

ЯКОСТНИ И ДЕФОРМАЦИОННИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА СКАЛНИЯ МАСИВ

I. ЯКОСТ НА ЕДНООСОВ НАТИСК НА СКАЛНИЯ МАСИВ

Определянето на якостта на едноосов натиск на скалния масив се извършва посредством натоварването на отделени от скалния масив блокове чрез т.н. голямомасабни полеви изследвания (large scale in-situ tests). Обикновено площта на скалните блокове е от $0,5 \text{ m}^2$ до 2 m^2 . Характерът на разрушение на скалния блок се различава от този на скалния образец. Върху точността и представителността на резултатите влияят силно същите фактори, които бяха описани в глава 1.2 във връзка с определяне на модула на деформация на скалния масив.

Практически е невъзможно да се проведат триаксиални изпитвания на скалния масив в условия, близки до реалната работа на ХТС. От друга страна трябва да се има предвид голямото значение на т.н. мащабен ефект върху определяните посредством лабораторни и полеви изследвания якостни характеристики на масива. Този ефект се изразява в това, че с увеличаването на размера на даден изпитван образец нараства вероятността за наличие в него на повече на брой пукнатини, които намаляват якостта на образца и увеличават неговата деформируемост. Установено е, че когато изпитваният образец има размери, които надвишават $5 \div 10$ пъти размера на съответния структурен блок, формиран от характерните пукнатини, якостта на образца достига минималната си стойност и тя не се изменя при по-нататъшно увеличение на размерите на образец, т.е. и тук трябва да се спазва принципът за квазинепрекъснатост на скалния масив, дискутиран в глава 1.2.

Въз основа на голям брой натурни изследвания във ВНИМИ – Москва е създадена методика (Фадеев и Протопопов, 1984) за определяне на т.н. коефициент на структурно отслабване, чрез който може да се изчисли якостта на скалния масив при известна якост на ненапукан стандартен скален образец. Формулата за определяне на коефициента на структурно отслабване има вида:

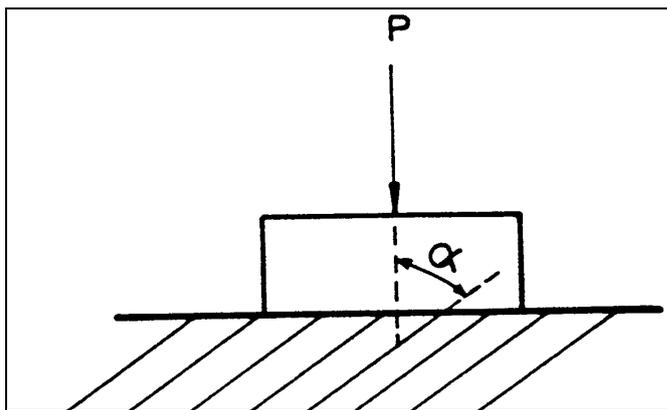
$$K_c = \sigma_m / \sigma_0 = a \cdot f_1 \cdot f_2 \quad (1.11)$$

където: σ_m е якостта на скалния масив, а σ_0 е якостта на скалния образец;

$a = 0,40 \div 0,80$ е коефициент, зависещ от минералния състав на скалата. За голяма част от скалните видове $a = 0,70$.

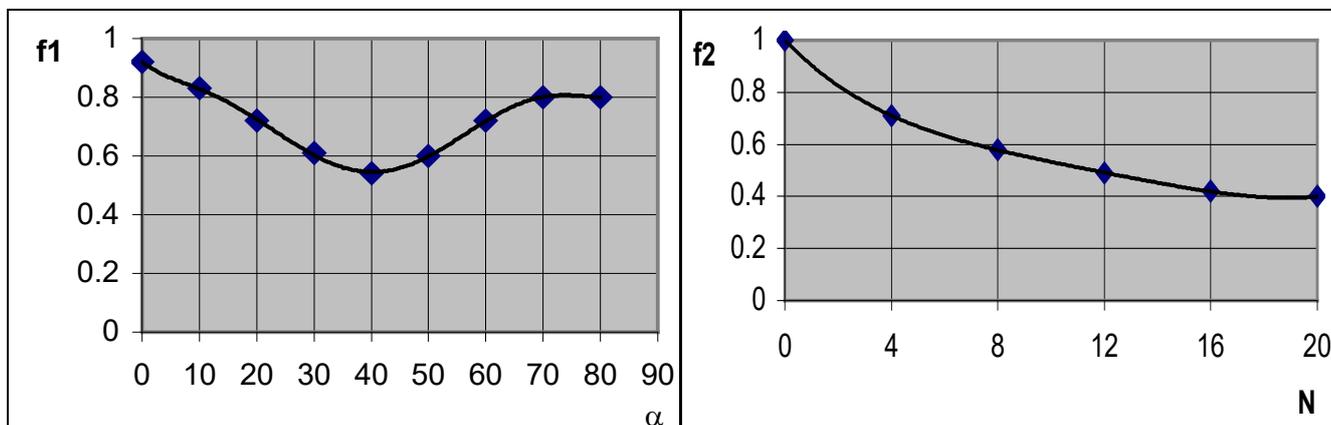
f_1 е функция, отчитаща влиянието на наклона на пукнатините относно направлението на максималния натиск (фиг. 1.29а);

f_2 е функция, отчитаща влиянието на гъстотата на пукнатините на 1 m^3 (фиг. 1.29б).



