



(19) KG (11) 2150 (13) C1  
(51) E21C 39/00 (2019.01)

## ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ И ИНОВАЦИЙ ПРИ ПРАВИТЕЛЬСТВЕ КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ

### (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ к патенту Кыргызской Республики под ответственность заявителя

(21) 20180093.1

(22) 05.11.2018

(46) 31.05.2019, Бюл. № 5

(71) Кыргызско - Российский Славянский университет (KG)

(72) Мамбетов Ш. А.; Абдиев А. Р.; Мамбетов А. Ш.: Абдиев А. А.; Мамбетова Р. Ш.; Абдиев Ш. А.; Шилихин Е. В. (KG)

(73) Кыргызско - Российский Славянский университет (KG)

(56) RU № 2618778 С1, кл. E21C 39/00, 2017

#### (54) Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки

(57) Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при определении и контроле устойчивости породного массива в окрестностях подземной горной выработки.

Задачей изобретения является повышение надежности определения и контроля устойчивости породного массива вокруг горной выработки.

Задача решается в способе определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки, включающем бурение шпуров из выработки, прозвучивание ультразвуковыми сигналами с помощью излучающего и приемного преобразователей участков породного массива, расположенных последовательно между параллельными шпурами по их глубине, измерение характеристик принятых сигналов, выделение зон естественных напряжений, при этом бурят три шпуря по схеме прямоугольного треугольника, образующие трехмерное пространство, в качестве характеристик принятых сигналов производят измерение скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн вертикальной и горизонтальной плоскостях, одновременно измеряют скорости волн в вертикальной ( $L_{2-3}$ ) и горизонтальной ( $L_{3-4}$ ) плоскостях, по результатам измерения строят график распределения акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^e$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^e$ , при этом за границы зоны пониженных напряжений принимают значения акустических модулей  $M_a^{\text{обр}} \leq \tilde{M}_a^b$  и  $\tilde{M}_a^r < M_a^{\text{обр}}$  крит, за границы зоны повышенных напряжений

принимают значения акустических модулей  $M_a^{\text{обр}} \text{ крит} : \tilde{M}_a^b$  и  $\tilde{M}_a^r \leq M_a^{\text{обр}}$  крит' за границы естественных

напряжений принимают значения акустических модулей  $M_a^{\text{обр}} \text{ крит} : \tilde{M}_a^b$  и  $\tilde{M}_a^r \geq M_a^{\text{обр}}$  крит, затем по графикам взаимного расположения кривых акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^e$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^e$  и линий верхнего и нижнего предела прочности пород судят о категории устойчивости пород, при чем для первой категории «массив устойчив»: вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным, максимальные напряжения ниже предела прочности, горизонтальные напряжения не превышают вертикальных; для второй категории «массив устойчив, но с небольшим запасом прочности»: величина максимальных вертикальных напряжений близка к пределу прочности, значения горизонтальных напряжений достигают, а местами выше, вертикальных напряжений; для третьей категории «массив неустойчив»: зона максимальных напряжений занимает значительную площадь, величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки, горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений.

1 н. п. ф., 1 табл., 6 фиг.

Изобретение относится к горному делу и может быть использовано при определении и контроле устойчивости породного массива в окрестностях подземной горной выработки.

Известен способ контроля напряженного состояния массива горных пород (SU № 1613607 A1, кл. E21C 39/00, 1990), включающий бурение двух параллельных скважин в одной (горизонтальной или вертикальной) плоскости массива, дискретное перемещение по высоте скважин излучающего и приемного преобразователей, осуществляющими прозвучивание участков между скважинами по глубине ультразвуковыми импульсами низкой частоты, при этом при каждом фиксированном положении преобразователей по глубине скважин контролируемые участки дополнительно прозвучивают ультразвуковыми импульсами высокой частоты, затем определяют отношение амплитуд ультразвуковых импульсов высокой и низкой частоты и по изменению этого отношения с глубиной контролируют распределение напряжений в массиве.

К недостаткам известного способа относится невысокая надежность и информативность за счет того, что способ позволяет определять величину и направления действий главных напряжений только в одной выбранной плоскости пробуривания скважин, или вертикальной или горизонтальной, что не позволяет получить оценку состояния в нетронутом объеме породного массива и гарантированно определить границы зон по устойчивости породного массива.

