



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F42D 3/04 (2024.01)

(21)(22) Заявка: 2024105033, 28.02.2024

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
28.02.2024

Дата регистрации:
23.09.2024

Приоритет(ы):
(22) Дата подачи заявки: 28.02.2024

(45) Опубликовано: 23.09.2024 Бюл. № 27

Адрес для переписки:
308015, г. Белгород, ул. Победы, 85, НИУ
"БелГУ", Шевцова Ирина Владимировна

(72) Автор(ы):

Тюпин Владимир Николаевич (RU),
Чистяков Артем Игоревич (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
образования "Белгородский государственный
национальный исследовательский
университет" (НИУ "БелГУ") (RU)

(56) Список документов, цитированных в отчете
о поиске: RU 2485438 C1, 20.06.2013. RU
2006581 C1, 30.01.1994. RU 2023159 C1,
15.11.1994. RU 2101673 C1, 10.01.1998. WO
1979000471 A1, 26.07.1979. UA 22680 U,
24.04.2007. СКРИПКИН Н.А. Применение
контурного взрывания при проходке
выработок в условиях повышенного горного
давления. Сибирский ФУ. 2012. VIII
Всероссийская конференция "Молодёжь и
наука", (см. прод.)

(54) СПОСОБ КОНТУРНОГО РАЗРУШЕНИЯ ТРЕЩИНОВАТЫХ ГОРНЫХ ПОРОД С
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫМ ОКОНТУРИВАНИЕМ

(57) Реферат:

Изобретение относится к горной промышленности, строительству, транспортному строительству, гидротехническому строительству, в частности при буровзрывной подготовке горной массы приконтурной зоны карьеров, разрезов, траншей, котлованов, каналов к выемке. Способ включает бурение контурных скважин, размещение в них зарядов ВВ и взрывание. Расстояние между осями контурных скважин определяют математически в зависимости от параметров трещиноватости горного массива (размер отдельности, количество систем трещин,

углы их наклона к плоскости оконтуривания), физико-механических свойств пород горного массива, скорости детонации и массы заряда ВВ на 1 м скважины. Изобретение позволяет обеспечить устойчивость образованных откосов уступов и защитить уступы и борта карьеров, разрезов, траншей, котлованов, каналов от разрушающих волн напряжений и сейсмозврывных волн при взрывании зарядов рыхления в приконтурной зоне. Это повышает эффективность и уровень безопасности горных и строительных работ. 1 ил.

(56) (продолжение):
Секция "Горное дело и геотехнологии".



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC
F42D 3/04 (2024.01)

(21)(22) Application: **2024105033, 28.02.2024**

(24) Effective date for property rights:
28.02.2024

Registration date:
23.09.2024

Priority:

(22) Date of filing: **28.02.2024**

(45) Date of publication: **23.09.2024** Bull. № 27

Mail address:

**308015, g. Belgorod, ul. Pobedy, 85, NIU "BelGU",
Shevtsova Irina Vladimirovna**

(72) Inventor(s):

**Tiupin Vladimir Nikolaevich (RU),
Chistiakov Artem Igorevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**federalnoe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego
obrazovaniia "Belgorodskii gosudarstvennyi
natsionalnyi issledovatel'skii universitet" (NIU
"BelGU") (RU)**

(54) **METHOD FOR CONTOUR DESTRUCTION OF FRACTURED ROCKS WITH PRELIMINARY CONTOURING**

(57) Abstract:

FIELD: construction; mining.

SUBSTANCE: invention relates to mining, construction, transport construction, hydrotechnical construction, in particular during drilling and blasting preparation of rock mass of border zone of open pits, cuts, trenches, pits, channels to excavation. Method includes drilling of contour wells, placement of explosive charges in them and blasting. Distance between axes of contour wells is determined mathematically depending on parameters of fracturing of rock mass (size of joint, number of systems of cracks, angles of their inclination to plane of delineation),

physical and mechanical properties of rocks of rock mass, speed of detonation and mass of explosive charge per 1 m of well.

EFFECT: invention makes it possible to provide stability of formed slopes of ledges and to protect ledges and sides of pits, cuts, trenches, pits, channels from destructive stress waves and seismic explosive waves during blasting of loosening charges in boundary zone, this increases efficiency and safety level of mining and construction works.