пукнатините

Фиг 1.28 Схема за определяне на наклона на



Фигура 1.29 Функция на влиянието: а) f_1 - на ориентацията на пукнатините
б) f_2 - на гъстотата на пукнатините

В табл 1.2 са представени ориентир стойности на K_c в зависимост от ъгъла α и броя на пукнатините N на 1m дължина. Стойностите на K_c , получени по форм (1.11) или според табл 1.2 се отнасят за тази част на скалния масив, която не е засегната от процесите на изветряне, разтоварване вследствие на изкопни работи или допълнително напукване, причинено от взривните работи.

Когато тези допълнителни фактори се насложат върху естественото състояние на масива, неговата якост на натиск намалява още повече. Въз основа на експериментални и натурни изследвания Фадеев (1984) препоръчва да се използват стойностите на K_c дадени в таблица 1.3 за определяне на **якостта на натиск на скалния масив в зоната на взривни работи.**

Таблица 1.2 Коефициент на структурно отслабване във функция на модула на пукнатините

α (градуси)	Коефициент на структурно отслабване при брой пукнатини на 1m				
	<4	4 - 8	8 - 12	12 - 14	>14
0 - 15	0.60	0.40	0.36	0.34	0.30
10 - 35	0.40	0.30	0.27	0.24	0.20
40 - 60	0.35	0.35	0.22	0.20	0.18
65 - 90	0.55	0.40	0.36	0.32	0.28

Таблица 1.3 Коефициент на структурно отслабване в зоната на взривни работи

Коефициент на структурно отслабване	Якост на скалния образец МПа
0.10	<2
0.08	2 - 10
0.06	10 - 40
0.03	> 40

Подобни съотношения на σ_m / σ_0 , получени от други автори представя и Goodman (1980) (например за кварц – диорити това отношение е 18%, за каменни въглища -11%, и т.н.).

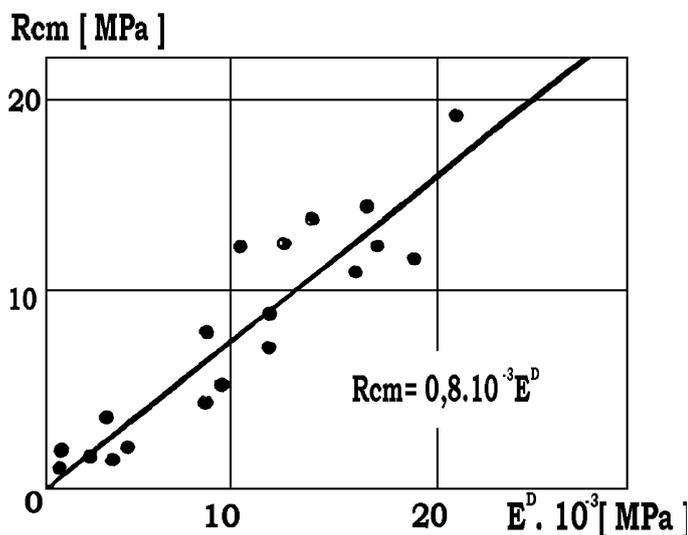
Ако се познават на срязване C и φ , якостта на натиск на масива σ_m може да се определи по формулата (Мгалобелов, 1979): $\sigma_m = 2C / \text{tg}(45^\circ - \varphi/2)$ или $\sigma_{m,c} = \frac{2C \cos \varphi}{1 - \sin \varphi}$ по (Н-В)

Очевидно е че, поради все още недостатъчните експериментални данни и многообразието на

скалните масив в естествени условия е трудно да се дадат точни стойности за коефициента K_c . Преходът от якостта на натиск на лабораторен образец към якост на натиск на скалния масив в даден числен модел трябва да се извършва след обстоен анализ на цялата налична информация относно якостните и деформационни свойства на масива, системи пукнатини, напластяване и др.

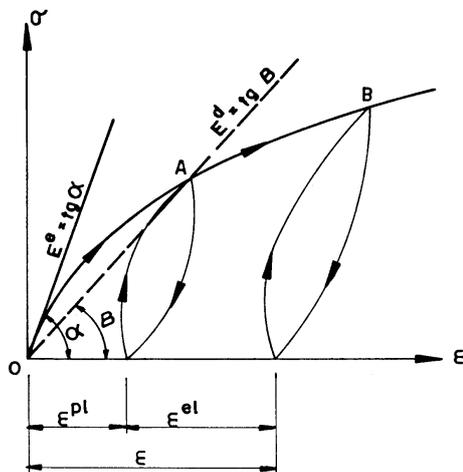
При разрушение на скалния масив (под щампи или бет. яз. стени) вследствие натиск със завъртане кривата $\tau = f(\sigma)$ е нелинейна, φ и C се изменят в зависимост от нормалните напрежения в контакта и поради това те са неудобни за изследване устойчивостта на стената.