Известен способ контроля напряженного состояния массива горных пород (SU № 1452984 A1, кл. E21C 39/00, 1989), включающий бурение двух параллельных скважин, дискретное перемещение по высоте скважин излучающего и приемного преобразователей, осуществляющими прозвучивание участков между скважинами по глубине ультразвуковыми зондирующими сигналами, измерение параметров принятых сигналов, по изменению которых с глубиной определяют положение максимума зоны опорного давления, по которому контролируют напряженное состояние массива, при этом в качестве зондирующего сигнала используют шумовой стационарный сигнал, имеющий нормальное распределение со средним значением, равным нулю, измеряют дисперсию и период автокорреляционной функции этого сигнала, выделяют участок с максимальной дисперсией и минимальным периодом автокорреляционной функции сигнала и по его положению определяют положение максимума зоны опорного давления.

К недостаткам известного способа также относится невысокая надежность и информативность за счет того, что способ позволяет определять величину и направления действий главных напряжений только в одной выбранной плоскости пробуривания скважин, или вертикальной, или горизонтальной, что не позволяет получить оценку состояния в нетронутом объеме породного массива и гарантированно определить границы зон по устойчивости породного массива.

Известен способ контроля напряженного состояния массива горных пород в окрестности выработки (RU № 2618778 C1, кл. E21C 39/00, 2017), включающий бурение двух параллельных скважин, дискретное перемещение по высоте скважин излучающего и приемного преобразователей, осуществляющими прозвучивание участков между скважинами по глубине ультразвуковыми сигналами в виде стационарного шума с нулевым средним значением, измерение корреляционных характеристик принятых сигналов, по изменению которых с глубиной судят о напряженном состоянии массива, при этом на контролируемых участках измеряют интервалы корреляции и коэффициент взаимной корреляции сигналов, по изменению корреляционных характеристик принятых сигналов судят о напряженном состоянии массива горных пород в окрестности подземной горной выработки, затем по результатам строят график зависимостей и по которому судят о границах зон пространственного распределения напряжений в окрестности выработки.

Известный способ, хотя и дает повышение информативности контроля, за счет исключения влияния контактных условий преобразователей с массивом, и позволяет определять границы отдельных зон, характеризующих пространственное распределение напряжений в окрестности выработки, однако, также дает невысокую надежность и за счет того, что позволяет определять величину и направления действий главных напряжений только в одной выбранной плоскости пробуривания скважин, или вертикальной, или горизонтальной, что не позволяет получить оценку состояния в нетронутом объеме породного массива и гарантированно определить границы зон по устойчивости породного массива.

Задачей изобретения является повышение надежности определения и контроля устойчивости породного массива вокруг горной выработки.

Задача решается в способе определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки включающим бурение шпуров из выработки, прозвучивание ультразвуковыми сигналами с помощью излучающего и приемного преобразователей участков породного массива, расположенных последовательно между параллельными шпурами по их глубине, измерение характеристик принятых сигналов, выделение зон естественных напряжений, бурят три шпура по схеме прямоугольного треугольника, образующие трехмерное пространство, в качестве характеристик принятых сигналов производят измерение скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн вертикальной и горизонтальной плоскостях, одновременно измеряют скорости волн в вертикальной ( $L_{2,3}$ ) и горизонтальной ( $L_{3,4}$ ) плоскостях, по результатам измерения строят график распределения акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^e$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^o$ , при этом за границы зоны пониженных напряжений принимают значения акустических моделей  $M_a^{\text{обр}} \leq \tilde{M}_a^e$  и  $\tilde{M}_a^o < M_a^{\text{обр крит}}$ , за границы зоны повышенных напряжений принимают значения акустических моделей  $M_a^{\text{обр крит}}: \tilde{M}_a^e \text{ и } \tilde{M}_a^o \leq M_a^{\text{обр крит'}}$  за границы естественных напряжений принимают значения акустических моделей  $M_a^{\text{обр крит'}}: \tilde{M}_a^e \text{ и } \tilde{M}_a^o \geq M_a^{\text{обр крит}}$ , затем по графикам взаимного расположения кривых акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^e$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^o$  и линий верхнего и нижнего предела прочности пород судят о категории устойчивости пород, причем для первой категории «массив устойчив»: вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным, максимальные напряжения ниже предела прочности, горизонтальные напряжения не превышают вертикальных; для второй категории «массив устойчив, но с небольшим запасом прочности»: величина максимальных вертикальных напряжений близка пределу прочности, значения горизонтальных напряжений достигают, а местами выше вертикальных напряжений; для третьей категории «массив неустойчив»: зона максимальных напряжений занимает значительную площадь, величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки, горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений.

Предлагаемый способ базируется на следующих общеизвестных физических принципах.