1 cl, 1 dwg

RU 2 827 216 C1

RU 2 827 216 C1

Изобретение относится к горной промышленности, строительству, транспортному строительству, гидротехническому строительству, в частности при буровзрывной подготовке горной массы приконтурной зоны карьеров, разрезов, траншей, котлованов, каналов к выемке.

Известен патент RU 2485438 C1, 20.06.2013, в котором описан способ контурного разрушения трещиноватых горных пород. Изобретение относится к горной промышленности и железнодорожному строительству, в частности к буровзрывной проходке горных выработок и железнодорожных тоннелей. Способ включает бурение врубовых, отбойных, а также оконтуривающих шпуров, размещение в них зарядов и взрывание. Расстояние между оконтуривающими шпурами определяют математически в зависимости от параметров трещиноватости горного массива, эффекта трения между отдельностями массива, горного давления, физико-механических свойств горного массива, скорости детонации и плотности заряжания ВВ. Повышается эффективность и уровень безопасности горных пород.

Расстояние между оконтуривающими шпурами определяют из выражения.

$$a_{\kappa} = \frac{\sqrt{\pi}}{2} \frac{D\rho_B d_{ш} c v}{(\sigma_p + \mu P)\Phi(1-v)} \left(1 - \frac{h}{2\pi W}\right)^{0.5}, \quad (1)$$

где $\pi = 3,14$;

D - скорость детонации ВВ, м/с;

ρ_B - плотность заряжания, кг/м³;

$d_{ш}$ - диаметр шпура, м;

c - скорость продольной волны в горной породе, м/с;

v - коэффициент Пуассона горной породы;

μ - коэффициент трения между отдельностями массива;

σ_p - предел прочности на разрыв горной породы, Па;

P - величина горного давления в районе оконтуривающих шпуров, Па;

Φ - показатель трещиноватости массива;

h - эффективная ширина зоны выброса горного массива, зависящая от числа взаимодействующих зарядов ВВ,

$h = 2W$, м;

W - ЛНС зарядов оконтуривающих шпуров.

Однако данный способ является способом с последующим оконтуриванием. То есть, контурная щель образуется последней и не защищает контурный массив от волн напряжений и сейсмозрывных волн, создаваемых взрывом зарядов рыхления (врубовые и отбойные шпуры) от разрушения. Кроме того, показатель трещиноватости Φ зависит только от размера отдельности. Однако известно, что на результаты взрыва влияют размер отдельностей, количество систем трещин и угол их наклона к плоскости оконтуривания. Помимо этого, плотность заряжания в данном способе не зависит от прочностных свойств пород, что приводит к нарушению законтурного массива и его устойчивости.

Известен способ контурного разрушения горных пород с предварительным оконтуриванием включающий бурение контурных скважин на определенном расстоянии, расположение в них гирляндовых зарядов ВВ на детонирующем шнуре, соединение всех контурных скважин детонирующим шнуром и их взрывание (Кутузов Б.Н. Методы ведения взрывных работ. Ч.2. Взрывные работы в горном деле и промышленности. - М.: Издательство «Горная книга», «Мир горной книги», Издательство МГГУ. 2008.

с.154-157).

Расстояние между оконтуривающими скважинами определяют по формуле

$$a_K = 22 d_3 k_3 k_y (2),$$

где d_3 - диаметр заряда ВВ;

k_3 - коэффициент зажима, который меняется от 0,25 (полный зажим при оконтуривании котлована) до 1,1 (при оконтуривании на уступе и числа рядов скважин рыхления до 3);

k_y - коэффициент геологических условий, равный 0,85-1,15 в зависимости от угла между плоскостью оконтуривания и расположения главенствующей системы трещин.

Величину зарядов в 1 м скважины принимают равной 0,4-0,6 кг/м для крепких пород и 0,2-0,3 кг/м для средних пород. Однако данная формула расчета и приведенная величина заряда в 1 м скважины используется при диаметре скважин 100 мм, хотя на карьерах бурят скважины диаметром 85-250 мм. Кроме того, в формуле отсутствует диаметр контурных скважин, а также величина заряда в 1 м скважины. Помимо этого, в формуле не учитываются физико-механические параметры горного массива и детонационные характеристики ВВ.

