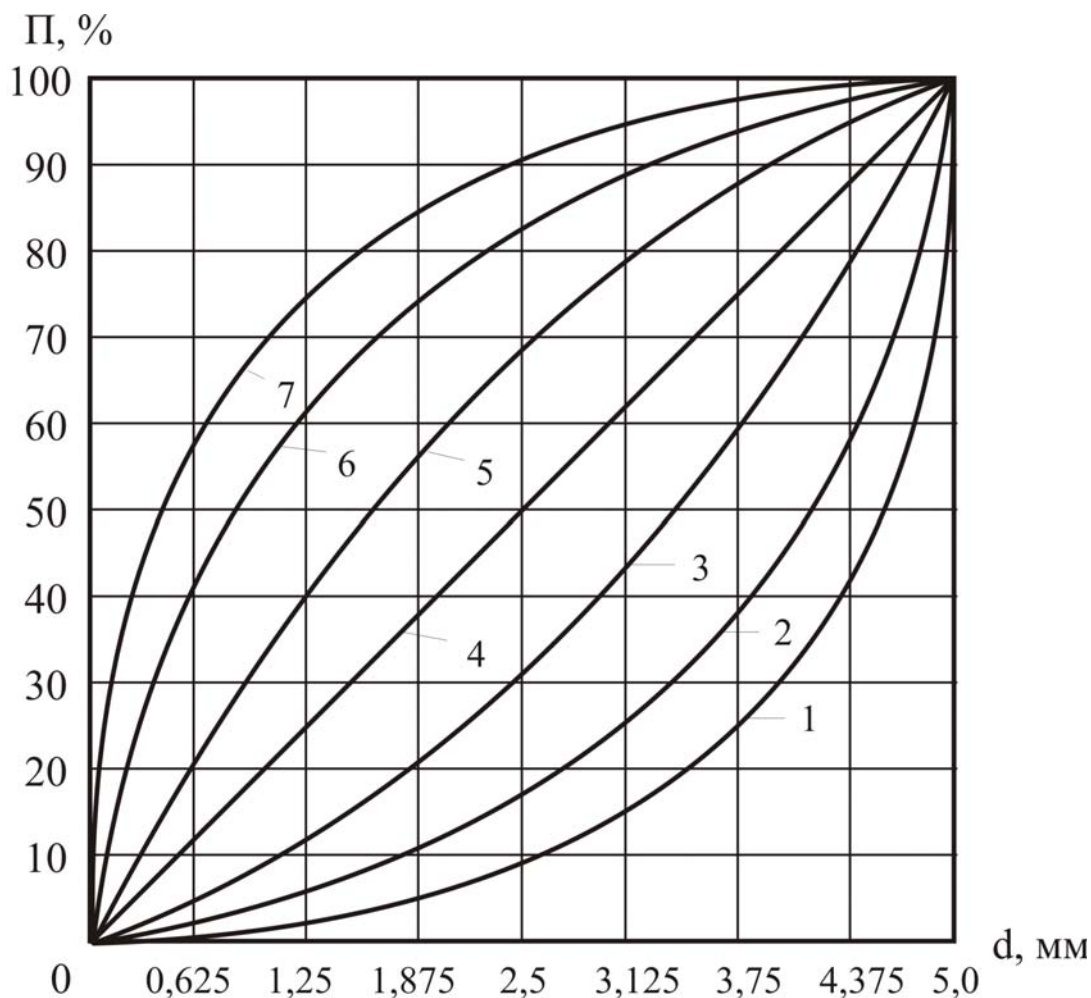


Рисунок 2.3 – Кумулятивные кривые крупности.

10. Пункты 6-9 повторить для пород, соответствующих двум другим кумулятивным кривым крупности.

11. По формуле (2.3) вычислить величину угла естественного откоса для всех трех случаев и результат записать в табл.2.2.

12. Взвесить мерный сосуд и результат записать в табл.2.2.

13. Породу, соответствующую первой кривой кумулятивной крупности, засыпать в мерный сосуд до образования конуса.

14. Удалить конус породы.

15. Взвесить мерный сосуд с породой и результат записать в табл.2.3.

16. Эксперимент повторить еще 2 раза.

17. Пункты 13-15 повторить для пород, соответствующих двум другим кумулятивным кривым крупности.

18. Вычислить величину насыпной массы породы для всех трех случаев по формуле (2.4) и результаты записать в табл.2.3.

19. Вычислить величину коэффициента разрыхления для всех трех случаев по формуле (2.5) и результаты записать в табл.2.3.

20. По указанию преподавателя построить некоторые из нижеуказанных зависимостей и сделать вывод о характере этих зависимостей

$$\alpha = f(d_{cp}) \quad \rho_n = f(d_{cp}) \quad K_p = f(d_{cp})$$

$$\alpha = f(K_n) \quad \rho_n = f(d_{cp}) \quad K_p = f(d_{cp})$$

Таблица 2.1 – Результаты определения средневзвешенного диаметра и коэффициента неоднородности для различных кривых кумулятивной крупности.

Номер кривой	Размер класса, мм	Средний диаметр класса, мм	Процентное содержание класса, %	Средневзвешенный диаметр, мм	d_{60} , мм	d_{10} , мм	Коэффициент неоднородности, ед
	0 – 0,63	0,315					
	0,63 – 1,25	0,94					
	1,25 – 2,5	1,875					
	2,5 – 5	3,75					
	0 – 0,63	0,315					
	0,63 – 1,25	0,94					
	1,25 – 2,5	1,875					
	2,5 – 5	3,75					
	0 – 0,63	0,315					
	0,63 – 1,25	0,94					
	1,25 – 2,5	1,875					
	2,5 – 5	3,75					

Таблица 2.2 – Результаты определения угла естественного откоса

Номер кривой	Радиусы развала породы, см				Средняя величина радиуса R , см	Высота конуса породы H , см.	Угол естественного откоса α , град.	Средний угол естественного откоса α , град.
	R_1	R_2	R_3	R_4				

Таблица 2.3 – Результаты определения насыпной массы и коэффициента разрыхления

Номер кривой	Объем сосуда V , м ³	Масса сосуда с породой M , кг	Масса сосуда m_c , кг	Масса породы $M - m_c$, кг	Насыпная масса породы ρ_n , кг/м ³	Коэффициент разрыхления K_p , ед.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Основные сведения

Прочность породы определяется величиной критических напряжений, при которых происходит ее разрушение. Эти напряжения носят названия пределов прочности. Наибольшее использование в задачах горного производства имеют пределы прочности при одноосном сжатии ($\sigma_{сж}$) и растяжении (σ_p).

Государственным стандартом для определения предела прочности при одноосном сжатии рекомендуется использовать следующие методы (ГОСТ 21155.2-84):

- одноосного сжатия образцов правильной формы плоскими плитами;
- разрушения образцов-плиток плоскими соосными пуансонами.

Для определения предела прочности при одноосном растяжении рекомендуется следующие методы (ГОСТ 21153.3-85):

- разрушения цилиндрических и призматических образцов прямым растяжением;
- разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим;
- разрушения образцов произвольной, формы встречными сферическими инденторами.

В данной работе для определения пределов прочности горных пород при одноосном сжатии и одноосном растяжении будут использоваться соответственно методы 1-й и 4-й. Для оценки разрушения твердых тел использует различные теории прочности. Для горных пород наибольшее распространение получила теория Мора, согласно которой разрушение наступает тогда, когда либо касательные напряжения превысят определенное предельное значение, величина которого тем больше, чем больше нормальное напряжение, действующее по площадке разрушения, либо при касательном напряжении, равном нулю, нормальные растягивающие напряжения превысят предел прочности при растяжении.

Паспорт прочности горной породы представляет собой графическое изображение зависимости предельных касательных напряжений от величины нормальных напряжений, действующих по площадкам разрушения, при различных видах нагружения. Величину предельных касательных напряжений определяют с помощью построения круговых диаграмм Мора, по результатам испытания горных пород на одноосное сжатие и растяжение, срез со сжатием, всестороннее сжатие и т.д.

Цель работы: Знакомство студентов с методикой определения прочностных параметров горных пород и построения паспорта прочности.

Приборы и принадлежности: Пресс ПСУ-10, ПСУ-15, штангенциркуль, образцы горных пород, циркуль.

Определение предела прочности горных пород при одноосном сжатии методом сжатия образцов правильной формы плоскими плитами

Сущность метода заключается в измерении максимальной разрушающей силы, приложенной к торцам образца правильной формы через стальные плоские плиты.

Для испытания из шtuфов или кернов изготавливают цилиндрические или призматические (с квадратным поперечным сечением) образцы.

Размеры образцов должны соответствовать указанным в табл.3.1.

Таблица 3.1 – Размеры образцов

Параметр образца	Размер, мм	
	при исследовательских испытаниях	
	предпочтительный	допустимый
Диаметр (сторона квадрата) d	42 ± 2	от 30 до 60
m = h/d h – высота образца	от 1,0 до 2,0	от 0,7 до 0,1

Измерения размеров образцов производят штангенциркулем с погрешностью ±0,1 мм. Диаметр измеряют в трех местах по высоте (в середине и у торцов) в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Допускается разность диаметров по всем измерениям не более 0,5 мм. За расчетный принимают среднее арифметическое результатов всех измерений. Высоту измеряют по центру образца.