Прохождение любой подземной выработки в породном массиве всегда предполагает выемку определенного объема горных пород, что приводит к перераспределению естественного поля напряжений и к изменению первичного напряженного состояния породного массива вокруг выработки. Как следствие, вокруг выработки образуется локальное вторичное поле напряжений. Это поле, которое изменяется по мере удаления от контура выработки, зависит от уровня и характера первичных естественных напряжений, физико-механических свойств и структурных особенностей горных пород, в которых пройдена выработка, геометрии и объема последней, а также рельефа земной поверхности местности. В области влияния выработки, начиная от ее контура, последовательно чередуются следующие зоны, отличающиеся векторами действующих напряжений. Непосредственно у контура выработки имеет место зона повышенной нарушенности (трещиноватости), которая обусловлена техногенными (например, буровзрывными работами) воздействиями, связанными с проходкой горной выработки, а также смещениями ее стенок под влиянием сил горного давления (процессов сдвижения горных пород и земной поверхности). Все это приводит к тому, что указанная зона повышенной нарушенности уже не может выполнять функции несущего конструктивного элемента. Эта зона, называемая зоной пониженных напряжений (зоной разгрузки), характеризуется тем, что в ее пределах порода испытывает меньшие напряжения, чем существующие до проведения выработки.

Зона пониженных напряжений граничит с зоной повышенных напряжений или, как ее еще называют, зоной опорного давления. В этой зоне напряжения превышают уровень первоначального поля напряжений. Указанный уровень определяет переход от зоны повышенных напряжений к зоне первичных естественных напряжений, в пределах которой влияние выработки на напряженное состояние отсутствует.

Возможность выявления указанных зон ультразвуковыми методами базируется на том факте, что под влиянием сил горного давления в каждой из них, кроме зоны естественных напряжений, превалируют либо процессы разрушения и дезинтеграции горных пород (в зоне пониженных напряжений), либо процессы их уплотнения и консолидации (в зоне повышенных

напряжений). В результате каждая из зон характеризуется своей степенью структурной поврежденности и анизотропией, которые отражаются на информативных параметрах ультразвукового контроля.

Как показывают проведенные авторами экспериментальные исследования, в наибольшей степени к изменениям поврежденности и степени анизотропии исследуемых участков, а значит, и их напряженно-деформированного состояния чувствительны скорости продольных и поперечных волн ультразвуковых сигналов при условии, что они излучаются одним источником (излучающим акустическим преобразователем) и на них не влияют другие факторы, кроме связанных с действующими напряжениями, поврежденностью и анизотропии горных пород. К таким факторам относятся, прежде всего, различие в базах прозвучивания между излучающим и приемным преобразователями в вертикальной и горизонтальной плоскостях.

Предлагаемая схема бурения трех шпуров по схеме прямоугольного треугольника в трехмерном пространстве обеспечивает равенство двух баз контроля в вертикальной и горизонтальной плоскостях. Это позволяет определить величины и направления действия трех взаимоперпендикулярных главных напряжений в нетронутом породном массиве.

Кроме того, предлагаемым способом предусмотрена операция синхронного штангового передвижения излучателя и приемника. Это обеспечивает практически равные условия работы преобразователей в вертикальной и горизонтальной плоскостях, а значит, минимальное влияние этих условий на измеряемые скорости продольных и поперечных волн.

Это позволяет качественно определить состояние породного массива вокруг незакрепленной выработки по трем категориям устойчивости, в зависимости от степени напряженности породного массива.

Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки иллюстрируется графическими материалами, где на фиг. 1 представлена схема реализации способа, на фиг. 2 - схема расположения измерительных шпуров по линии поперечного разреза I-I на фиг. 1, на фиг. 3 - график распределения акустических модулей, соответственно, в вертикальной и горизонтальной плоскостях от контура выработки вглубь породного массива, на фиг. 4, фиг. 5 и фиг. 6 представлены кривые  $M_a^e$  и  $M_a^c$ , и прямые  $M_a^{обр. крит}$  и  $M_a^{обр.}$ , отражающие степень напряженности и устойчивости породного массива вокруг незакрепленной выработки.

В таблице 1 приведены зависимости определения степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг незакрепленной выработки от распределения акустического модуля в функции от расстояния 1 вдоль шпура от контура выработки.

Схема включает горную выработку 1, измерительные шпуры 2, 3 и 4, пробуренные в ее стенке по схеме прямоугольного треугольника, излучающий ультразвуковой преобразователь 5 помещенный в шпуре 3, приемные ультразвуковые преобразователи 6 и 7 помещенные в шпурах 2 и 4, ультразвуковой прибор 8, помещенный в выработке и к которому подсоединенны излучающий и приемный преобразователи.