Известно техническое решение, описанное в способе контурного разрушения горных пород с предварительным оконтуриванием (формулы (200), (201)), в котором расстояние между оконтуривающими скважинами определяется в зависимости от детонационных характеристик ВВ, радиусов заряда и шпура, физико-механических свойств пород (Барон Л.И., Турчаников И.А., Ключников А.В. Нарушение пород при контурном взрывании - Ленинград: Изд. «Наука». 1975. с. 190-192).

Однако в формулах не учитываются параметры трещиноватости горного массива, такие как: размер отдельностей, количество систем трещин, угол наклона систем трещин к плоскости оконтуривания, существенно влияющие на радиус зоны радиального трещинообразования, за счет поглощения энергии взрыва, а значит на оптимальное расстояние между оконтуривающими скважинами.

Кроме того, в формуле (200) $\rho_{ВВ}$ обозначена как плотность ВВ (800-1200 кг/м³), однако решающим фактором в параметрах разрушения массива, так показал производственный опыт, является линейная масса заряда ВВ на 1 м скважины, которая имеет совершенно другие значения - 0,2-4,0 кг/м. Помимо этого, формула (200) не учитывает прочность окружающей скважину горной породы и при превышении линейной массы гирляндового заряда ВВ происходит нарушение законтурного массива с последующим его обрушением.

Предложен способ контурного разрушения трещиноватых горных пород с предварительным оконтуриванием, включающий бурение контурных скважин на расстоянии друг от друга в зависимости от детонационных характеристик ВВ, геометрических параметров скважины, физико-механических свойств горных пород, размера отдельности в массиве, размещения в них гирляндовых зарядов ВВ и взрывание контурных скважин. Далее с учетом эффекта поглощения энергии взрыва системами естественных трещин и использования безопасной по разрушению законтурного массива линейной массы заряда ВВ, расстояние между осями скважин определяют из выражения

$$a_x = \frac{D\rho_{св}}{\sqrt{\pi\sigma_p}\Phi^{0,5}d_c(1-\nu)} + d_c, (3)$$

где D - скорость детонации ВВ м/с;

ρ - линейная масса заряда ВВ в 1 м скважины, кг/м;

$$p = 2\pi\sigma_{сж} \left(\frac{d_c}{D} \right)^2, \quad (4)$$

$$\pi = 3,14;$$

- 5 $\sigma_{сж}$ - предел прочности породы на сжатие, Па;
 c - скорость продольной волны в горной породе, м/с;
 d_c - диаметр контурной скважины, м;
 ν - коэффициент Пуассона горной породы;
 10 σ_p - предел прочности на разрыв горной породы, Па;
 Φ - показатель трещиноватости массива;

$$\Phi = 1 + 5e^{-2d_e} \sum_{i=1}^k (1 - \cos^4 \theta_i); \quad (5)$$

- 15 d_e - средний размер отдельностей в массиве, м;
 k - номер i -той системы трещин;
 θ_i - угол наклона i -той системы трещин к плоскости оконтуривания, град.

Предлагаемый способ позволит обеспечить качественное предварительное оконтуривание массива горных пород за счет определения оптимального расстояния между контурными скважинами и безопасной линейной массы заряда ВВ, с учетом всего комплекса, влияющих факторов: параметров трещиноватости массива (размер отдельности, количество систем трещин, угол их наклона к плоскости оконтуривания), физико-механических свойств массива горных пород, скорости детонации и линейной массы заряда ВВ в 1 м скважины.

25 Качественное оконтуривание, обеспечивает устойчивость образованного откоса уступа, борта карьера или сооружения, так как образованная контурная щель защищает уступ и борт карьера от разрушающих волн напряжений и сейсмозрывных волн при взрывании зарядов рыхления в приконтурной зоне.

