

1. ПОСТРОЕНИЕ ПАСПОРТА ОБЪЕМНОЙ ПРОЧНОСТИ ГОРНОЙ ПОРОДЫ

Цель работы: выполнить построение паспорта объемной прочности горной породы аналитическим методом по данным одноосных испытаний.

Исходные данные:

В качестве исходных данных в расчетно-графическом работе даны результаты определения пределов прочности при одноосных испытаниях образцов горной породы. Испытания при одноосном сжатии выполнены методом одноосного сжатия образцов правильной формы между плоскими плитами, а испытания на одноосное растяжение – методом разрушения цилиндрических образцов по образующим.

Расчетные положения:

1. Статистическая обработка результатов испытаний.

Средние арифметические значения пределов прочности следует определять по формулам:

$$\bar{\sigma}_{\text{сж}}^0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{\text{сж}}^i}{n},$$
$$\bar{\sigma}_{\text{р}}^0 = \frac{\sum_{i=1}^n \sigma_{\text{р}}^i}{n},$$

где $\sigma_{\text{сж}}^i$ и $\sigma_{\text{р}}^i$ – соответственно результаты i -го определения предела прочности при одноосном сжатии и растяжении; n – количество испытаний.

Отклонения от среднего для каждого i -го испытания следует определять по формулам:

$$A_{\text{сж}}^i = \sigma_{\text{сж}}^i - \bar{\sigma}_{\text{сж}}^0,$$
$$A_{\text{р}}^i = \sigma_{\text{р}}^i - \bar{\sigma}_{\text{р}}^0.$$

Среднегеометрические отклонения следует определять по формулам:

$$\Delta_{\text{сж}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_{\text{сж}}^i)^2}{n - 1}},$$

$$\Delta_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_p^i)^2}{n-1}}.$$

Коэффициент вариаций следует определять по формулам:

$$V_{сж} = \frac{\Delta_{сж}}{\bar{\sigma}_{сж}} \cdot 100\%,$$

$$V_p = \frac{\Delta_p}{\bar{\sigma}_p} \cdot 100\%.$$

Коэффициент вариаций при вычислениях следует округлять по общематематическим правилам до целого числа.

Надежность испытаний следует определять согласно таблице 2 приложения ГОСТ 21153.8-88 [4]. Относительную погрешность испытаний при этом считать равной максимально допустимой для используемых методов испытаний (для условий данной расчетно-графической работы 20%).

2. Построение паспорта прочности.

Паспорт прочности горной породы – это огибающая предельных кругов Мора, построенная в системе координат σ - τ (нормальное - касательное напряжения).

Для построения аналитического паспорта прочности вводится гипотеза о том, что все горные породы имеют единую форму огибающей предельных кругов Мора, которая описывается условием Протоdjяконова:

$$\tau = \tau_{max} \left(\frac{\sigma_k^2}{\sigma_k^2 - a^2} \right)^{\frac{3}{8}},$$

где τ_{max} – максимальное сопротивление породы сдвигу при гипотетически полностью закрывшихся под действием нормальных напряжений трещинах и порах; σ_k – нормальное напряжение относительно начала координат, перенесенного в точку пересечения огибающей с осью абсцисс; a – параметр формы огибающей.

Для построения паспорта прочности условие Протоdjяконова переводят в безразмерные координаты:

$$l = 0,73 \left(\frac{K^2}{K^2 + 1} \right)^{\frac{3}{8}},$$

где l и K – это соответственно безразмерные аналоги напряжений τ и σ , которые связаны между собой через параметр формы огибающей:

$$\begin{aligned}\sigma &= \sigma_k - \sigma_0 = K \cdot a - \sigma_0, \\ \tau &= l \cdot a,\end{aligned}$$

где σ_0 – параметр переноса начала координат.

Вводят безразмерные радиусы предельных кругов Мора для одноосного сжатия q_1 и одноосного сжатия q_2 . Тогда:

$$\frac{q_2}{q_1} = \frac{\bar{\sigma}_{сж}^0}{\bar{\sigma}_p^0}.$$

Из таблицы 3 ГОСТ 21153.8-88 [4] по известному соотношению $\frac{q_2}{q_1}$ определяют значения q_2 и $K_1 + q_1$. Значения из таблицы определяют с учетом линейной интерполяции, которую следует выполнять по формулам:

$$y = y_1 + \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \cdot (x - x_1),$$

где x – точное значение $\frac{q_2}{q_1}$; x_1 и x_2 – ближайшие табулированные значения $\frac{q_2}{q_1}$; y_1 и y_2 – ближайшие табулированные значения q_2 или $K_1 + q_1$.