В този случай якостта на смачкване R_{cm} на скалата се явява по-обоснован параметър, който отразява действителната схема на разрушение. Изследванията показват (Фишман, 1984), че той е константна характеристика за дадена скална основа и определя нейната устойчивост на разрушение по схемата на гранично завъртане. Методиката за определяне на R_{cm} е описана от Фишман (Фишман, 1984). При известен модул на деформация на скалния масив E^D якостта на смачкване R_{cm} може да се определи от фиг. 1.34, където е представена графиката на функцията $R_{cm} = f(E^D)$.



Фиг 1.34 Емпиричен график на функцията $R_{cm} = f(E^D)$

Деформируемостта на реалния скален масив се характеризира чрез модула на деформация на скалния масив $E^D = \tan \beta$ и той е по-малък от модула на еластичност $E^e = \tan \alpha$ (фиг.1.14).



Фиг 1.14 Идеализирана диаграма $\sigma - \epsilon$ на скален масив

II. ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА СВОЙСТВ СКАЛЬНЫХ ПОРОД В МАССИВЕ

В настоящее время для оценки деформационных характеристик скальных массивов широко применяются разночастотные сейсмические методы исследований [44, 63, 67]. Примеры графиков связи E_0 с ν_p и E_d приведены, на рис. 4-8 и 4-9.

Используя парные корреляции $q(\nu_p)$ и $E_0(\nu_p)$, для фиксированных значений ν_p можно получить сопряженные пары значений q и E_0 , позволяющие построить графики связи этих величин (рис. 4-10), и впоследствии их использовать для приближенных оценок.

Во всех приведенных выше примерах необходимо отметить индивидуальный вид связи различных характеристик, что обусловлено конкретными литолого-петрологическими и структурными особенностями изучаемого массива.

Характеристики сопротивляемости пород сдвигу, как правило, определяют путем проведения полевых или лабораторных опытов и лишь в редких случаях используют корреляционные связи с геофизическими или статическими деформационными характеристиками (рис. 4-11).