30 Сущность способа заключается в следующем. Известно, что разрушение трещиноватого массива, в особенности при контурном взрывании, происходит как за счет действующих волн напряжении, так и в основном под действием квазистатического давления продуктов детонации при взрыве. За время равное микросекундам 1 кг взорванного заряда ВВ выделяет около 1 м³ газов. Это сопровождается возникновением в массиве горных пород сжимающих (радиальных) и растягивающих (тангенциальных) напряжений. Растягивающие напряжения создают вокруг контурных скважин радиальные трещины.

40 При этом линейная масса заряда ВВ в 1 м скважины должна быть такой, чтобы давление продуктов детонации не превышало предел прочности породы на сжатие, что обеспечивает целостность и устойчивость образованной открытой поверхности массива.

45 При квазистатическом давлении продуктов детонации все системы естественных трещин, находящиеся вблизи контурных скважин, безвозвратно поглощают энергию взрыва путем разрушения неровных участков граней отдельностей или деформирования заполнителя трещин. Этот процесс препятствует прорастанию радиальных трещин между скважинами на заданное расстояние и формированию контурной щели. Поэтому расстояние между контурными скважинами необходимо определять с учетом размера отдельности, количества систем трещин и их расположения относительно плоскости образуемой щели.

При одновременном взрывании двух контурных скважин расстоянием, достаточным для прорастания между ними двух встречных трещин, будет расстояние равное удвоенному радиусу радиальной трещины от одной скважины.

Теоретический расчет по определению расстояния между осями контурных скважин.

5 Расстояния между осями контурных скважин в трещиноватом горном массиве при предварительном оконтуривании можно определить из выражения

$$a_x = 2R_{mp} + d_c, \quad (6)$$

10 где R_{mp} - радиус зоны радиального трещинообразования от одной взорванной скважины, м; d_c - диаметр контурной скважины, м.

Величина R_{mp} определяется при условии: растягивающее напряжение, создаваемое взрывом одного заряда ВВ в массиве $\sigma_p(r)$ равно пределу прочности отдельности массива на разрыв σ_p .

15 То есть согласно [Тюпин В.Н. Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах. - Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 2017. стр.67, формула (3.19)].

$$20 \quad \sigma_p(r) = \frac{\sqrt{\pi}}{8} \frac{D\rho_b d_c c v}{R_{mp} \Phi^{0.5} (1-v)} = \sigma_p, \quad (7)$$

где ρ_b - плотность заряжения, кг/м³,

расшифровка остальных буквенных индексов приведена ранее.

25 Решая (7) относительно R_{mp} и подставляя полученное в (6) имеем формулу для определения расстояния между контурными скважинами

$$a_x = \frac{\sqrt{\pi}}{4} \frac{D\rho_b d_c c v}{\sigma_p \Phi^{0.5} (1-v)} + d_c, \quad (8)$$

Плотность заряжения ρ_b можно определить по формуле

$$30 \quad \rho_b = \frac{V_{BB}}{V_c} \rho_{BB}, \quad (9)$$

где V_{BB} - объем заряда ВВ в 1 м скважины, м³/м;

35 V_c - объем 1 м скважины, м³/м;

ρ_{BB} - плотность ВВ, кг/м³.

Очевидно, что

$$40 \quad V_{BB} = p\rho_{BB}^{-1}, V_c = 0,25\pi d_c^2, \quad (10)$$

где p - масса заряда скважин ВВ в 1 м скважины, кг/м;

Подставляя (10) в (9), после преобразований имеем

$$45 \quad \rho_b = \frac{4p}{\pi d_c^2} \quad (11).$$

Подставив (11) в (8) получим формулу для определения расстояния между осями контурных скважин

$$a_x = \frac{D\rho_{cv}}{\sqrt{\pi\sigma_p}\Phi^{0.5}d_c(1-\nu)} + d_c \quad (12).$$

Расчет по определению безопасной линейной массы заряда ВВ на 1 м скважины и показателя трещиноватости.

Важной характеристикой в формуле (3) является линейная масса заряда в одном метре скважины. Для того чтобы откос уступа, образованный контурными зарядами, был устойчив и с его поверхности не происходили вывалы породы необходимо выбирать безопасную массу заряда на 1 м скважины p .