Торцевые поверхности образца должны быть плоскими, параллельными друг другу (отклонение по диаметру до 0,05 мм) и перпендикулярными боковой поверхности (отклонение по высоте до 0,1 мм). Количество образцов при исследовательских испытаниях должно быть не менее 6.

Образец устанавливают на торцевую поверхность в центре нижней опорной плиты пресса к нагружают до разрушения с равномерной скоростью 1-5 МПа/с. Записывают максимальную величину разрушающей образец силы Р, зафиксированную силоизмерителем пресса, с указанием отношения $m = h/d$ для образца.

Предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{сж}(m)$, кН/м², для каждого образца вычисляют по формуле

$$\sigma_{сж(m)} = \frac{P}{S}, \quad (3.1)$$

где Р – разрушающая образец сила, кН; S - площадь поперечного сечения образца, м².

Для приведения результатов испытаний к значениям, получаемым при $m = 2$, предел прочности при одноосном сжатии $\sigma_{сж(2)}$, кН/м² вычисляют по формуле

$$\sigma_{сж(2)} = \sigma_{сж(m)} \cdot K_v, \quad (3.2)$$

где K_v – безразмерный коэффициент высоты образца, равный 1,0 при $m = (2 \pm 0,05)$. Для других значений m коэффициент K_v определяют по табл.3.2.

Таблица 3.2 – Расчетные данные

m	0,70	0,80	0,90	1,00	1,20	1,40	1,60	1,80	2,00
K_v	0,68	0,72	0,76	0,80	0,86	0,90	0,94	0,97	1,00

Определение предела прочности горных пород при одноосном растяжении методом разрушения цилиндрических образцов сжатием по образующим

Сущность метода заключается в определении максимальной разрушающей силы, приложенной по образующей цилиндрического образца породы, в результате чего в образце возникают растягивающие напряжения, приводящие к его разрушению в плоскости продольного сечения (рис.3.1).

Образцы цилиндрической формы изготавливают из кернов. Диаметр образцов. (42 ± 2) мм, а отношение длины образца к его диаметру $1 \pm 0,1$. Остальные требования к образцам аналогичны вышеописанным.

Образец укладывают на образующую в центре нижней опорной плиты прессы и нагружают со скоростью 1-5 МПа/с до разрушения, фиксируя величину разрушающей силы P в килоньютонах. Предел прочности при одноосном растяжении, кН/м^2 , для каждого образца вычисляют по формуле

$$\sigma_p = K \cdot \frac{P}{S}, \quad (3.3)$$

где K – коэффициент пропорциональности, равный 0,64 при нагружении плитами; P – разрушающая сила, кН; S – площадь разрыва образца, равная произведению диаметра образца на его длину, м^2 .

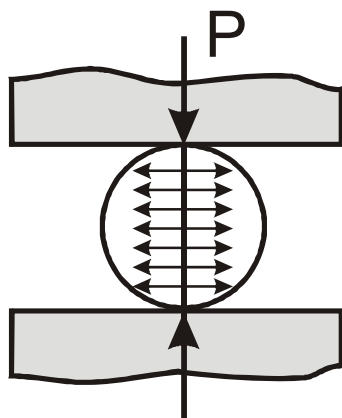


Рисунок.3.1. – Определение предела прочности на растяжение

Построение паспорта прочности горных пород

По результатам испытания горных пород на одноосное сжатие и растяжение можно построить паспорт прочности двумя методами - упрощенным и расчетным.

Построение паспорта прочности упрощенным методом

При таком построении паспорт прочности представляет собой прямую линию, касательную к двум предельным кругам Мора. Уравнение паспорта прочности в данном случае имеет вид

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi + C, \quad (3.4)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент внутреннего трения породы (коэффициент пропорциональности между приращениями нормальных и касательных напряжений при разрушении породы); C – коэффициент сцепления породы, равный предельным касательным напряжением, воспринимаемым породой при нулевом нормальном напряжении, т.е. пределу прочности на чистый сдвиг.

Такое построение паспорта прочности отличается простотой, однако значения предельных касательных напряжений в области всестороннего сжатия получаются завышенными.

Для построения паспорта прочности упрощенным методом в системе координат τ, σ (рис.3.2) в масштабе 1 см = 2,0; 5,0 или 10,0 МПа по оси вправо откладывается $\sigma_{сж}$, делится пополам точкой O_1 , и радиусом $R_1 = \frac{\sigma_{сж}}{2}$ проводится

полуокружность с центром в точке O_1 ; влево от начала координат по оси σ откладывается σ_p , делится пополам точкой O_2 , и строится полуокружность с центром в точке O_2 . Затем проводится касательная к окружностям. Это и будет паспорт прочности. Ордината точки пересечения предельной прямой с осью τ определяет числовое значение коэффициента сцепления C , а угол наклона прямой к оси нормального напряжения представляет собой угол внутреннего трения φ . С помощью треугольника, построенного в любой точке предельной прямой, определяется коэффициент внутреннего трения $\operatorname{tg} \varphi$ ($\operatorname{tg} \varphi = \frac{a}{b}$). В уравнение паспорта прочности (3.4) подставляются числовые значения $\operatorname{tg} \varphi$ и C .

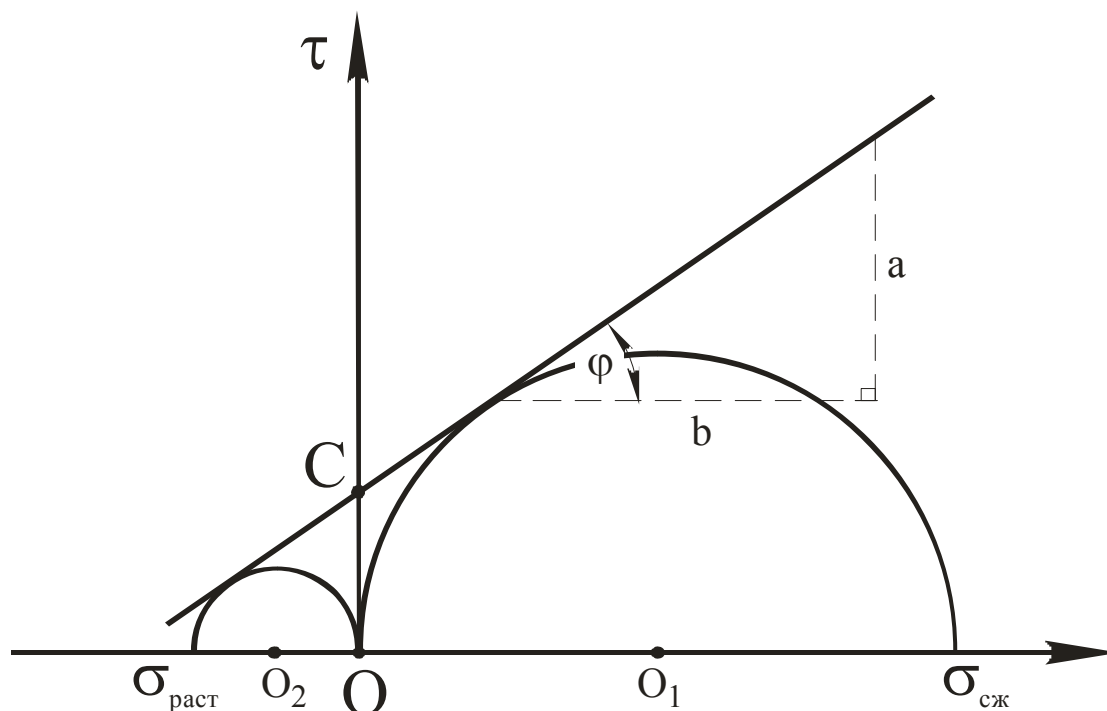


Рисунок 3.2 – Построение паспорта прочности

Построение паспорта прочности расчетным методом

Протоdjяконов М.М. на основе анализа существующих представлений о виде огибающей предельных кругов Мора пришел к выводу о существовании единой фoрды, огибающей для всех горных пород, которая в координатной системе описывается уравнением

$$Y = Y_{\max} \left(\frac{x^2}{x^2 + a^2} \right)^{3/8}, \quad (3.5)$$

где $Y = \tau$ – касательное напряжение по площадке разрушения, Н/м²;

$X = \sigma_{сж} + \sigma_{pm}$ – сумма нормальных напряжений при одноосном сжатии и с пределом прочности при трехосном растяжении σ_{pm} , Н/м².

На основании этого уравнения огибающая характеризуется двумя параметрами:

$Y_{\max} = \tau_{\max}$ – максимальным сопротивлением сдвигу, Н/м²; a – параметром формы огибающей, Н/м².

Протождяконовым М.М. установлено, что для ряда горных пород Донбасса отношение $\frac{\tau_{\max}}{a}$ сохраняется примерно постоянным и равным 0,73. Такое постоянство отношения указывает на то, что огибающие разлитых пород подобны по форме и различается лишь масштабом и расположением кругов Мора. На основании этого выводится приближенное уравнение огибающей в безразмерной форме.

$$\ell = \left(\frac{K^2}{K^2 + 1} \right)^{\frac{3}{8}}, \quad (3.6)$$

где $\ell = \frac{Y}{Y_{\max}}$ – безразмерная ордината; $K = \frac{x}{a}$ – расчетный параметр.