На чертеже параметрами обозначены  $l$ ,  $d$ ,  $L$  - длина, диаметр и расстояние между шпурами, соответственно;  $\Delta l$  - шаг перемещения излучателя и приемника;  $L_{2-3}$ ,  $L_{3-4}$  и  $L_{2-4}$  - расстояния между шпурами;  $d$  - диаметр шпуров.

Кривые  $M_a^e$  и  $M_a^c$  на фиг. 3 отражают характер распределения акустических модулей, соответственно, в вертикальной и горизонтальной плоскостях от контура выработки вглубь породного массива в зонах: пониженных (отрезок АВ =  $X_1$ ), повышенных (отрезок ВСД =  $X_2$ ) и естественных (отрезок ДЕ =  $X_3$ ) напряжений; прямые  $M_a^{обр. крит}$  (верхний предел) и  $M_a^{обр.}$  (нижний предел) отражают, соответственно, пороговые значения акустического модуля в образце испытуемой породы при одноосном сжатии и в образце при атмосферном давлении.

Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки осуществляется следующим образом.

Из горной выработки 1 по схеме прямоугольного треугольника пробуриваются три шпур 2, 3 и 4. Вначале бурят шпур 3 и параллельно ему в вертикальной плоскости шпур 2, а в горизонтальной плоскости - параллельно шпур 4. В шпуре 3 вблизи ее устья размещают излучающий ультразвуковой преобразователь 5, а в шпурах 2 и 4 - приемные ультразвуковые преобразователи 6 и 7. При этом излучающий ультразвуковой преобразователь 5 и приемные ультразвуковые преобразователи 6 и 7 закрепляют в измерительных шпурах с помощью штанг, и с помощью штанг синхронно передвигают вдоль шпуров с шагом  $\Delta l$ . Штанги обеспечивают надежные контактные условия излучающего ультразвукового преобразователя 5 со стенкой

измерительного шпера 3, а также приемных ультразвуковых преобразователей 6 и 7, соответственно, со стенкой измерительных шпуров 2 и 4.

В каждой точке с шагом  $\Delta l$  вглубь массива производят измерение скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн в вертикальной ( $L_{2-3}$ ) и горизонтальной ( $L_{3-4}$ ) плоскости.

По результатам измерений строят графики распределения акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^s$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^c$ , по которым судят о пространственном распределении напряжений в породном массиве вокруг незакрепленной выработки 1. Для этого на графиках  $M_a^s$  и  $M_a^c$  выделяют глубины  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  (см. фиг. 3). Глубины от 0 до  $X_1$  принимают за границы зоны пониженных (зоны разгрузки) напряжений. Глубины  $X_1$  и  $X_3$  принимают, соответственно, за нижнюю и верхнюю границы зоны повышенных (зоны опорного давления) напряжений. Глубину  $X_3$ , начиная с которой  $M_a^s \approx \text{const}$  и  $M_a^c \approx \text{const}$ , принимают за нижнюю границу первичных естественных напряжений.

Распределение, характер и величины акустических модулей  $M_a^s$  и  $M_a^c$  в породном массиве вокруг незакрепленной горной выработки, в зависимости от пороговых значений акустического модуля в образце испытуемой породы при одноосном сжатии,  $M_a^{\text{обр крит}}$  (верхний предел) и в образце при атмосферном давлении  $M_a^{\text{обр}}$  (нижний предел), позволяют пойти дальше чем определение зон напряжений по глубине породного массива, и дают возможность судить о степени напряженности и устойчивости породного массива вокруг этой незакрепленной выработки 1 с выделением категорий устойчивости пород массива. Для этого на графиках  $M_a^s$  и  $M_a^c$  с глубинами  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  отображают прямые  $M_a^{\text{обр крит}}$  и  $M_a^{\text{обр}}$  (см. фиг. 4, фиг. 5, фиг. 6 и табл. 1). Породный массив вокруг незакрепленной выработки 1 разбивается на три категории по степени напряженности и устойчивости.