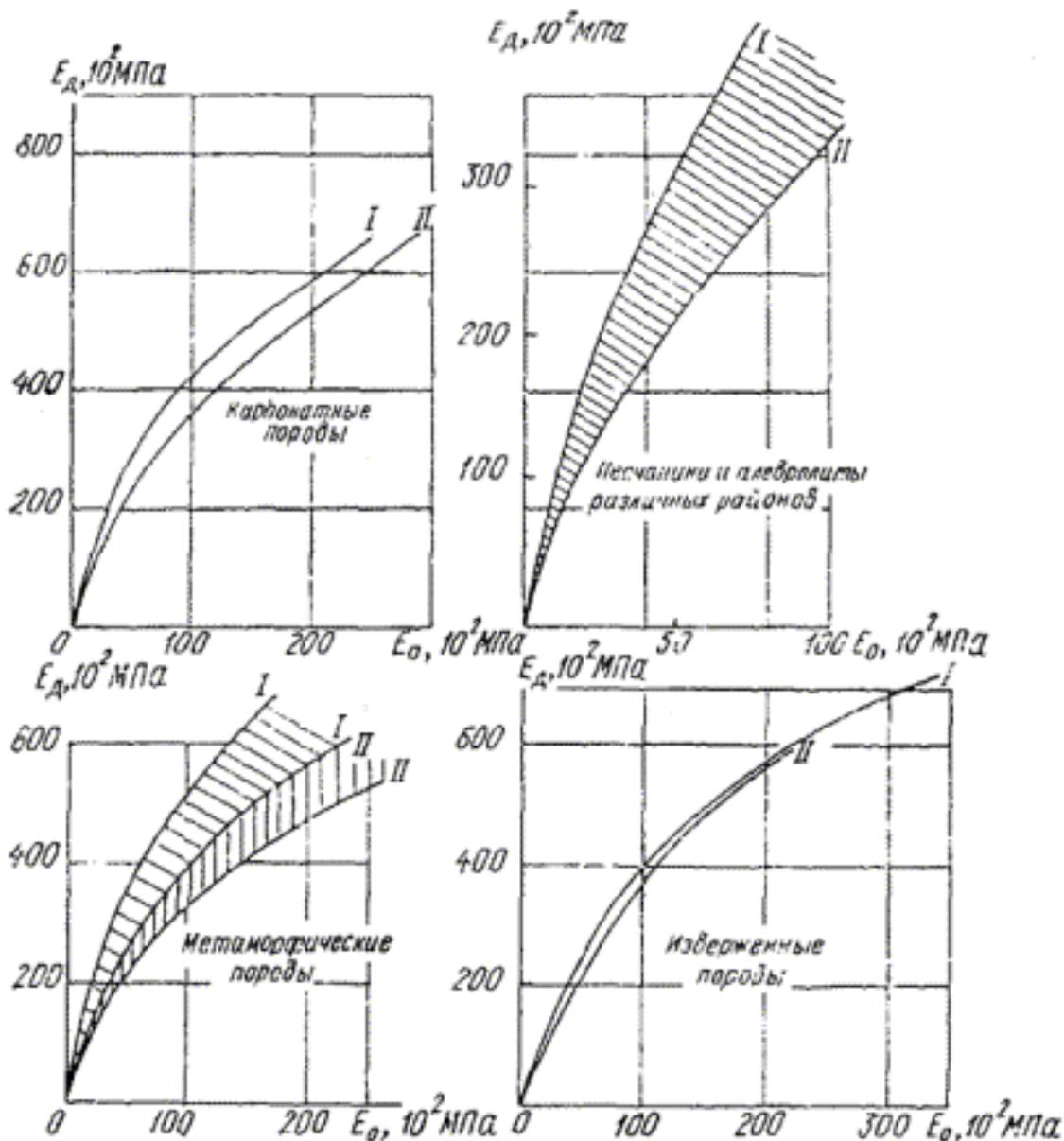


Рис. 4-8 . Осредняющие взаимосвязей $E_d(E_0)$ (и области наиболее вероятных значений) для различных скальных пород, рекомендуемые А.И. Савичем
I, II - значения E_0 , определенные соответственно по первому и по второму циклам нагружения.

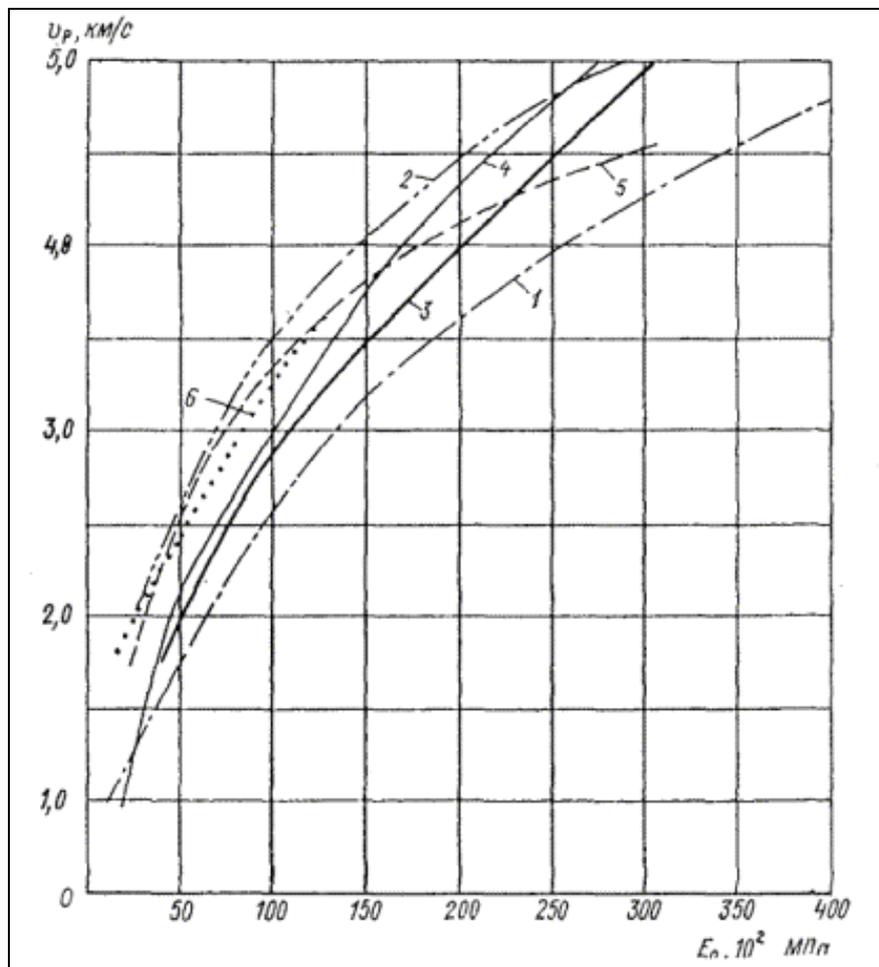


Рис. 4-9 . Связь статического модуля деформации E_0 и скорости продольных упругих волн v_p в массивах скальных пород (данные прямой корреляции)
 1 - разные породы по М.Ф. Болло; 2 - то же по Х. Масуда; 3 - кристаллические сланцы (основание Саяно-Шушенской ГЭС); 4 - известняки (основание Ингури ГЭС); 5 - то же (основание Токтогульской ГЭС); 6 - диориты (основание Зейской ГЭС).