Если принять, что отношение $\frac{\tau_{\max}}{a} = 0,73$, то для построения огибающей достаточно знать сопротивление горных пород одноосному сжатию к растяжению. Для построения огибающей используется табл.3.3 значений расчетных параметров: q_1 и q_2 – безразмерных радиусов предельных кругов напряжений при одноосном растяжении и сжатии; K_1 и K_2 безразмерных координат центров кругов трехосного растяжения и одноосного сжатия; $(K_1 + q_1) = (K_2 - q_2)$ – координат точки касания предельных кругов одноосного растяжения и сжатия.

Построение паспорта прочности расчетным методом дает возможность при незначительной экспериментальной трудоемкости получить более точное представление о предельных величинах касательных напряжений в различных видах нагружения горных пород.

Определение уравнения и построение огибающей предельных кругов напряжения Мора разберем на примере для одного из песчаников. Для этого песчаника прочность на сжатие $\sigma_{сж} = 134$ МПа, а прочность на растяжение $\sigma_p = 8,1$ МПа. Отношение их друг к другу $\frac{\sigma_{сж}}{\sigma_p} = \frac{q_2}{q_1} = 16,6$. По табл. 3.3 для этого значения $\frac{q_2}{q_1}$ находим, интерполируя, $q_1 = 0,0043$ и $q_2 = 0,0716$.

Далее определяем форму кривой a , который равен отношению фактических радиусов кругов напряжений к безразмерным:

$$a_1 = \frac{\sigma_{сж}}{2q_2} \quad a_2 = \frac{\sigma_p}{2q_1}$$

Подставив численные значения величин, получим

$$a_1 = \frac{134}{20,716} = 937 \text{ МПа.}$$

$$a_2 = \frac{8,1}{20,0043} = 942 \text{ МПа.}$$

Принимаем в среднем

$$a_{cp} = \frac{a_1 + a_2}{2} = 940 \text{ МПа.}$$

После этого уравнение огибающей кривой для данной породы будет

$$y = 686 \cdot \left(\frac{x^2}{x^2 + 940} \right)^{3/8}$$

где $y_{\max} = 0,73 \cdot a_{cp} = 0,73 \cdot 940 = 686$ МПа.

Далее находим путем интерполяции в табл. 3.3 безразмерную абсциссу точки касания кругов напряжений для одноосного растяжения и сжатия:

$$K_1 + q_1 = 0,00879.$$

Умножив эту величину на параметр $a = 940$ МПа, определяем величину сопротивления породы трехосному растяжению или начало координат в системе σ, τ :

$$\sigma_{p.m.} = (K + q_1) \cdot a_{cp} = 0,00879 \cdot 940 = 8,25 \text{ МПа}$$

Сопротивление исследуемого песчаника трехосному растяжению почти равно сопротивлению его при одноосном растяжении.

Таким образом, для построения паспортной кривой, огибающей предельных кругов Мора, все необходимые параметры определены.

Остается только найти несколько точек кривой, т.е. определить их координаты в системе $\tau (y)$ и $\sigma (x)$, используя из табл. 3.3 различные значения ℓ и соответствующие им значения и равенства

$$\sigma_i = a_{cp} \cdot K_i - \sigma_{p.m.}$$

$$\tau_i = y_{\max} \cdot \ell_i$$

Порядок выполнения работы

1. Измерить размеры образцов породы (d, h).
2. Определить предел прочности породы при одноосном сжатии.
3. Определить предел прочности породы при одноосном растяжении.
4. Построить паспорт прочности горной породы упрощенным методом, определить числовые значения $tg\varphi$ и C и подставить их в уравнение паспорта прочности.
5. На этом же рисунке построить паспорт прочности расчетным методом.
6. Сопоставить паспорта прочности, построенные двумя методами, сделать выводы.

Таблица 3.3 – Значения расчетных параметров.

K	ℓ	$K_1 + q_1$	q_1	q_2	q_2 / q_1
2,0	0,920				
1,8	0,904				
1,6	0,884				
1,4	0,865				
1,2	0,824				
1,0	0,771				
0,9	0,740				
0,8	0,700				
0,7	0,660				
0,6	0,608	1,258	0,479	0,666	1,39
0,5	0,547	1,133	0,443	0,661	1,49
0,4	0,467	0,992	0,398	0,654	1064
0,3	0,393	0,829	0,342	0,636	1,86
0,2	0,295	0,636	0,271	0,597	2,21
0,1	0,177	0,403	0,179	0,531	2,97
0,08	0,151	0,348	0,157	0,508	3,25
0,06	0,121	0,288	0,131	0,473	361
0,05	0,106	0,256	0,117	0,453	3,85
0,04	0,089	0,222	0,103	0,421	4,10
0,03	0,072	0,185	0,087	0,385	4,48
0,02	0,053	0,145	0,068	0,344	5,04
0,01	0,032	0,096	0,046	0,279	6,08
0,008	0,027	0,085	0,041	0,258	6,32
0,006	0,022	0,072	0,035	0,229	6,62
0,005	0,019	0,065	0,031	0,215	6,86
0,004	0,016	0,057	0,028	0,202	7,35
0,003	0,013	0,048	0,024	0,185	7,85
0,002	0,009	0,039	0,019	0,166	8,74
0,001	0,006	0,027	0,013	0,132	10,0
0,0008	0,005	0,024	0,012	0,127	10,7
0,0005	0,0033	0,0185	0,009	0,107	11,8
0,0004	0,028	0,0163	0,008	0,100	12,5
0,0002	0,0017	0,0114	0,0056	0,081	14,5
0,00008	0,0008	0,0071	0,0035	0,0634	18,2
0,00005	0,0004	0,0057	0,0028	0,0557	19,9

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГИХ ДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД АКУСТИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Основные сведения

Одним из распространенных методов изучения упругих свойств горных пород является акустический, основанный на измерении скоростей распространения различного типа упругих колебаний (волн) в исследуемой среде.

Скорость распространения упругих волн в горных породах зависит от типа среды, упругих свойств и их плотности. В зависимости от характера возбуждения упругих колебаний в исследуемых образцах могут распространяться продольные, поперечные и поверхностные волны. Измеряя их скорости, в лабораторных условиях можно определить упругие динамические параметры горных пород.

Существуют три основных метода определения упругих динамических параметров пород: метод критических углов (иммерсионный), метод продольного профилирования и метод прямого прозвучивания. Наиболее простым является последний, в процессе которого измеряются скорости распространения продольных волн v в керновых образцах горных пород. При этом ошибка в измерении скоростей не превышает 3–4%. Керновые образцы не разрушаются и могут затем использоваться для дальнейшего изучения.

Скорость распространения продольных волн в керновых образцах пород зависит от их геометрических размеров и параметров упругой волны и изменяется в зависимости от соотношения $d/2\lambda$, где d – диаметр образца, м; λ – длина продольной волны, м. При соотношении $d/2\lambda > 0,8$ продольные волны распространяются в образце аналогично их распространению в массиве горных пород, а при $d/2\lambda < 0,2-0,3$ – аналогично их распространению в идеальном "тонком стержне". При этом скорость распространения продольных волн в "массиве", м/с, характеризуется зависимостью

$$v_{p.m.} = \sqrt{E_d \cdot (1 - \nu_d) / \rho \cdot (1 + \nu_d) \cdot (1 - 2\nu_d)}, \quad (4.1)$$

где E_d – динамический модуль упругости, Па; ρ – плотность горной породы, кг/м³; ν_d – динамический коэффициент Пуассона.

Скорость распространения продольных волн в "тонком стержне", м/с, определяется по формуле

$$v_{pc} = \sqrt{E_d / \rho} \quad (4.2)$$

Скорость распространения продольной упругой волны v_p . Определяется прямым прозвучиванием на приборе УКБ-1М путем измерения расстояния между передатчиком и приемником, устанавливаемых по торцам керна, и времени прохождения продольной волны через образец.

Подбирая соответствующую длину волны (частоту) для прозвучивания образца, можно добиться создания характера ее распространения в "массиве" или в "тонком стержне". По измеренным при этом скоростям распространения продольных волн v_p и известной плотности ρ можно определить из уравнения (4.2) динамический модуль упругости E_d , а зная его, из уравнения (4.1) – динамический коэффициент Пуассона ν_d и связанные с ним характеристики пород – динамический модуль сдвига G_d и динамический модуль объемного (всестороннего) сжатия K_d

Цель работы – экспериментальное определение упругих динамических параметров горных пород акустическим методом в лабораторных условиях методом прямого прозвучивания.

Приборы и материалы: прибор УКБ-1М, пьезопреобразователи, соединительные электрические кабели, керновые образцы горных пород, гиря, смазка. Схема установки для определения упругих параметров пород акустическим методом представлена на рисунке.

Порядок выполнения работы

1. Установить органы управления прибора УКБ-1М в следующие положения: переключатель "Ослабление ДБ" – "0"; ручку "Усиление" – среднее; ручку "Отсчет плавно, мксек" – "0" по лимбу шкалы; переключатель "Отсчет ступенчато мксек" – "0"; тумблер "Развертка I, II" – 1; ручку "Развертка плавно" – среднее; тумблер "Амплитуда УЗК" – "min"; переключатель "Род работы" – "АСВР"; переключатель "Множитель" – "1"; ручку "Яркость" – среднее. Остальные органы управления – в произвольном положении.