Параметр формы огибающей следует определять по формуле:

$$a = \frac{\bar{\sigma}_{сж}^0}{2q_2}.$$

Параметр переноса начала координат следует определять по формуле:

$$\sigma_0 = a(K_1 + q_1).$$

Определение точек огибающей выполняется в следующей последовательности:

1. Определяются координаты точек, ограничивающих паспорт прочности справа и слева (точки А и В на рисунке 1).

Для точки А:

$$\tau_A = 0, l_A = 0, K_A = 0, \sigma_A = -\sigma_0.$$

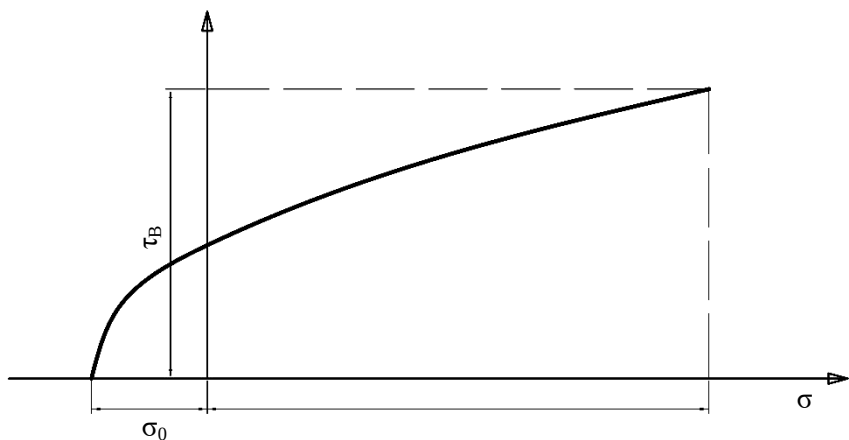


Рис. 1. Схема к определению координат точек огибающей

Для точки В:

$$\sigma_B = 1,5\bar{\sigma}_{сж}^0, K_B = \frac{1,5\bar{\sigma}_{сж}^0 + \sigma_0}{a}, l_B = 0,73 \left(\frac{K_B^2}{K_B^2 + 1} \right)^{\frac{3}{8}}, \tau_B = l_B \cdot a.$$

Ограничение для паспорта прочности справа выбрано исходя из условия адекватного описания прочности горных пород условием Протодяконова по результатам экспериментальных исследований.

2. На промежутке значений безразмерной координаты K от 0 до K_B следует выбрать еще по меньшей мере 8 точек. Для этих промежуточных значений K следует определить по вышеприведенным формулам последовательно значения σ , l и τ . Полученные точки системе координат σ - τ следует соединить плавной линией, это кривая и есть аналитический паспорт объемной прочности.

В конечном итоге паспорт прочности должен строиться по меньшей мере по 10 точкам, причем из них в зоне растягивающих нормальных напряжений должно лежать как минимум 2 точки за исключением точки А.

Проверку правильности построения паспорта прочности следует выполнять путем построения предельных кругов Мора для одноосного сжатия и одноосного растяжения с диаметрами соответственно $\bar{\sigma}_{сж}^0$ и $\bar{\sigma}_p^0$. Паспорт построен верно, если каждый из

построенных предельных кругов Мора коснулся огибающей только в одной точке.

Последовательность выполнения расчетно-графической работы:

1. Выполнить статистическую обработку результатов одноосных испытаний, определить их надежность и сделать выводы о достаточности количества образцов в серии испытаний для обеспечения репрезентативности выборки.
2. Выполнить расчет параметра переноса начала координат и параметра формы огибающей.
3. Выполнить расчет координат крайних точек огибающей.
4. Выполнить расчет координат промежуточных точек огибающей и построить по ним паспорт объемной прочности.
5. Выполнить проверку правильности построения паспорта объемной прочности путем вписывания предельных кругов Мора одноосного сжатия и растяжения.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1 – ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАСЧЕТНО-ГРАФИЧЕСКОЙ РАБОТЫ №1