Это зависит от прочностных свойств горных пород и детонационных характеристик ВВ. При взрывании обычных зарядов рыхления вблизи взорванной скважины образуется зона раздавливания с мелкодисперсным дроблением породы на расстоянии до $5 d_c$ от образующей скважины, далее расположена зона радиальных трещин с радиусом до $15 d_c$ от образующей скважины.

Очевидно, необходимо определить такую массу ВВ на 1 м скважины p , при которой порода за образующей контурной скважины не будет нарушена взрывом фиг. 1.

Условия минимального воздействия контурного заряда ВВ на массив можно записать в виде

$$P_{ВВ} \leq \sigma_{сж} \quad (13)$$

где $P_{ВВ}$ - давление газов взрыва в скважине, Па;

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

Среднее давление продуктов детонации в скважине определяют по известной формуле

$$P_{ВВ} = 0,125 \rho_B D^2 \quad (14)$$

Плотность заряжения ρ_B определяется по формуле (11). Подставляя значения ρ_B в (14), полученное в (13) и решая уравнение относительно p , имеем формулу для определения безопасной массы заряда ВВ на 1 м скважины

$$p \leq 2\pi\sigma_{сж} \left(\frac{d_c}{D} \right)^2 \quad (15)$$

Расчет формулы для определения показателя трещиноватости массива горных пород

Весьма важно численное значение показателя трещиноватости массива Φ , который зависит от размера отдельности, величины раскрытия трещин, количества систем трещин и их расположения относительно плоскости контурных скважин. Показатель трещиноватости Φ определяют по формуле (Тюпин В.Н. Взрывные и геомеханические процессы в трещиноватых напряженных горных массивах. - Белгород: ИД «Белгород» НИУ «БелГУ». 2017. с. 51):

$$\Phi = 1 + \frac{\delta}{d_e \xi} \sum_1^k (1 - \cos^4 \theta_i) \quad (16)$$

где δ - величина раскрытия трещин, м;

ξ - безразмерная площадь скальных контактов.

Расшифровка остальных параметров приведена ранее. Значения δ и ξ в горном массиве определить весьма сложно. Размер отдельности d_e , количество систем трещин k и угол их наклона θ_i к образуемой щели определяют известными геолого-

маркшейдерскими методами. Системный численный анализ соотношения $\frac{\delta}{d_e \xi}$ позволил
 5 заменить его на $5e^{-2d}$. Тогда (16) можно переписать в виде

$$\Phi = 1 + 5e^{-2d} \sum_{i=1}^k (1 - \cos^4 \theta_i), \quad (12)$$

где d_e - размер отдельностей в массиве, м;

10 k - номер i -той системы трещин;

θ_i - угол наклона i -той системы трещин к плоскости расположения контурных скважин, град.

Предложенный способ осуществляют следующим образом:

Физико-механические свойства массива $\sigma_{сж}$, σ_p , c , ν определяют на стадии

15 геологоразведочных работ по известным методикам. Скорость детонации ВВ (D) и диаметр скважины d_c определяют используя справочную литературу. Безопасную линейную массу заряда ВВ в 1 м контурной скважины ρ определяют по формуле (4).

Значения величины показателя трещиноватости Φ определяют по формуле (5).

20 Размер отдельности (d_e), количество систем трещин (k) и углы их наклона к плоскости оконтуривания (θ_i) определяет геолого-маркшейдерская служба карьера, разреза и т.д. Численные значения перечисленных параметров подставляют в формулу (3) и определяют расстояние между контурными скважинами a_k . Далее бурят контурные скважины, заряжают их гирляндовыми зарядами ВВ монтируют сеть ДШ и производят
 25 взрывание.

Примеры осуществления способа

1. «Сухой док», Мурманская область.

При строительстве «Сухого дока» необходимо провести уступную заоткоску склона массива, сложенного гранитогнейсами. Для этого использован способ с
 30 предварительным оконтуриванием массива. С целью определения расстояния между контурными скважинами были определены параметры: физико-механические свойства гранитогнейсов $\sigma_{сж} = 186 \cdot 10^6$ Па, $\sigma_p = 13 \cdot 10^6$ Па, $c = 4,4 \cdot 10^3$ м/с, $\nu = 0,25$. По откосам уступов установлен размер отдельностей $d_e = 0,5-1,5$ м (1,0 м в среднем),
 35 количество систем трещин $k=3$; углы наклона систем трещин к образуемой щели 30° ; 60° ; 90° , тогда согласно формулы (5) $\Phi=2,6$. Применяемое ВВ аммонит 6ЖВ диаметром 32 мм имеет $D = 4,2 \cdot 10^3$ м/с. Скважины бурят диаметром $d_c=0,11$ м, тогда согласно формуле (4) получаем $\rho = 0,8$ кг/м.