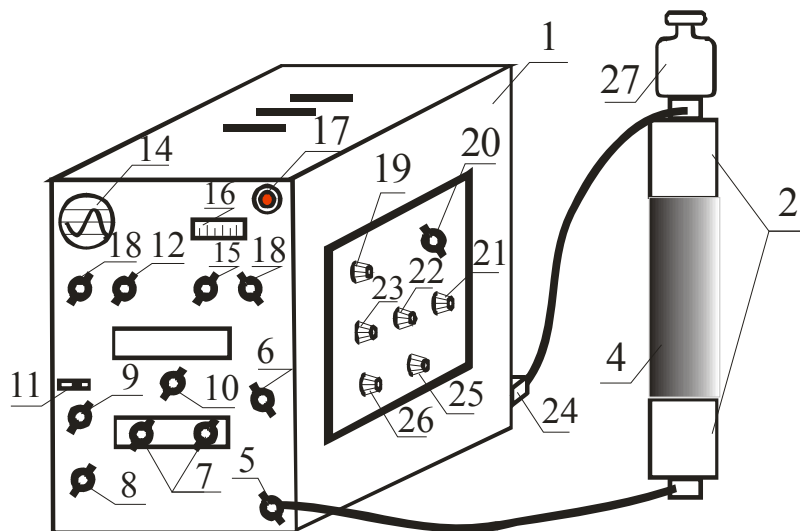


Рисунок 4.1 – Схема установки для определения упругих параметров пород акустическим методом: 1 – прибор УКБ–1М; 2 – пьезопреобразователи; 3 – электрический кабель; 4 – керновый образец породы; 5 – разъем "Вход усилителя"; 6 – переключатель "Род работы"; 7 – переключатели: "Ослабление ДБ"; 8 – ручка "Усиление"; 9 – ручка "Развертка плавно"; 10 – переключатель "Отсчет ступенчато, мксек"; 11 – тумблер "Развертка I, II"; 12 – ручка "Смещение X – фокус"; 13 – ручка "Сеть–Выкл."; 14 – экран ЭЛТ; 15 – ручка "Отсчет плавно, мксек"; 16 – шкала плавного отсчета времени; 17 – лампочка "АСВР"; 18 – переключатель "Множитель"; 19 – переключатель "Установка нуля"; 20 – тумблер "Амплитуда УЗК"; 21 – ручка "Смещение"; 22 – ручка "Яркость"; 23 – ручка "Калибр"; 24 – разъем "Выход генератора"; 25 – ручка "Астигматизм"; 26 – ручка "Геометрия"; 27 – гиря.

2. Подсоединить к разъемам "Выход генератора" и "Вход усилителя" соединительные электрические кабели с пьезопреобразователями на выбранную частоту.

3. Включить прибор, повернув ручку "Сеть–Выкл." в положение "Сеть". При этом должна загореться лампочка подсвета шкалы плавного отсчета времени и появиться развертка на экране ЭЛТ.

4. Совместить соосно друг с другом через слой смазки подключенные к разъемам пьезопреобразователи, притереть их и убедиться в появлении на экране ЭЛТ сигнала УЗК.

5. После двухминутного прогрева ручками управления "Смещение X – фокус", "Яркость", "Астигматизм" и "Геометрия" установить необходимую яркость изображения, фокусировку, добиться правильной геометрии сигнала на экране и установить начало линии развертки в начале координатной сетки ЭЛТ.

6. Определить время прохождения сигнала через элементы установки, для чего ручкой "Развертка плавно" вывести первую отрицательную полуволну сигнала на середину экрана ЭЛТ; ручками "Усиление" и "Ослабление ДБ" установить амплитуду первой отрицательной полуволны сигнала на уровне нижней горизонтальной линии сетки ЭЛТ; установить ручку "Развертка плавно" в крайнее правое положение; вращая ручку "Отсчет плавно, мксек" по часовой стрелке, добиться непрерывного горения лампочки "АСВР"; медленно вращать ручку "Отсчет плавно, мксек" против часовой стрелки до первого мигания лампочки "АСВР", при котором по шкале плавного отчета времени снять отсчет времени прохождения сигнала через прибор с пьезопреобразователями.

7. Произвести определение времени прохождения сигнала через элементы установки 3 раза, каждый раз меняя смазку на пьезопреобразователях.

8. Измерить длину ℓ исследуемого образца и его диаметр d с точностью до 1 мм.

9. Установить между пьезопреобразователями керновый образец горной породы с нанесенной по торцам смазкой и притереть пьезопреобразователи к образцу. Проверить соосность расположения пьезопреобразователей.

10. Определить время t_l , прохождения сигнала УЗК в установке с исследуемым образцом аналогично определению времени t_0 (см. п.6).

11. Произвести определение времени прохождения сигнала в установке с исследуемым образцом 3 раза, каждый раз обновляя смазку в контактах пьезопреобразователей и на торцах образца породы.

12. Определить время распространения сигнала УЗК в исследуемом образце, с, по формуле

$$t = t_{cp1} - t_{cp0} \quad (4.3)$$

где t_{cp1} и t_{cp0} – соответственно среднее из трех измеренных значений времени прохождения сигнала УЗК в установке с образцом и без него, с.

13. Данные измерений занести в табл. 4.1.

14. Определить скорость распространения продольных волн в исследуемом образце, м/с, по формуле

$$v = \frac{\ell}{t} \quad (4.4)$$

15. Рассчитать длину звуковой волны, м, по формуле

$$\lambda = \frac{v}{f} \quad (4.5)$$

где f – частота пьезопреобразователя, Гц.

16. Вычислить соотношение $d/2\lambda$ и установить характер распространения продольной волны в испытуемом образце ("в массиве" – при $d/2\lambda > 0,8$, в "тонком стержне" – при $d/2\lambda < 0,2 - 0,3$).

17. Аналогичным образом определить время прохождения сигнала в установке с образцом и без образца при продольном прозвучивании через пьезопреобразователи с другой выбранной частотой. Рассчитать скорость распространения продольной волны и установить характер ее распространения в исследуемом образце.

18. Вычислить значения динамического модуля упругости по скорости распространения продольных волн в "тонком стержне", Па:

$$E_0 = \rho \cdot v^2_{p.c.} \quad (4.6)$$

19. Подставив полученное значение E_δ в выражение (4.1) и упростив его, можно определить динамический коэффициент Пуассона по формуле

$$\nu_\delta = 0,25a \cdot \left(\sqrt{\frac{1+8}{a}} - 1 \right), \quad (4.7)$$

где:

$$a = 1 - \frac{E_\delta}{\rho v_{p.m.}^2} \quad (4.8)$$

20. Рассчитать динамический модуль сдвига, Па, по формуле:

$$G_\delta = \frac{E_\delta}{2 \cdot (1 + \nu_\delta)} \quad (4.9)$$

21. Вычислить динамический модуль объемного (всестороннего) сжатия, Па:

$$K_\delta = \frac{E_\delta}{3 \cdot (1 - 2\nu_\delta)} \quad (4.10)$$

Результаты расчетов занести в табл. 4.2

Вывод: в результате выполнения лабораторной работы экспериментально определены упругие динамические параметры горных пород, что дает возможность оценить их количественные значения и соотношения между собой и между величинами параметров акустических упругих волн.

Таблица 4.1 – Данные измерений

Порода	Диаметр образца d , м	Длина образца ℓ , м	Плотность породы ρ , кг/м ³	Номер эксперимента	Частота сигнала УЗК, f , Гц	Время распространения сигнала								Скорость продольной волны v , м/с	Длина волны λ , м	Отно- шение $\frac{d}{2\lambda}$	Тип продольно й волны	
						На установке без образца				На установке с образцом								в образ- це, t
						1	2	3	tCP ₀	1	2	3	tCP ₁					
				1														
				2														
				3														
				4														

Таблица 4.2 – Результаты расчетов

Порода	Динамический модуль упругости E_g , Па	Коэффициент $a = 1 - E_g / \rho \cdot v_{p.m.}^2$	Динамический коэффициент Пуассона ν_g	Динамический модуль сдвига G_g , Па	Динамический модуль всестороннего сжатия K_g , Па

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СПЕЦИАЛЬНЫХ ГОРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ГОРНЫХ ПОРОД

Основные сведения

Горно-технологические параметры подразделяются на группы по принципу принадлежности к определенным процессам технологического воздействия, например:

- параметры, характеризующие общую разрушаемость пород техническим способом: твердость, крепость, вязкость, дробимость;
- параметры оценивающие воздействие породы на инструмент: абразивность;
- параметры, характеризующие разрушаемость пород определенными механизмами и процессами: буримость, сопротивляемость резанию, взрываемость.

Цель работы: Знакомство с приборами и установками, применяемыми при определении абразивности, контактной прочности, крепости и дробимости горных пород, порядком выполнения работы, методом обработки результатов эксперимента и областью применения полученных решений.

Приборы и принадлежности: Сверлильный станок, пресс, штамп, прибор ПОК (прибор определения крепости), испытательный копер, сита с отверстиями 0,55 и 7,0 мм.

Объем работы – 2 часа учебных занятий, в период которых производятся необходимые испытания, определение специальных горно-технологических параметров горных пород по методике, изложенной в практикуме, оформление отчета и сдача его преподавателю.

При подготовке к лабораторным работам студент должен изучить методические положения (практикум).