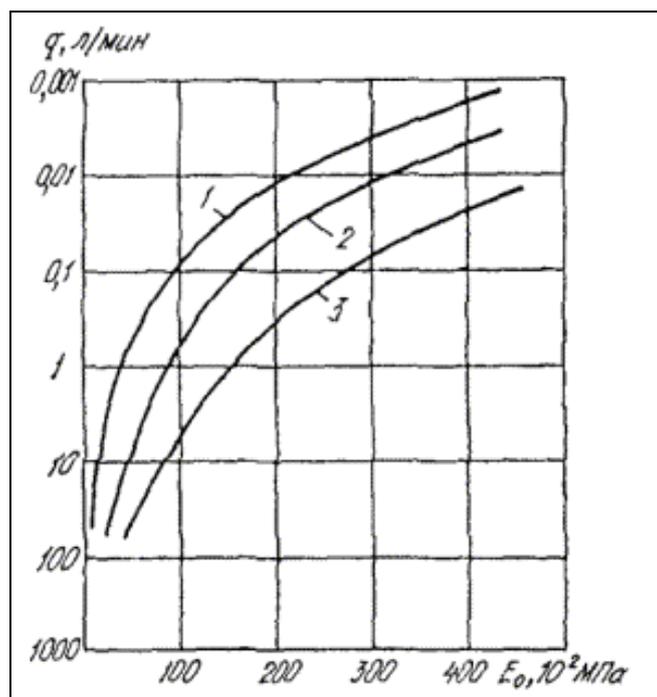


Рис. 4-10 . Связь удельного водопогла q и модуля деформации E_0 в массивах скальных пород
 1 - известняки основания Чиркейской ГЭС; 2 - то же Ингури ГЭС; 3 - кристаллические сланцы основания Саяно-Шушенской ГЭС.

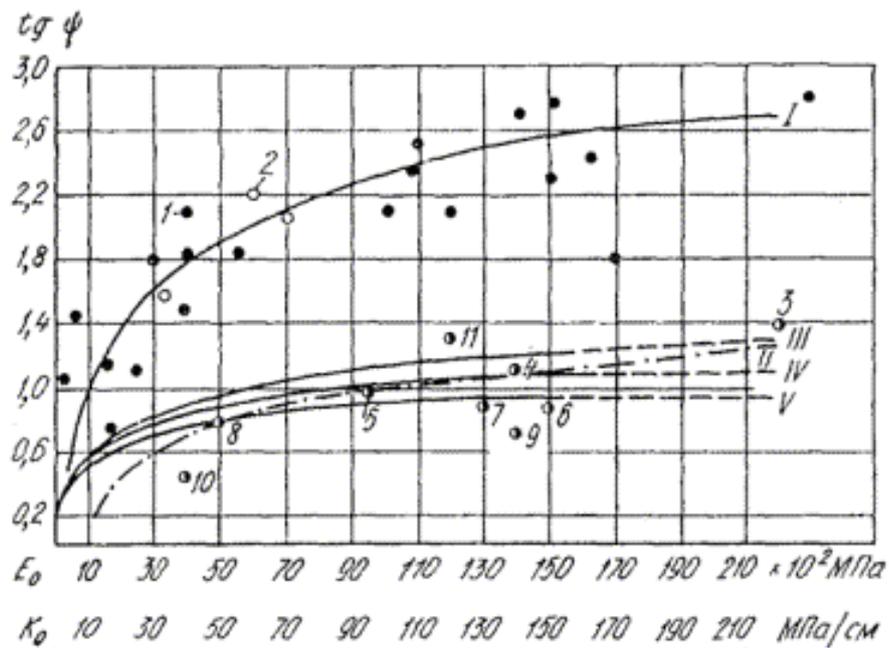


Рис. 4-11 . Приближенная связь коэффициента сдвига ($\operatorname{tg} \psi$ с модулем деформации E_0 и коэффициентом отпора K_0 в массивах скальных и полускальных пород (по Ю.А. Фишману)

I - $\operatorname{tg} \psi_{\text{пр}} = t_{\text{пр}} / s$ опытах на сдвиг бетонных штампов (I) и целиков (2); II - $\operatorname{tg} \psi$ расчетные, принятые в рабочих чертежах плотин ГЭС: 3 - Саяно-Шушенской; 4 - Наглу; 5 - Токтогульской; 6 - Усть-Илимской; 7 - Константиновской; 8 - Андижанской; 9 - Гримзель; 10 - Миатлинской; 11 - Ингурской; III, IV, V - соответственно максимальные, средние и минимальные расчетные значения $\operatorname{tg} \psi$ для стадии ТЭО по классификации оснований плотин при $s = 2,0$ МПа.