Первая категория - «массив устойчив», при этом вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным, максимальные напряжения ниже предела прочности, горизонтальные напряжения не превышают вертикальных. Критерий: зоны повышенных акустических модулей  $M_a^s$  и  $M_a^c$  расположены в краевом участке выработки; величины акустических модулей  $M_a^s$  и  $M_a^c$  по сечению выработки намного меньше величины акустического модуля при критических нагрузках  $M_a^{\text{обр крит}}: M_a^{\text{обр}} \leq \tilde{M}_a^s$  и  $\tilde{M}_a^c < M_a^{\text{обр}}$ ; величина

прозвучиваемой области массива близка к диаметру выработки:  $L_{\text{прозв}} = \frac{l_{\text{прозв}}}{l_{\text{факт}}} = 0,8 \div 0,9$ . В зоне

опорного давления величина акустического модуля в горизонтальной плоскости  $\tilde{M}_a^c$  не превышает величину акустического модуля в вертикальной плоскости  $\tilde{M}_a^s$ :

$$A = \frac{\tilde{M}_a^c}{\tilde{M}_a^s} < 1,0$$

Вторая категория - «массив устойчив, но с небольшим запасом прочности», при этом происходит перераспределение напряжений, величина максимальных вертикальных напряжений близка к пределу прочности, горизонтальные напряжения достигают, а местами выше, вертикальных напряжений. Критерий: зоны повышенных акустических модулей  $M_a^s$  и  $M_a^c$  перемещаются в сторону контура выработки; величины акустических модулей  $M_a^s$  и  $M_a^c$  в повышенной зоне достигают величины акустического модуля в образце при критических нагрузках  $M_a^{\text{обр крит}}: \tilde{M}_a^s$  и  $\tilde{M}_a^c \leq M_a^{\text{обр крит}}$ ; размеры нарушенной зоны  $X_1$  превышают обычные, вызванные буровзрывными работами:  $0,5 \div 0,6 < L_{\text{прозв}} < 0,8 \div 0,9$ ; величина акустического модуля в горизонтальной плоскости  $\tilde{M}_a^c$  достигает, а местами превышает, величину акустического модуля в вертикальной плоскости  $\tilde{M}_a^s$ :

$$A = \frac{\tilde{M}_a^c}{\tilde{M}_a^s} \geq 1,0$$

Третья категория - «массив неустойчив», при этом зона максимальных напряжений занимает значительную площадь, величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки. Горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений зоны повышенных акустических модулей  $M_a^b$  и  $M_a^r$  находятся ближе к контуру выработки; величины акустических модулей  $M_a^b$  и  $M_a^r$  в повышенной зоне больше или равны величине акустического модуля при критических нагрузках  $M_a^{\text{обр}}: M_a^b \text{ и } M_a^r \geq M_a^{\text{обр}}$  крит; размеры непрозвучиваемой зоны области значительны:  $L_{\text{прозв}} \geq 0,5 \div 0,6$ ; величина акустического модуля в горизонтальной плоскости  $M_a^r$  в повышенной зоне больше величины акустического модуля в вертикальной плоскости  $M_a^b: M_a^r \geq M_a^b$ .

Пример осуществления способа с конкретными интервалами глубин,  $l$ ,  $d$ ,  $L$  - длиной, диаметром и расстоянием между шпурами, соответственно;  $\Delta l$  - шагом перемещения излучателя и приемника;  $L_{2-3}$ ,  $L_{3-4}$  и  $L_{2-4}$  - расстояниями между шпурами;  $d$  - диаметрами шпуров.

Таблица 1

Определение степени напряженности и устойчивости породного массива  
вокруг незакрепленной выработки

№ п/п	Распределение и величины акустических модулей $M_a^b$ и $M_a^r$ в породном массиве вокруг горной выработки	Характер и величины акустических модулей $M_a^b$ и $M_a^r$ ,	Напряженное состояние вокруг выработки	Категория устойчив ости
1	Зоны повышенных акустических модулей $M_a^b$ и $M_a^r$ расположены в краевом участке выработки			Вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным. Максимальные напряжения ниже предела прочности.
2	Величины акустических модулей $M_a^b$ и $M_a^r$ по сечению выработки намного меньше величины акустического модуля при критических нагрузках $M_a^{\text{обр}}: M_a^{\text{обр}} \leq M_a^b \text{ и } M_a^r \leq M_a^{\text{обр}}$ крит			Породны й массив вокруг выработ ки устойчив .
3	Величина прозвучиваемой области массива близка к диаметру выработки: $L_{\text{прозв}} = \frac{l_{\text{прозв}}}{l_{\text{факт}}} = 0,8 \div 0,9$		Рисунок Фиг.7	Горизонтальные напряжения не превышают вертикальных.
4	В зоне опорного давления величина акустического модуля в горизонтальной плоскости $M_a^r$ не превышает величину акустического модуля в вертикальной плоскости $M_a^b$ : $A = \frac{M_a^r}{M_a^b} < 1,0$			
1	Зоны повышенных акустических модулей $M_a^b$ и $M_a^r$ перемещаются в сторону контура выработки		Рисунок Фиг.8	Происходит перераспределение напряжений. Величина максимальных
2	Величины акустических модулей $M_a^b$			Породны й массив вокруг выработ ки