Порядок выполнения работы

АБРАЗИВНОСТЬ. Свойство горной породы изнашивать с поверхности всякое контактирующее с ней другое твердое тело в процессе трения называют абразивностью данной породы. При ведении горных работ происходит изнашивание горными породами различного металлического инструмента.

Абразивность горных пород влияет на проходку горных выработок с применением комбайнов, при выемке угля с помощью комбайнов, врубовых машин, струговых установок и т.д.

Известны различные методы определения абразивности, в которых в качестве эталонных материалов используются твердые сплавы, сталь различных марок, бронза и др. Форма эталонов – пластинки, стержни, диски, шар. Было предложено определять абразивность дробленого угля путем изнашивания кольцевого эталона.

В настоящей лабораторной работе испытания пород на абразивность проводятся по методике, разработанной в Институте горного дела им. А.А. Скочинского. Сущность метода заключается в истирании эталонного цилиндрического стержня из термически необработанной стали диаметром 8 мм об естественную поверхность породного образца на переоборудованном настольном сверлильном станке при осевом усилии 0,15 кН и скорости вращения 400 об/мин. Потеря массы эталонного стержня (в мг) за время проведения опыта, равное 10 мин, принимается в качестве показателя абразивности испытываемой породы. Перед испытанием стержни взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,1 мг.

Образец породы зажимают для предотвращения его растрескивания между деревянными прокладками в станочных тисках так, чтобы его верхняя поверхность была примерно горизонтальной. Затем шпиндель с закрепленным в патроне стержнем длиной 5-7 см опускают на образец, включают привод станка и в течение 10 мин истирают стержень. После этого привод станка выключают, поднимают шпиндель, переворачивают стержень в патроне и опускают на новый участок поверхности образца. После 10 мин истирания другим концом стержень вынимают, очищают и снова взвешивают. Показатель абразивности породы, мг, вычисляют на основании результатов опытов по формуле:

$$A = \frac{G_1 - G_2}{2}, \quad (5.1)$$

где G_1 – масса стержня до опыта, мг; G_2 – масса стержня после опыта, мг.

КОНТАКТНАЯ ПРОЧНОСТЬ. Твердость горных пород характеризует их поведение в случае сложнапряженного состояния и определяет сопротивляемость пород внедрению в них инструмента.

Для большинства горных пород используется метод контактной прочности, разработанный в Институте горного дела им. А.А. Скочинского.

Согласно этому методу вдавливание цилиндрического штампа с плоским основанием производится в нешлифованную (естественную) поверхность породного образца. В связи с тем, что получаемые результаты существенно отличаются от значения твердости при вдавливании штампа, этот показатель решили именовать контактной прочностью.

Образец породы объемом не менее 150-200 см³ и толщиной не менее 100-120 мм (в противном случае возможно раскалывание породы) должен иметь примерно параллельные грани. При необходимости поверхность образца подвергается обдирке на абразивном круге или грубой обколке, замеряется площадь S вдавливаемой в породу части штампа. Образец помещается под пресс, снабженный штампом.

Нагружение образца производится в один прием со скоростью (1,0–2,0)·10⁻⁴ м/с до появления лунки выкола. По шкале прессы определяется усилие P , необходимое для образования лунки выкола, результат записывается в табл. 5.1.

Таблица 5.1 – Результаты измерения контактной прочности

Порода	Номер измерения, n	Значение P_i , кгс	Размер штампа, d , мм	Значение штампа S , мм ²	Значение P_k , кгс/мм ²

Нагружение образца до появления лунки выкола производится на разных участках одной поверхности образца не менее 15-25 раз.

Показатель контактной прочности, кгс/мм², определяется по формуле

$$P_k = \frac{\sum_{i=1}^n P_i}{n} \cdot S, \quad (5.2)$$

По контактной прочности породы разделены на 12 классов.

КРЕПОСТЬ. Крепостью называют способность пород оказывать сопротивление разрушению независимо от рода применяемых машин и механизмов.

Проф. Протодяконов М. М. предложил классификацию пород по крепости, оцениваемую коэффициентом крепости f , в соответствии с которым все породы разделены на 10 категорий.

В настоящей работе для определения f используется предложенный проф. М. М. Протодяконовым (младшим) метод толчения, основанный на использовании прибора ПОК (прибор определения крепости).

Прибор ПОК (рис.5.1) состоит из стакана I, вставленного в него

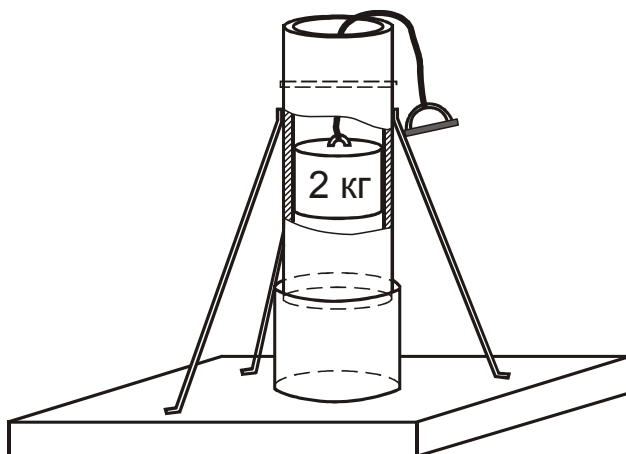


Рисунок 5.1 – Прибор определения крепости

трубчатого копра 2, внутри которого свободно помещается гиря 3 массой $2,4 \pm 0,01$ кг с ручкой 4, привязанной к гире шнуром. Трубчатый копер имеет в верхней части отверстия, в которые вставляются штифты 5, ограничивающие подъем гири. В комплект прибора входят объеммер, состоящий из стакана б и плунжера 7 со шкалой измерений с диапазоном показаний от 0 до 150 мм вдоль его продольной оси; сито с сеткой № 05 ($d = 0,55$ мм для отсева породы после дробления).

Отобранную пробу горной породы раскалывают молотком на твердом основании до получения кусков 20-40 мм. Из измельченного материала пробы отбирают 20 навесок массой 40-60 г каждая. Число сбрасываний гири на каждую

навеску устанавливают при дроблении первых пяти навесок. Каждую навеску отдельно дробят в стакане гирей, падающей с высоты 0,6 м. Число сбрасываний гири принимают в зависимости от ожидаемой крепости породы, обычно от 5 до 15 сбрасываний на каждую навеску.

Оставшиеся 15 навесок дробят в приборе последовательно в установленном режиме испытания при постоянном числе сбрасываний гири.

После дробления каждой пяти навесок их материал просеивают на сите, подрешетный продукт сита сыпают в объемомер, измеряют плунжером высоту столбика мелочи и записывают результаты измерения в табл.5.2.

Таблица 5.2 - Определение крепости пород по Протоdjяконову

Высота столбика пыли для первых 5 навесок $h, 10^{-3}$ м	Принятое число сбрасываний гири n	Высота столбика пыли, мм			Значение			
		6-й – 10-й навесок h_1	11-й – 15-й навесок h_2	16-й – 20-й навесок h_3	f_1	f_2	f_3	f_{cp}

Коэффициент крепости горной породы находят по формуле

$$f = \frac{20 n}{h}, \quad (5.3)$$

где 20 - эмпирический числовой коэффициент; n - число сбрасываний гири при испытании одной навески; h - высота столбика мелкой фракции в объемомере после испытаний 5 навесок, мм.

Окончательный результат испытаний определяется как среднее арифметическое:

$$f_{cp} = \frac{f_1 + f_2 + f_3}{3}$$

ДРОБИМОСТЬ. Дробимость породы характеризует ее способность оказывать сопротивление измельчению под воздействием динамических нагрузок.

Дробимость является энергетической характеристикой процесса ударного разрушения горных пород.

Одним из распространенных методов определения дробимости является метод разработанный институтом горного дела им. А.А. Скочинского. Метод заключается в следующем: с высоты 0,5 м на образец породы однократно сбрасывается гиря массой 16 кг. Масса образца неправильной формы должна составлять около 0,07 кг с отклонением до 15%. Образец помещается в стальной

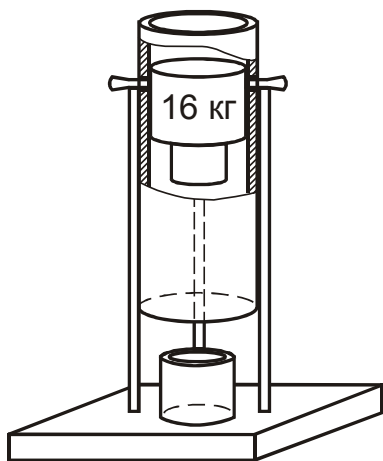


Рисунок 5.1 – Прибор для определения дробимости

стакан, установленный в основании испытательного копра. Измельченная порода просеивается через сито диаметром отверстия $7 \cdot 10^{-3}$ м.

На технических весах взвешивают породу, прошедшую через сито G . Показатель дробимости численно равен объему частиц, прошедших сквозь сито с диаметром отверстия $7 \cdot 10^{-3}$ м.

$$K_{\text{дроб}} = V = \frac{G}{\gamma} \quad (5.4)$$

где γ – объемная масса породы.