Таблица 4-2

Тип блочности пород в массиве	ν_p , км/с (в зоне аэрации)	M_T , 1/м	$\bar{V}_{\text{ЭПБ}}$, дм^3
Крупноблочный	6,0 - 4,5	менее 1,0	более 1000
Блочный массивный	6,0 - 3,5	0,8 - 2,0	1000 - 100
Толстоплитчатый	3,5 - 2,4	2,0 - 5,0	100 - 10
Среднеплитчатый	2,4 - 2,0	5 - 10	10 - 1
Мелкоплитчатый	2,0 - 1,5	10 - 20	1 - 0,1
Пластинчатый (сланцеватый)	менее 1,5	более 20	менее 1,0

Таблица 4-3

Подзоны выветривания и разгрузки естественного напряженного состояния	$K_{\text{выв}}$	K_{ϕ} , м/сут	$K_{\text{тп}}$, %	Раскрытие трещин $D a$, мм
А	менее 0,8	более 10	более 3	более 5
Б	0,8 - 0,9	5 - 10	3 - 1	1 - 5
В	0,9 - 1,0	1 - 5	1 - 0,5	0,5 - 1,0
Г	1,0	менее 1,0	менее 0,5	0,1 - 0,5

Таблица 4-4 Классификация массивов скальных пород по трещиноватости и относительным характеристикам свойств (по СНиП 2.02.02-85 с дополнениями)

Степень трещиноватости пород	Модуль трещиноватости $M_t, 1/м$	Объем блоков $V, дм^3$	$K_{тп}, \%$	Показатель качества породы RQD, %	Относительная деформируемость $E_0 / E_{0\max}, \%$	Относительная прочность $R_{сж} / R_{сж\max}, \%$	Относительная скорость упругих волн $v_p / v_{p\max}, \%$
Очень слабо трещиноватые	менее 1,5	тысячи	менее 0,5	90 - 100	70 - 100	70 - 100	95 - 100
Слабо трещиноватые	1,5 - 5	сотни	0,5 - 1,0	75 - 90	50 - 70	45 - 70	85 - 95
Средне трещиноватые	5 - 10	десятки - сотни	1,0 - 1,5	50 - 75	25 - 50	18 - 15	65 - 85
Сильно трещиноватые	10 - 30	единицы - десятки	1,5 - 2,5	25 - 50	10 - 25	7 - 18	48 - 65
Очень сильно трещиноватые	более 30	менее 1	более 2,5	0 - 25	3 - 10	2 - 7	33 - 48

Примечание . Относительные значения деформируемости, прочности и скорости волн даны для сухих и водонасыщенных пород (немерзлых). $E_{0\max}, R_{сж\max}, v_{p\max}$ - среднемаксимальные значения, полученные на монолитных образцах соответствующего состояния (сухого, водонасыщенного).

С целью предварительной оценки инженерно-геологической пригодности скального массива как основания или среды размещения сооружения и сравнительной характеристики конкурирующих створов на ранних стадиях изысканий можно воспользоваться классификацией З. Бенявского и К. Орра [82] (табл. 4-5). Эта классификация включает в себя 6 характеристик: 1) ориентацию трещин и тектонических нарушений; 2) «кубиковую» прочность породы; 3) выход керна скважин; 4) расстояние между трещинами; 5) раскрытие трещин и состояние поверхностей их стенок; 6) гидрогеологические условия. Наличие зависимости «суммарного балла» от величины $E_0 / E_{0\max}$ создает определенную связь приводимых здесь классификаций (см. табл. 4-4 и 4-5).

Таблица 4-5 Классификация скальных массивов как оснований или среды размещения инженерного сооружения по сумме инженерно-геологических характеристик (по З. Бенявскому и К. Орру [82])

Сумма баллов ($B_1 + B_2 + B_3 + B_4 + B_5 + B_6$) по табл. 4-5 а - 4-5е	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	Менее 20
«Строительное качество» массива	Очень хорошее	Хорошее	Удовлетворительное	Слабое	Очень плохое
Среднее $E_0 / E_{0\max}, \%$	75	40	20	15	Менее 12

Таблица 4-5 а Баллы (Б₁) за ориентацию трещин и тектонических нарушений

Угол падения трещин и нарушений, град	Оценка	Баллы (Б ₁)		
		Туннели	Основания	Откосы
0 - 10	Очень благоприятно	0	0	0
10 - 30 в сторону нижнего бьефа	Не благоприятно	-10	-15	-50
10 - 30 в сторону верхнего бьефа	Удовлетворительно	-5	-7	-25
30 - 60	Благоприятно	-2	-2	-5
60 - 90	Очень не благоприятно	-12	-25	-60

Таблица 4-5 б Баллы (Б₂) за прочность породы (в образце)

Характеристика	Скальные породы				Полускальные породы		
	Более 8	4 - 8	2 - 4	1 - 2	-	-	-
R_p , МПа	Более 8	4 - 8	2 - 4	1 - 2	-	-	-
$R_{сж}$, МПа	Более 200	100 - 200	50 - 100	25 - 50	10 - 25	3 - 10	1 - 3
Баллы (Б ₂)	15	12	7	4	2	1	0

Таблица 4-5 в Баллы (Б₃) за качество керна скважин

Выход керна, %	90 - 100	75 - 90	50 - 75	25 - 50	Менее 25
Баллы (Б ₃)	20	17	13	8	3

Таблица 4-5 г Баллы (Б₄) за густоту трещин

Расстояние между трещинами, м	Более 3	1 - 3	0,3 - 1	0,05 - 0,3	Менее 0,05
Баллы (Б ₄)	30	25	20	10	5