40 Расчетом по формуле (3) определено значение расстояния между осями контурных скважин $a_k=1,31$ м.

Бурение контурных скважин на расстоянии 1,3 м друг от друга, зарядание и взрывание при заоткоске бортов «Сухого дока» показало эффективность полученного значения a_k .

45 Откосы уступов в течение 5 лет находятся в устойчивом состоянии на которых имеются участки от образующих контурных скважин.

2. Михайловский ГОК (КМА).

Заоткоску уступов на карьере Михайловского ГОКа проводили в гематито-мартитовых кварцитах. С целью определения расстояния между контурными скважинами

были установлены параметры: физико-механических свойств пород

$\sigma_{сж} = 180 \cdot 10^6$ Па, $\sigma_p = 30 \cdot 10^6$ Па, $c = 6,1 \cdot 10^3$ м/с, $\nu = 0,27$. Размер

отдельностей $d_e = 0,8-1,2$ м (1,0 м в среднем). Количество систем трещин $k=3$, углы

5 наклона систем трещин к образуемой щели 0° ; 60° ; 90° .

Вычисления по формуле (5) дают $\Phi = 2,3$. Применяемое ВВ аммонит 6ЖВ

$D = 4,2 \cdot 10^3$ м/с. Контурные скважины бурили диаметром $d_c = 0,25$ м.

По формуле (4) получаем $p=4,0$ кг/м. Расчет по формуле (3) определено расстояние

10 между осями контурных скважин $a_k = 2,13$ м.

Бурение контурных скважин на расстоянии 2,1 м, их зарядание и взрывание на

карьере показало эффективность применяемого расстояния. Откосы уступов находятся

в устойчивом состоянии, на которых имеются не нарушенные участки образующих от

взорванных контурных скважин.

15 Преимущество представляемого способа является возможность его применения при

контурном взрывании массивов с различными параметрами трещиноватости (размер

отдельности, количество систем трещин, углы их наклона к плоскости оконтуривания),

физико-механическими свойствами пород, использовании ВВ с различными

детонационными характеристиками и линейной массой в скважинах различного

20 диаметра. Зная перечисленные параметры и подставив их в формулы (5), (4) и (3)

определяют эффективное расстояние между осями скважин и безопасную линейную

массу заряда ВВ в 1 м скважины.

(57) Формула изобретения

25 Способ контурного разрушения трещиноватых горных пород с предварительным

оконтуриванием, включающий определение физико-механических свойств горных

пород на стадии геологоразведочных работ, геометрических параметров скважины,

детонационных характеристик взрывчатого вещества (ВВ), определение расстояния

30 между контурными скважинами с учетом полученных параметров и бурение контурных

скважин друг от друга на этом расстоянии, размещение зарядов контурного взрывания

гирляндовых и взрывание контурных скважин, при этом расстояние между осями

контурных скважин определяют по выражению:

$$a_k = \frac{Dpc\nu}{\sqrt{\pi\sigma_p\Phi^{0,5}d_c(1-\nu)}} + d_e,$$

35 где D – скорость детонации ВВ, м/с;

p – линейная масса заряда ВВ в 1 м скважины, кг/м;

$$p = 2\pi\sigma_{сж} \left(\frac{d_c}{D} \right)^2,$$

40 $\pi = 3,14$;

$\sigma_{сж}$ – предел прочности породы на сжатие, Па;

c – скорость продольной волны в горной породе, м/с;

d_c – диаметр контурной скважины, м;

45 ν – коэффициент Пуассона горной породы;

σ_p – предел прочности на разрыв горной породы, Па;

Φ – показатель трещиноватости массива.



Фиг.1