№ варианта	№ испытания									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	σ_p , МПа									
	3,50	3,30	3,20	3,26	3,60	3,28	3,50	3,30	3,54	3,30
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	35,0	34,0	33,0	33,6	35,8	33,8	36,0	34,2	36,2	34,0
2	σ_p , МПа									
	1.9	1.7	1.6	1.66	2	1.68	1.9	1.7	1.94	1.7
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	18.5	17.5	16.5	17.1	19.3	17.3	19.5	17.7	19.7	17.5
3	σ_p , МПа									
	4.23	4.03	3.93	3.99	4.33	4.01	4.23	4.03	4.27	4.03
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	46.5	45.5	44.5	45.1	47.3	45.3	47.5	45.7	47.7	45.5
4	σ_p , МПа									
	0.78	0.58	0.48	0.54	0.88	0.56	0.78	0.58	0.82	0.58
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	9.1	8.1	7.1	7.7	9.9	7.9	10.1	8.3	10.3	8.1
5	σ_p , МПа									
	6.08	5.88	5.78	5.84	6.18	5.86	6.08	5.88	6.12	5.88
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	54.2	53.2	52.2	52.8	55	53	55.2	53.4	55.4	53.2
6	σ_p , МПа									
	1.27	1.07	0.97	1.03	1.37	1.05	1.27	1.07	1.31	1.07
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	13.4	12.4	11.4	12	14.2	12.2	14.4	12.6	14.6	12.4
7	σ_p , МПа									
	6.77	6.57	6.47	6.53	6.87	6.55	6.77	6.57	6.81	6.57
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	62.5	61.5	60.5	61.1	63.3	61.3	63.5	61.7	63.7	61.5
8	σ_p , МПа									
	3.63	3.43	3.33	3.39	3.73	3.41	3.63	3.43	3.67	3.43
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	35.9	34.9	33.9	34.5	36.7	34.7	36.9	35.1	37.1	34.9
9	σ_p , МПа									
	2.16	1.96	1.86	1.92	2.26	1.94	2.16	1.96	2.2	1.96
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	21.1	20.1	19.1	19.7	21.9	19.9	22.1	20.3	22.3	20.1
10	σ_p , МПа									
	1.44	1.24	1.14	1.2	1.54	1.22	1.44	1.24	1.48	1.24
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	14.2	13.2	12.2	12.8	15	13	15.2	13.4	15.4	13.2

Продолжение приложения 1										
11	σ_p , МПа									
	0.85	0.65	0.55	0.61	0.95	0.63	0.85	0.65	0.89	0.65
	$\sigma_{сж}$, МПа									
12	7.9	6.9	5.9	6.5	8.7	6.7	8.9	7.1	9.1	6.9
	σ_p , МПа									
	6.34	6.14	6.04	6.1	6.44	6.12	6.34	6.14	6.38	6.14
13	$\sigma_{сж}$, МПа									
	57	56	55	55.6	57.8	55.8	58	56.2	58.2	56
	σ_p , МПа									
14	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42	7.42
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3	67.3
15	σ_p , МПа									
	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78	8.78
	$\sigma_{сж}$, МПа									
16	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2	82.2
	σ_p , МПа									
	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02	5.02
17	$\sigma_{сж}$, МПа									
	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8	42.8
	σ_p , МПа									
18	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99	3.99
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5	30.5
19	σ_p , МПа									
	2.03	1.83	1.73	1.79	2.13	1.81	2.03	1.83	2.07	1.83
	$\sigma_{сж}$, МПа									
20	12.6	11.6	10.6	11.2	13.4	11.4	13.6	11.8	13.8	11.6
	σ_p , МПа									
	10.11	9.91	9.81	9.87	10.21	9.89	10.11	9.91	10.15	9.91
21	$\sigma_{сж}$, МПа									
	94.5	93.5	92.5	93.1	95.3	93.3	95.5	93.7	95.7	93.5
	σ_p , МПа									
22	4.34	4.14	4.04	4.1	4.44	4.12	4.34	4.14	4.38	4.14
	$\sigma_{сж}$, МПа									
	43.6	42.6	41.6	42.2	44.4	42.4	44.6	42.8	44.8	42.6
23	σ_p , МПа									
	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45	8.45
	$\sigma_{сж}$, МПа									
24	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9
	σ_p , МПа									
	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9	74.9