Таблица 4-5 д Баллы (Б₅) за состояние трещин

Состояние трещин	Очень грубая поверхность, трещины сомкнутые, стенки очень прочные	Шероховатая поверхность, стенки прочные, раскрытие трещин, $D a < 1$ мм	Шероховатая поверхность, стенки мягкие, $D a < 1$ мм	Скользкая поверхность, $D a < 5$ мм	$D a > 5$ мм
Баллы (Б ₅)	25	20	12	6	0

Таблица 4-5 е Баллы (Б₆) за гидрогеологические условия

Приток воды на 10 м длины туннеля, л/мин	0	Менее 25	25 - 125	Более 125
Отношение давления воды в трещинах к максимальным главным напряжениям	0	0,0 - 0,2	0,2 - 0,5	Более 0,5
Общее состояние	Сухо	Влажно	Напорные воды	Тяжелые фильтрационные условия
Баллы (Б ₆)	10	7	4	0

III. РАСЧЕТЫ УСТОЙЧИВОСТИ, МЕСТНОЙ ПРОЧНОСТИ, НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ ОСНОВАНИЕ - СООРУЖЕНИЕ

Важным аспектом использования геоструктурной модели является построение на ее основе масштабных деформационной и прочностной схем, и в дальнейшем - переход от них к расчетным схемам.

В масштабных деформационных схемах, используемых при **ФИЗИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ**, показывают:

а) элементы основания с различной деформируемостью на глубину не менее трехкратной ширины ($3B$) подошвы плотины; выбор градации значений E_0 в деформационной схеме зависит от точности определения средних E_0 в элементах массива и от неоднородности последнего. Например, для массивов с $E_0 \gg 100 \times 10^2$ МПа - рекомендуется градация $E_0 = 25 \times 10^2$ МПа; минимальный линейный размер элемента неоднородности массива, отображаемого в модели, равен 10 м;

б) характеристику возможной анизотропии деформируемости в каждом элементе (в виде эллипсоидов либо векторов);

в) оценку статического модуля сдвига приповерхностной зоны основания (на глубину около 20 м).

В масштабных деформационных схемах, **ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ РАСЧЕТОВ НДС системы плотина - основание**, зачастую выделяют элементы основания с различными E_0 , осредненными на всю рассматриваемую глубину (от поверхности основания до глубины $3B$, где B - ширина подошвы плотины); указывают плотность массива в зоне аэрации и во взвешенном состоянии в зоне водонасыщения; оценивают анизотропию массива по деформируемости; выделяют участки основания с различным допускаемым удельным давлением; дают параметры фильтрационного потока (пьезометрические уровни и напоры) по этапам строительства и эксплуатации сооружения; представляют данные о характере естественных напряжений в массиве, а также данные сейсмомикрорайонирования.

**IV. КЛАСИФИКАЦИИ НА СКАЛНИЯ МАСИВ (съгласно Справочник
Открытые Горные Работы -Трубецкой -1994)**

Таблица 2.1.

Шкала крепости горных пород по М.М. Протодяконову

Категория	Степень крепости	Порода	Коэффициент крепости
I	В высшей степени крепкие	Наиболее крепкие, плотные и вязкие кварциты и базальты. Исключительные по крепости другие породы	20
II	Очень крепкие	Очень крепкие гранитовые породы. Кварцевый порфир, очень крепкий гранит, кремнистый сланец. Менее крепкие, нежели указанные выше кварциты. Самые крепкие песчаники и известняки	15
III	Крепкие	Гранит (плотный) и гранитовые породы. Очень крепкие песчаники и известняки. Кварцевые рудные жилы. Крепкий конгломерат. Очень крепкие железные руды	10
IIIa	"	Известняки (крепкие). Некрепкий гранит. Крепкие песчаники. Крепкий мрамор. Доломит. Колчедан	8
IV	Довольно крепкие	Обыкновенный песчаник. Железные руды	6
IVa	То же	Песчанистые сланцы. Сланцевые песчаники	5
V	Средние	Крепкий глинистый сланец. Некрепкий песчаник и известняк, мягкий конгломерат	4
Va	"	Разнообразные сланцы (некрепкие), плотный мергель	3
VI	Довольно мягкие	Мягкий сланец. Очень мягкий известняк, мел, каменная соль, гипс. Мерзлый грунт, антрацит. Обыкновенный мергель. Разрушенный песчаник, цементированные галька и хрящ, каменистый грунт	2
VIa	То же	Щебенистый грунт. Разрушенный сланец, слежавшиеся галька и щебень, крепкий каменный уголь. Отвердевшая глина	1,5
VII	Мягкие	Глина (плотная), мягкий каменный уголь, крепкий нанос — глинистый грунт	1,0
VIIa	"	Легкая песчанистая глина, лесс, гравий	0,8
VIII	Землистые	Растительная земля, торф, легкий суглинок, сырой песок	0,6
IX	Сыпучие	Песок осыпи, мелкий гравий, насыпная земля, добытый уголь	0,5
X	Плывучие	Плывуны, болотистый грунт, разжиженный лесс, другие разжиженные грунты	0,3