Результаты измерений заносят в табл. 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты измерений дробимости породы

Исследуемая порода	Масса образца $G \cdot 10^{-3}$ кг	Масса фракций, прошедших сквозь сито $7 \cdot 10^{-3}$ м, $G, 10^{-3}$ кг	Объем фракций, прошедших сквозь сито $7 \cdot 10^{-3}$ м, $V, 10^{-6}$ м ³

По дробимости все породы разбиты на 6 классов.

Вывод: в результате выполнения лабораторной работы определены абразивность, контактная прочность, крепость и дробимость, что дает возможность оценить их значения для конкретных пород, используемых в экспериментах.

Лабораторная работа № 6

ТЕПЛОВЫЕ СВОЙСТВА ГОРНЫХ ПОРОД

Общие сведения

Теплопроводность определяется тепловым (колебательным) движением молекул вещества при условии невозможности возникновения в нем конвективных токов (исключении из рассмотрения процессов тепломассопереноса). Наиболее простой вид имеет уравнение стационарного одномерного температурного поля:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = 0; \quad T = f(x);$$

где: T – температура,
 τ – время,
 x – координата.

Поверхность, объединяющая все точки тела с одинаковой температурой, называется изотермической поверхностью. Изотермические поверхности не пересекаются, поскольку каждая точка тела может иметь только одну температуру.

Интенсивность изменения температуры тела в каком-либо направлении характеризуется производной по данному направлению: $\left(\frac{\partial T}{\partial m}\right)$

Максимальное значение производной по направлению совпадает с нормалью к изотермической поверхности в данной точке и называется температурным градиентом **grad T**.

$$\text{grad } T = \left(\frac{\partial T}{\partial m}\right)_{\max}$$

Согласно гипотезе Фурье, количество теплоты d^2Q , проходящее через элемент изотермической поверхности площадью dF за промежуток времени $d\tau$ пропорционально температурному градиенту:

$$d^2Q = -\lambda \text{ grad } T \, dF \, d\tau$$

Здесь множитель λ называется коэффициентом теплопроводности, знак «минус» указывает на то, что поток тепла направлен навстречу градиенту (в направлении уменьшения температуры).

Рассмотрим процесс распространения теплоты в однородном изотропном твердом теле (горной породе). Примем, что теплопроводность λ , теплоемкость c и плотность ρ постоянны. Количество теплоты, сообщаемое единице объема тела в единицу времени равно q_v .

Вся теплота, внесенная внутрь выделенного объема идет (при отсутствии тепловых потерь) на увеличение внутренней энергии тела dU .

$$dU = c \rho dv \frac{\partial T}{\partial \tau} d\tau$$

В указанных условиях, изменение температуры тела описывается уравнением Лапласа:

$$\frac{\partial T}{\partial \tau} = a \nabla^2 t + \frac{q}{c\rho}$$

здесь a , m^2/c – коэффициент температуропроводности, $a = \frac{\lambda}{c\rho}$,

Коэффициент температуропроводности является физическим параметром вещества, изменение температуры во времени для любой точки тела пропорционально величине температуропроводности a .

Плотность теплового потока (количество тепла в единицу времени через единицу поверхности) равна мощности, потребляемой нагревателем, отнесенной к нагреваемой поверхности.

$$q = \frac{U \cdot I}{S}$$

где U , I – эффективные значения, соответственно, напряжения и тока в нагревателе,

S – площадь нагреваемой поверхности (удвоенная площадь торца диска).

Уравнение теплопроводности $q = \lambda \cdot \text{grad} T$ позволяет найти коэффициент теплопроводности $\lambda = \frac{q}{\text{grad} T}$, или, применительно к условиям эксперимента, $\lambda =$

$q \cdot \frac{L_2 - L_1}{t_1 - t_2}$, где T_1 , T_2 соответственно, температура на «холодных» торцах пластинок горной породы с толщинами L_1 , L_2 .

Зная коэффициенты тепло- и температуропроводности можно вычислить теплоемкость горной породы $C = \frac{\lambda}{\rho \cdot a}$.

Согласно ГОСТ 25493-82, тепловые параметры горных пород следует измерять, подавая тепловые импульсы на один из торцов цилиндрического образца с плоскопараллельными основаниями, а временной сдвиг теплового импульса, связанный со скоростью распространения тепла в образце изучают на другом торце. Ограничения, возникающие из-за короткого времени проведения лабораторной работы, не позволяют изучать тепловые свойства пород методом нескольких тепловых импульсов. Поэтому в лабораторной установке реализован метод одиночного короткого импульса с известной длительностью τ и фиксированной величиной теплового импульса Q .

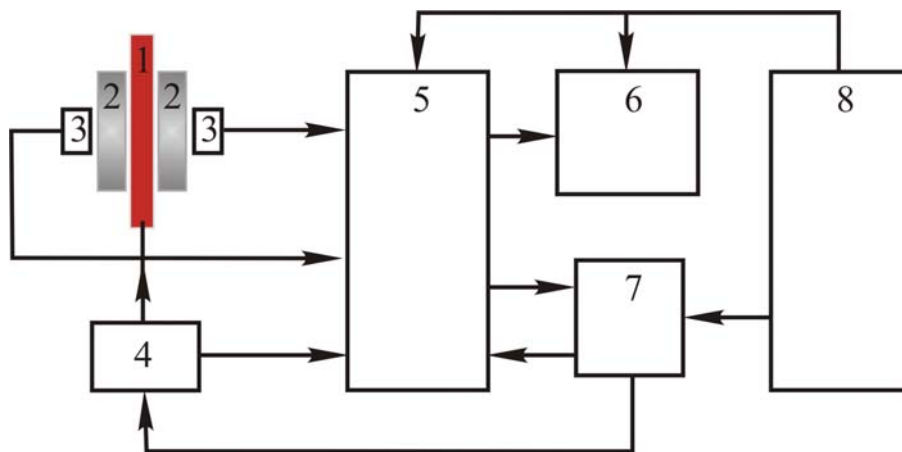


Рис 6.1 - Структурная схема установки для исследования тепловых свойств горных пород: 1 – нагреватель; 2 – образцы горных пород; 3 – датчики температуры «холодных» торцов; 4 – блок управления током нагревателя; 5 – процессор; 6 – дисплей; 7 – вторичный источник питания; 8 – первичный источник питания.

Если буквой L обозначить толщину диска из горной породы,

S – площадь торца диска,

m – массу диска,

Δt_m – время, за которое температура «холодного» торца диска достигнет максимума,

ΔT – максимальный перегрев «холодного» торца диска по отношению к равновесной температуре, то тепловые параметры пород можно найти из следующих соотношений:

а) коэффициент температуропроводности a :

$$a_i = \frac{L^2 \cdot \left(1 + \frac{\tau}{2\Delta t m_i}\right)}{2\Delta t m_i}$$

б) удельная теплопроводность:

$$\lambda_i = \frac{0,12 \cdot Q \cdot L_i}{S \cdot \Delta t m_i \cdot \Delta T m_i} \cdot \left(1 + \frac{\tau}{2\Delta t m_i}\right)$$

г) удельная теплоемкость C :

$$C_i = \frac{\frac{Q}{\tau}}{4 \cdot \lg \alpha \cdot m_i}$$

Проверить правильность вычислений можно из известного соотношения:

$$C_{ср.} = \frac{\lambda_{ср.}}{a_{ср.} \cdot \rho}$$

Порядок выполнения работы

1. Измерить геометрические размеры и вес образцов горных пород и записать их в таблицу.

2. Включить установку в сеть, нажать клавишу «Power». Загорится зеленый светодиод и на дисплее установки появится информация о разработчике и величине заряда батареи, питающей установку. Если напряжение батареи ниже номинального, то установка будет находиться в режиме подзарядки батареи до тех пор, пока не достигнет номинального значения. При достижении номинального напряжения, контроллер разрешит установке начать цикл автоматических измерений.

Примечание 1: Для сокращения непроизводительных затрат времени при проведении лабораторной работы, рекомендуется включить установку накануне и произвести однократный цикл измерений.

Примечание 2: После нажатия клавиши «Power» не следует нажимать никаких других клавиш и выключать установку вплоть до состояния, описанного в п.4 настоящей инструкции.

3. Начало цикла измерений индицируется показаниями информационной строки. В строке показываются данные о текущей величине теплового импульса. По окончании теплового импульса появляется сообщение о величине теплового импульса в джоулях и длительности теплового импульса в секундах (τ). Величина и длительность теплового импульса несколько зависят от окружающей температуры, однако, в каждом цикле измерений они известны с достаточной точностью.

4. Через некоторое время (30 – 60 секунд) после появления сообщения о величине и длительности теплового импульса в верхней и нижней строках дисплея появятся сообщения о температурах холодных торцов образцов пород и интервалах времени между отсчетами температуры. В это время студенту не следует ничего записывать, т.к. этот режим выполняется автоматически, а индикация служит лишь для сообщения о нормальной работе. Окончание этого режима работы индицируется сообщением «END CONV.», т.е. «Конец преобразований».

5. Нажимая необходимое число раз клавишу «ОПРОС ДАТЧИКОВ» на лицевой панели установки, необходимо записать порядковый номер измерения и результаты измерений температуры на холодных торцах образцов и время, необходимое для нагревания холодных торцов до каждого текущего значения температуры (T_i) этого необходимо построить графики изменения температуры холодных торцов образцов, совмещенные с графиком теплового импульса.

Примечание: результаты измерений могут быть опрошены любое число раз так, чтобы студент мог удостовериться в правильности записей.