и  $M_a^r$  в повышенной зоне достигают величины акустического модуля в образце при критических нагрузках

$$M_a^{\text{обр}} \text{ крит: } \tilde{M}_a^b \text{ и } \tilde{M}_a^r \leq M_a^{\text{обр}} \text{ крит}$$

- 3 Размеры нарушенной зоны  $X_1$  превышают обычные, вызванные буровзрывными работами:  
 $0,5 \div 0,6 < L_{\text{прозв}} < 0,8 \div 0,9$

- 4 Величина акустического модуля в горизонтальной плоскости  $\tilde{M}_a^r$  достигает, а местами превышает величину акустического модуля в вертикальной плоскости  
 $\tilde{M}_a^b: A = \frac{\tilde{M}_a^r}{\tilde{M}_a^b} \geq 1,0$

- 1 Зоны повышенных акустических модулей  $M_a^b$  и  $M_a^r$  находятся ближе к контуру выработки
- 2 Величины акустических модулей  $M_a^b$  и  $M_a^r$  в повышенной зоне больше или равны величине акустического модуля при критических нагрузках  
 $M_a^{\text{обр}} \text{ крит: } \tilde{M}_a^b \text{ и } \tilde{M}_a^r \geq M_a^{\text{обр}} \text{ крит}$
- 3 Размеры непрозвучиваемой зоны области значительны:  
 $L_{\text{прозв}} \geq 0,5 \div 0,6$
- 4 Величина акустического модуля в горизонтальной плоскости  $\tilde{M}_a^r$  в повышенной зоне больше величины акустического модуля в вертикальной плоскости  $\tilde{M}_a^b: \tilde{M}_a^r \geq \tilde{M}_a^b$

вертикальных напряжений близка к пределу прочности. Горизонтальные напряжения достигают, а местами выше, вертикальных напряжений.

Зона максимальных напряжений занимает значительную площадь. Величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки. Горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений.

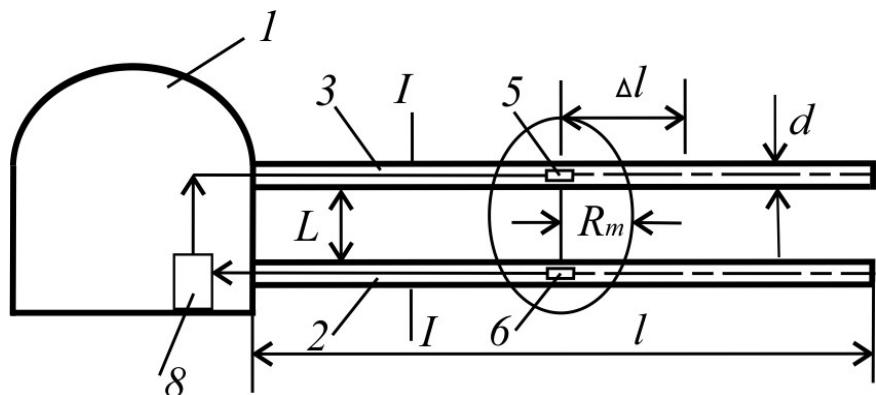
Рисунок  
Фиг.9

### Ф о р м у л а и з о б р е т е н и я

Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки, включающий бурение шпуров из выработки, прозвучивание ультразвуковыми сигналами с помощью излучающего и приемного преобразователей участков породного массива, расположенных последовательно между параллельными шпурами по их глубине, измерение характеристик принятых сигналов, выделение зоны естественных напряжений, отличающейся тем, что бурят три шпура по схеме прямоугольного треугольника, которые в прямоугольной системе координат образуют трехмерное пространство, в качестве характеристик принятых сигналов производят измерение скоростей продольных  $V_p$  и поперечных  $V_s$  волн в вертикальной и горизонтальной плоскостях, одновременно измеряют скорости волн в вертикальной ( $L_{2-3}$ ) и горизонтальной ( $L_{3-4}$ ) плоскостях, по результатам измерения строят график распределения акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^b$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^r$ , при этом за границы зоны пониженных напряжений принимают значения акустических модулей  $M_a^{\text{обр}} \leq \tilde{M}_a^b$  и