Табл. 2.1 Классификация по якост на едноосов натиск(IRMS)

Класс прочности	Прочность при одноосном сжатии, МПа*	
	от — до	средняя
I	< 4	3
II	4—6	5
III	6—10	8
IV	10—15	12
V	15—23	18
VI	23—35	28
VII	35—52	40
VIII	52—80	60
IX	80—120	90
X	120—180	135
XI	180—270	200
XII	> 270	300

* Определяется при одноосном сжатии образцов диаметром 40—45 мм с отношением высоты образца H к диаметру D равным единице

Табл. 2.11 Классификация горных пород по реологическим свойствам

Класс ползучести	Горная порода	Коэффициент крепости по М.М. Протодьяконову	Реологические показатели			Степень ползучести
			χ/β	$a, \%$	$\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$	
I	Известняки, песчаники, песчаные сланцы, алевролиты на карбонатном и кремнисто-карбонатном цементе	> 10	< 0,16	< 20	10^{19} — 10^{20}	Весьма слабая
II	Песчаники, песчаные сланцы и алевролиты, аргиллиты на кремнисто-глинистом, глинисто-карбонатном цементе	5—10	0,16—0,25	20—30	10^{18} — 10^{19}	Слабая
III	Песчаники, песчано глинистые и глинистые сланцы, алевролиты на слюдисто-карбонатно глинистом и слюдисто-глинистом цементе, аргиллиты	3—5	0,25—0,4	30—60	10^{17} — 10^{18}	Средняя
IV	Выветрелые песчаники, песчано-глинистые сланцы, глинистые и углисто-глинистые сланцы, алевролиты на глинистом цементе, аргиллиты	1,5—3	0,4—0,63	60—150	10^{15} — 10^{17}	Сильная
V	Глинистые сланцы, “кучерявчики”, аргиллиты, уплотненные глины	< 1,5	0,63—1,0	> 150	10^{14} — 10^{15}	Весьма сильная

Примечание. χ и β — реологические параметры горных пород, $a = \frac{\epsilon_t - \epsilon_0}{\epsilon_0}$, ϵ_t — деформация на конечный момент времени t , ϵ_0 — упругая деформация, η — эффективная вязкость

По данным Г. Л. Фисенко для поверхностей, не совпадающих с поверхностями ослабления, по результатам натурных испытаний установлена зависимость между сцеплением в образце и в массиве породы:

$$C_m = \frac{C}{1 + a \ln H/l},$$

где C_m и C — сцепление соответственно в массиве и образце; a — коэффициент, за-

висящий от прочности породы в образце и от характеристики трещиноватости (табл. 2.17); H/l — отношение высоты борта к среднему размеру элементарных блоков.

Углы внутреннего трения (градус) горных пород различного литологического наименования (по Г. Л. Фисенко) приведены ниже

Скальные и полускальные породы

Кварцевые порфириды, сиениты,	
гранодиорит порфиры, вторичные кварциты,	
песчаники	35—37
Бурый уголь	36
Известняки, метаморфические	
кристаллические сланцы, порфириды,	
серпентиниты, алевролиты	31—33
Выветрелые и каолинизированные	
гранодиориты, сиениты, диориты,	
гранодиорит-порфиры	30—31
Филлиты, глинистые сланцы, габбро-диабазы,	
аргиллиты	26—27

Несвязные и глинистые породы

Щебень	40
Гравий и галька	38
Пески кварцевые и полевошпатовые	
крупнозернистые	36
среднезернистые	34
мелкозернистые	32
Пески слюдяные	28
Глины песчаные гидрослюдистые, опоковые	30—31
Лессовидные суглинки, лессы,	
красно-бурые глины	26—29
Песчаные каолиновые глины	22—25
Гидрослюдистые жирные глины	20—22
Песчаные слюдяные глины	17—20
Каолиновые жирные глины	16
Монтмориллонитовые глины	10—20

Табл. 2.17 Коэффициенты α для различных пород

Группа пород	Порода и характер ее трещиноватости	Сцепление в образце, МПа	Коэффициент α
III	Слабоуплотненные и слаботрещиноватые песчано-глинистые отложения, сильновыветрелые полностью каолинизированные изверженные	0,4—0,9	0,5
	Уплотненные песчано-глинистые в основном с нормальносекущей трещиноватостью	1,0—2,0	2
II	Сильнокаолинизированные изверженные	3,0—8,0	2
	Уплотненные песчано-глинистые с развитой косесекущей трещиноватостью; каолинизированные изверженные	3,0—8,0	3
	Средней крепости слоистые, преимущественно с нормальносекущей трещиноватостью	10,0—15,0 15,0—17,0 17,0—20,0	3 4 5
I	Крепкие, преимущественно с нормально секущей трещиноватостью	20,0—30,0 > 30,0	6 7
	Крепкие изверженные с развитой косесекущей трещиноватостью	> 20,0	10