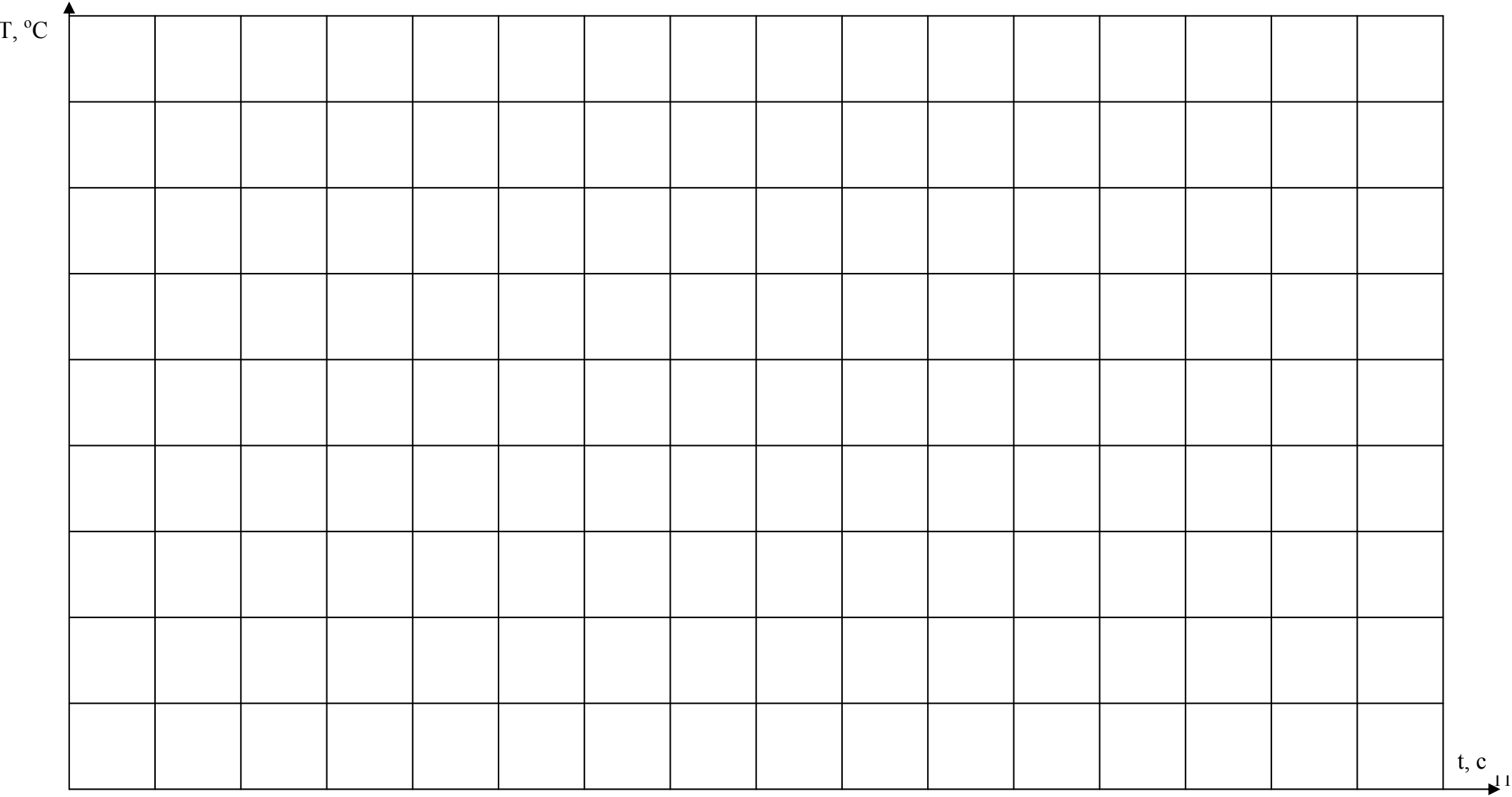
6. Измерить временные сдвиги относительно теплового импульса у графиков измерения температуры холодных торцов пластинок. Рассчитать коэффициенты температуропроводности для обеих образцов.

7. В фиксированный момент времени, когда графики изменения температуры на холодных торцах образцов примерно синфазные, измерить разность температур холодных торцов образцов и рассчитать коэффициент теплопроводности (α).

8. Рассчитать теплоемкость горных пород (C).

9. Сравнить полученные данные с табличными.

Q =	L ₁ =		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	m ₁ =	T ₁																					
τ =	L ₂ =	t ₁																					
	m ₂ =	T ₂																					
d _{нагр} =	d _{ооб} =	t ₂																					



Лабораторная работа № 7

ЗВУКОУЛАВЛИВАЮЩАЯ АППАРАТУРА ЗУА-98

Основные сведения

Звукоулавливающая аппаратура, в дальнейшем ЗУА, предназначена только для индикации импульсов АЭ (акустической эмиссии) и звукового сопровождения технологических процессов в забое горных выработок за счет преобразования механических колебаний окружающей среды в электрические сигналы, их передачи, приема и воспроизведения. Оценка физических параметров передаваемых сигналов (энергия, амплитуда, частотный спектр и т.п.) не корректна из-за возможных нелинейных искажений. При необходимости оценки физических параметров сигнала должны применяться специальные конструктивные решения, методы настройки, регистрации и обработки. Сигналы, составляющие сейсмоинформацию используются для последующей оценки состояния призабойной части горного массива; определения зон, опасных по



проявлениям горного давления (внезапных выбросов угля и газа, горных ударов, обрушений угля или кровли, внезапным высыпаниям и т.п.), своевременного предупреждения об этой опасности по методикам лаборатории сейсмопрогноза ДонНИИ.

Рисунок 7.1 – Общий вид аппаратуры

Аппаратура может применяться в угольных шахтах, передающий блок в условиях подземных выработок шахт, опасных по газу или пыли в макроклиматических районах с умеренным холодным климатом (УХЛ5 по ГОСТ 15150-69).

Аппаратура устойчива к воздействию:

а - температура окружающей среды: для передающего блока от -10 до $+50^{\circ}\text{C}$; для приемного блока от $+1$ до $+40^{\circ}\text{C}$;

б - относительная влажность воздуха при температуре $35\pm 2^{\circ}\text{C}$:

- для передающего блока – 97-100%;

- для приемного блока – 90%.

в - атмосферное давление 86,6 – 106,7 кПа (650-800 мм рт. ст.)

Уровень и вид защиты:

Передающий блок – маркирован РОИа

Приемный блок – общего назначения с выходными искробезопасными цепями уровня Иа.

Общий вид аппаратуры ЗУА-98 приведен на рис. 7.1.

Цель работы: Знакомство студентов с аппаратурой и методами сейсмоакустических наблюдений за состоянием массива горных пород угольных шахт, с целью обеспечения прогноза состояния призабойной части угольных пластов, склонных к газодинамическим явлениям, а также с порядком выполнения наблюдений, методом обработки результатов наблюдений.

Устройство и принцип работы:

Вибрация горного массива регистрируется датчиком аппаратуры 1, размещённом в корпусе передатчика (см. рис. 1) и преобразуется в электрический сигнал. Этот сигнал по линии связи 2 (шахтная телефонная линия) поступает в поверхностный пункт регистрации в приемник аппаратуры 3. Приемник аппаратуры позволяет воспроизвести, через громкоговоритель 6, сигнал с громкостью и качеством, обеспечивающим оптимальный режим работы оператора сейсмопрогноза, который осуществляет селекцию поступающей информации и принимает прогнозные решения. Магнитофон 4 позволяет сохранять информацию для всех целей, предусмотренных правилами прогнозирования. Микрофон 5 обеспечивает возможность переговоров оператора и персонала шахты при проведении обслуживания аппаратуры, а также возможность маркировки магнитозаписей, что, в свою очередь облегчает их расшифровку. Манипулятор «мышь» 7 предназначен для управления приемником аппаратуры.

В состав аппаратуры входят: передатчик аппаратуры, приемник аппаратуры, магнитофон, (в качестве магнитофона – жесткий диск компьютера) громкоговоритель, микрофон, манипулятор «мышь» (трехкнопочный).

Передатчик аппаратуры состоит из датчика (пьезоэлектрического акселератора) и возбуждителя линии. Возбудитель линии состоит из предварительно усилителя и каскада согласования передатчика с линией связи. Для обеспечения независимости работы передатчика от полярности питающего напряжения в цепь питания включен диодный мост. Конструктивно передатчик оформлен в виде цилиндра с внешним диаметром 42 мм, который заполнен компаундом и в условиях шахтной выработки разобран быть не может. Отделяемый хвостовик передатчика позволяет заменить, при необходимости, отрезок кабеля, соединяющий передатчик с линией связи.