$\tilde{M}_a^r < M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$ , за границы зоны повышенных напряжений принимают значения акустических модулей  $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$ :  $\tilde{M}_a^B$  и  $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$ , за границы естественных напряжений принимают значения акустических модулей  $M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$ :  $\tilde{M}_a^B$  и  $\tilde{M}_a^r \geq M_{a \text{ крит}}^{\text{обр}}$ , по графикам взаимного расположения кривых акустических модулей в вертикальной плоскости  $M_a^B$  и в горизонтальной плоскости  $M_a^r$  и линий верхнего и нижнего предела прочности пород судят о категории устойчивости пород, при этом для первой категории "массив устойчив" принимают, что вертикальные напряжения в области опорного давления близки к напряжениям естественным, максимальные напряжения ниже предела прочности, горизонтальные напряжения не превышают вертикальных; для второй категории "массив устойчив, но с небольшим запасом прочности" - величина максимальных вертикальных напряжений близка к пределу прочности, значения горизонтальных напряжений достигают, а местами выше, вертикальных напряжений; для третьей категории "массив неустойчив" - зона максимальных напряжений занимает значительную площадь, величина максимальных напряжений превышает величину напряжений по сечению выработки, горизонтальные напряжения равны или больше вертикальных напряжений.

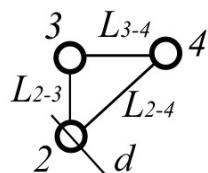
## Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки



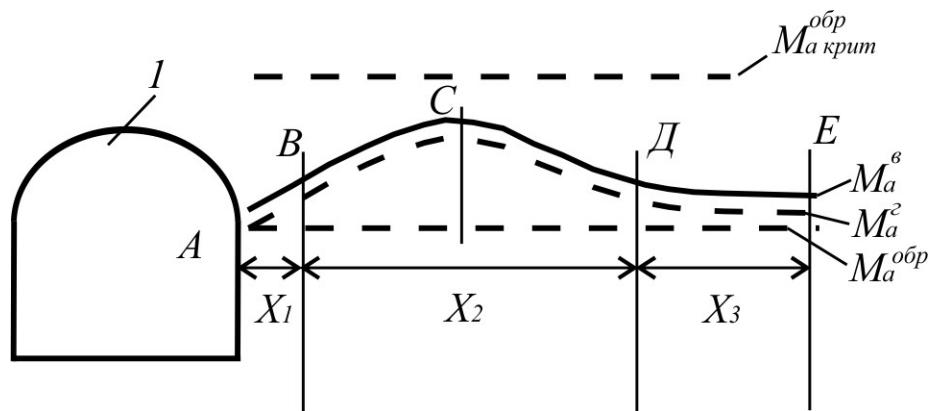
Фиг. 1

## Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки

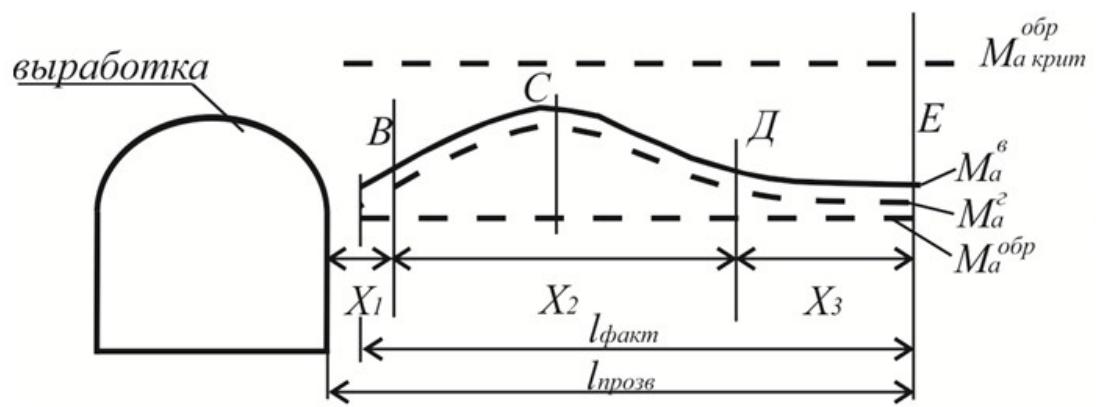
### Разрез по линии I-I



Фиг. 2

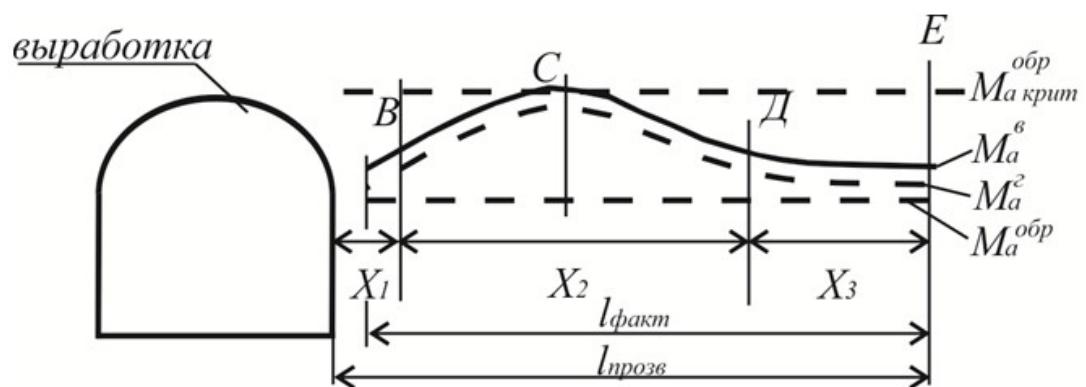


Фиг. 3

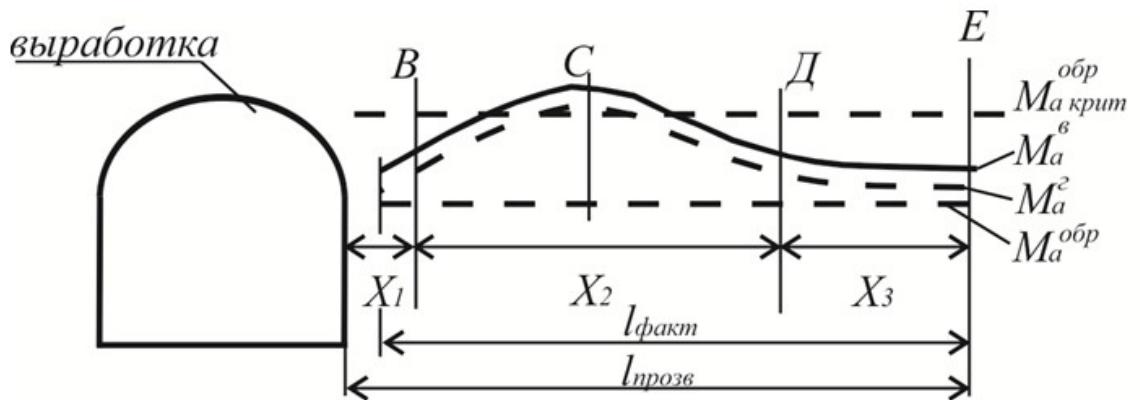


Фиг. 4

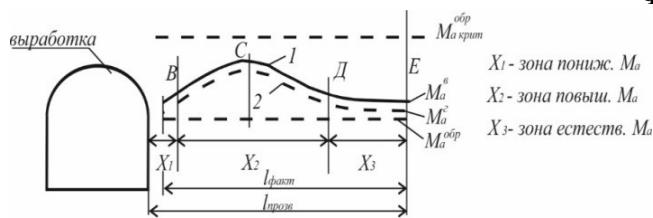
Способ определения и контроля устойчивости породного массива незакрепленной горной выработки



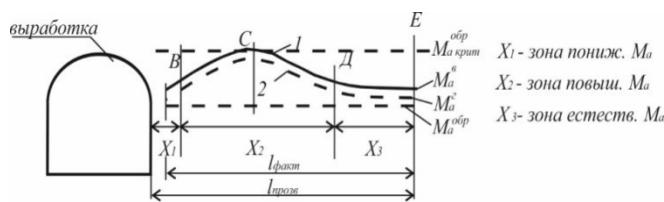
Фиг. 5



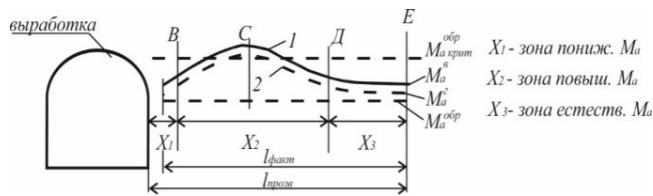
Фиг. 6



Фиг. 7



Фиг.8



Фиг.9

Выпущено отделом подготовки официальных изданий

Государственная служба интеллектуальной собственности и инноваций при Правительстве Кыргызской Республики,  
720021, г. Бишкек, ул. Московская, 62, тел.: (312) 68 08 19, 68 16 41; факс: (312) 68 17 03