Приемник аппаратуры содержит: блок искрозащиты 1, предназначенный для обеспечения безопасной эксплуатации аппаратуры; программно-управляемый источник питания искробезопасных цепей 2, обеспечивающий оптимальный режим работы передатчика независимо от длины линии связи; источник питания 3 неискробезопасных цепей приемника, обеспечивающий питание остальных узлов аппаратуры; преобразователь уровня сигналов 4, обеспечивающий согласование сигналов с последующими узлами и трансформацию полосы воспроизводимых частот;

программно-управляемый линейный усилитель 5, обеспечивающий регулировку коэффициента передачи аппаратуры в диапазоне 42 дБ шагами по 6 дБ.; усилитель мощности 6, обеспечивающий необходимую громкость воспроизведения сигналов с помощью громкоговорителя; усилитель согласующий 7, обеспечивающий согласование уровней сигналов с параметрами входных цепей микропроцессора; усилитель микрофонный 8, обеспечивающий предварительное усиление сигнала от микрофона; микропроцессор 9, контролирующий режимы работы узлов аппаратуры и обеспечивающий управление режимами работы и табло индикации; электронный коммутатор 10, обеспечивающий все необходимые переключения для выполнения заданных функций; табло-индикатор жидкокристаллический 11.

Конструктивно приемник аппаратуры выполнен в виде моноблока. На задней панели блока размещены все разъемы для подключения внешних устройств. На передней панели находятся: индикаторное табло, зеленый светодиодный индикатор «Включено», красный светодиодный индикатор «Отсутствие функциональной готовности», кнопки «Сеть» и «Reset».

Порядок выполнения работы

Перед началом работы необходимо убедиться, что:

1. Клемма защитного заземления приемника аппаратуры надежно соединена проводником сечением не менее 1,5 кв. мм с контуром заземления;
2. Предохранитель питания приемника аппаратуры соответствует указанному номиналу.

Подготовка аппаратуры к работе:

1. Установить передатчик аппаратуры в контролируемой выработке в соответствии с рекомендациями ДонНИИ и подключить его к линии связи (полярность подключения значения не имеет).
2. Установить приемник аппаратуры на столе (или стеллаже) в соответствии с РНД «Прогноз газодинамических проявлений горного давления по активности АЭ» (ДонНИИ, г.Горловка, 1999г.) и произвести подключение.
3. Подключить к разъему на задней панели приемника аппаратуры манипулятор «мышь» и разместить его на рабочем столе оператора.
4. Подключить линию связи к телефонному разъему «Искробезопасная цепь», расположенному на задней панели приемника аппаратуры. Подключение производить с помощью телефонного шнура и розетки телефонной, входящих в комплект аппаратуры.
5. Подключить акустическую систему к клеммной колодке «Гр» на задней панели приемника аппаратуры и разместить ее в соответствии с рекомендациями ДонНИИ.
6. Подключить микрофон из комплекта аппаратуры к разъему

«Мк», расположенному на задней панели приемника аппаратуры и разместить его в месте, удобном для работы.

7. Соединить системным кабелем из комплекта аппаратуры линейный выход «Лин» на задней панели приемника аппаратуры с линейными входами магнитофонов М1 и М2 (а при наличии у магнитофонов сквозного тракта следует соединить также линейные выходы магнитофона с приемником аппаратуры).

8. Присоединить вилку сетевого шнура приемника аппаратуры к сетевой розетке и нажать кнопку «Сеть» на лицевой панели аппаратуры. При этом на лицевой панели аппаратуры включится подсветка информационного табло.

Порядок подключения при двухканальной синхронной регистрации.

При необходимости ведения двухканальной синхронной регистрации используют второй комплект аппаратуры и два стереомагнитофона.

Примечание. Двухканальная синхронная регистрация может быть рекомендована для снижения эксплуатационных расходов при ведении прогноза.

Для подключения второго комплекта аппаратуры и магнитофона необходимо выполнить операции согласно п. 1-8. При этом необходимо один комплект аппаратуры подключить к левому каналу магнитофонов, а другой – к правому каналу.

Регулировка аппаратуры.

После включения аппаратуры начальная установка и настройка ее параметров производится автоматически. Процесс настройки сопровождается прерывистыми световым (мигает красный светодиод) и звуковым сигналами. После завершения настройки и установки аппаратура находится в основном режиме. В этом режиме на нижней строке табло мнемонически отображается длина линии связи, а на верхней строке – средний и пиковый уровни сигнала.

В процессе эксплуатации оператор может осуществить настройку (регулировку) выбранных параметров. Для этой цели оператор нажатием правой кнопки «мыши» должен вызвать «Меню».

Содержание меню:

- «Громкость»;
- «Уровень»;
- «Магн»;
- «Контроль»;
- «Разметка»;
- «Переговоры»;
- «Полоса».

Нажимая правую кнопку «мыши» оператор перелистывает позиции «меню» до тех пор, пока не найдет желаемую. Установив необходимую

позицию «меню», оператор левой и средней кнопками «мыши» может установить величину параметра или функцию, которая соответствует его намерениям. После настройки необходимо нажать правую кнопку «мыши», при этом аппаратура перейдет в основной режим работы. Если настройка прошла неудовлетворительно, то действия необходимо повторить до тех пор, пока не будет достигнут желаемый результат.

Примечание: Программное обеспечение аппаратуры предусматривает также ускоренный выход на позиции «Разметка» и «Переговоры» из основного режима.

- нажатие левой кнопки переводит аппаратуру в режим «Разметка»;
- нажатие средней кнопки «мыши» – в режим «Переговоры».

Основной режим

После нажатия правой кнопки «мыши» аппаратура переходит в основной режим, в котором верхняя строка табло отражает среднее и пиковое значения сигнала. Нижняя строка табло отражает, в виде мнемонической полосы, состояние линии связи, длина которой соответствует кажущейся длине линии связи в километрах. При невозможности самонастройки аппаратуры на длину линии связи (короткое замыкание или обрыв линии) аппаратура вырабатывает не отключаемые световой и звуковой сигналы оповещения.

Нормальная работа аппаратуры может изредка сопровождаться коротким световым и звуковым сигналами, свидетельствующими об изменении состояния линии связи или регистрации акустических сигналов (или электрических помех) с уровнем, значительно превышающим верхнюю границу динамического диапазона.

Изменение сопротивления линии связи более чем на 75 Ом индицируется изменением длины мнемонической линии и коротким звуковым и световым сигналами оповещения (аппаратура автоматически компенсирует изменение сопротивления линии связи от 0 до 900 Ом).

Порядок установки и регулировки аппаратуры.

Для регулирования громкости установить правой кнопкой «мыши» позицию «Громкость» в нижней строке табло.левой и средней кнопками «мыши» установить желаемый уровень громкости. Нажать правую кнопку «мыши».

Для регулировки уровня записи установить правой кнопкой «мыши» позицию «Уровень» в нижней строке табло.левой и средней кнопками «мыши» установить желаемый уровень записи. Нажать правую кнопку «мыши».

Для выбора магнитофона установить правой кнопкой «мыши» позицию «Магн» в нижней строке табло.левой и средней кнопками «мыши» установить номер магнитофона (1 или 2). Нажать правую кнопку «мыши».

Для установления контроля сигнала установить правой кнопкой «мыши» позицию «Контроль» в нижней строке табло.левой и средней кнопками «мыши» установить функцию «ЗАПИСЬ» – если требуется

контролировать сигнал, подаваемый на магнитофон, или «ВОСПРОИЗВЕДЕНИЕ» – если требуется контролировать записанный сигнал. Нажать правую кнопку «мышь».

Для маркировки ленты установить правой кнопкой «мышь» позицию «Разметка» в нижней строке табло.левой кнопкой «мышь» включить микрофон (при этом появится сообщение «ВКЛ») и произвести маркировку при нажатой левой кнопке «мышь». Нажать правую кнопку «мышь».

Для установки необходимой полосы рабочих частот установить правой кнопкой «мышь» позицию «Полоса».левой или средней кнопками установить сообщение «У» – если требуется полоса частот от 300 до 5000 Гц, или «Ш» – если требуется полоса частот от 150 до 5000 Гц. Нажать правую кнопку «мышь».

Для ведения переговоров установить правой кнопкой «мышь» позицию «Переговоры» в нижней строке табло.левой кнопкой «мышь» включить микрофон (при этом появится сообщение «ВКЛ») и передать свое сообщение. Отпустить левую кнопку (при этом появится сообщение «ВЫКЛ») и прослушать сообщение своего корреспондента.

Порядок работы.

1. Подключить аппаратуру к питающей сети переменного тока.
2. Включить тумблер «ПИТАНИЕ - ВКЛЮЧЕНО», при этом загорятся диоды светоизлучающие, сигнализирующие о подключении аппаратуры к питающей сети.
3. Установить ручкой «УСИЛЕНИЕ» необходимый уровень сигнала.
4. Установить ручкой «ГРОМКОСТЬ» требуемый уровень прослушивания поступающей информации.
5. Для записи поступающей информации включить магнитофон, уровень записи регулируется органами управления магнитофона.
6. Для достижения должного эффекта от использования аппаратуры и передающий блок устанавливается согласно рекомендациям ДонНИИ.

Основное условие обеспечения высокого радиуса действия аппаратуры - жесткость акустического контакта со звукопроводящей средой.

Для его создания должен использоваться «обратный клин», выполненный из древесины или металла. При установке передающего блока особое внимание должно быть уделено его размещению, жесткости его контакта с окружающей средой, качеству звукоизоляции от источника технологических помех.

Окончательной оценкой надежности установки передающего блока являются результаты определения радиуса его действия по стандартным сигналам в соответствии с «Инструкцией по безопасному ведению горных работ на пластах, опасных по внезапным выбросам угля, породы и газа».

В отдельных случаях (высокий уровень помех, малый радиус действия), необходимо обращаться в ДонНИИ за дополнительными рекомендациями по установке передающего блока.