

УДК 622.272

**И.И. Кайдо**

## **УПРАВЛЕНИЕ СОСТОЯНИЕМ МАССИВА ПРИ ЗОНАЛЬНОЙ ДЕЗИНТЕГРАЦИИ МАССИВА ВОКРУГ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК**

*Рассмотрено влияние явления зональной дезинтеграции на геомеханические процессы вокруг подготовительных горных выработок. Для анкерного крепления и способов профилактики пучения почвы предложены формулы расчета параметров.*

*Ключевые слова: горная выработка, массив горных пород, зональная дезинтеграция, анкерное крепление, профилактика пучения почвы.*

**I.I. Kaydo**

### **THE MANAGING OF THE ROCK MASS STATE DURING THE ZONAL DESINTEGRATION AROUND THE UNDERGROUND WORKINGS**

*The influence of the zonal disintegration on the geomechanical processes around the preliminary workings is reviewed. The formulas for parameter calculation that allow to build the anchorage and prevent the soil bulking are proposed.*

*Key words: mine working, rock mass, zonal disintegration, anchorage, soil bulking prevention.*

**В** общем геомеханическом процессе деформирования горных пород в поле напряжений вокруг подземной выработки можно выделить следующие этапы. Первый – деформирование массива в зоне непосредственно примыкающей к контуру выработки. Упруго-пластическое деформирование (микродезинтеграция) реализуется таким образом, что форма и неровности контура сглаживаются, и в конечном итоге в массиве формируется близкая к круговой граница этой зоны (рис. 1) [1]. Назовем эту зону первой или ближней зоной дезинтеграции.

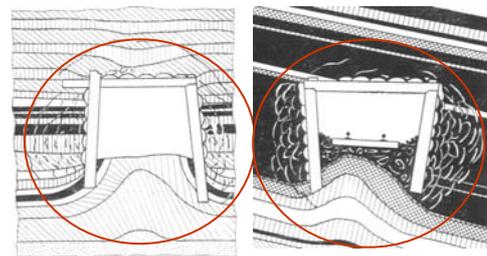
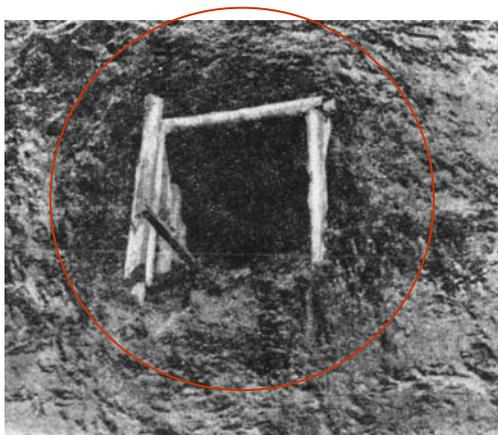
Первая зона дезинтеграции, согласно кластерно-перколяционной модели [2], реализуется в зоне огра-

ниченной периметром выработки и окружностью, описывающей её сечение (рис. 2).

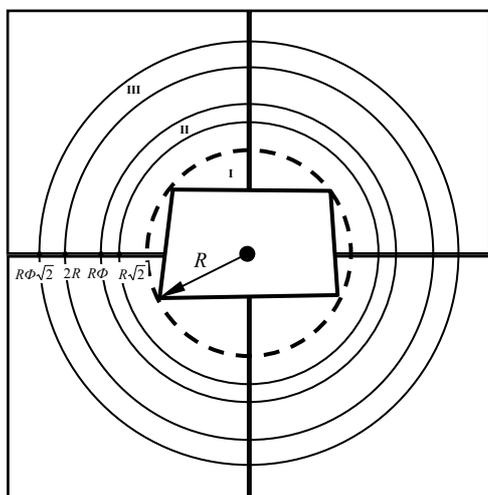
В дальнейшем деформирование и дезинтеграция массива реализуется циклически (рис. 3). Перераспределение радиальных и тангенциальных напряжений формирует зону II концентрации (см. рис. 3. графики 1), локализованную в кольце с внутренним радиусом  $R\sqrt{2}$  и внешним -  $R\Phi$ , в которой реализуется микродезинтеграция, приводящая к релаксации напряжений, что физически подобно образованию выработки кругового сечения радиуса  $R\sqrt{2}$ .

На основании этого с целью выбора параметров анкерного крепления выработок было предложено типизировать процесс образования свода естественного равновесия в зависимости от расположения слабого прослоя в массиве вокруг выработки (рис. 4) [3].

Методика выбора рациональных схем крепления подготовительных выработок анкерами при зональной дезинтеграции предполагает наличие следующих исходных данных: - прочностные показатели всех слоев массива в пределах окружности радиусом не менее пяти радиусов описанной



**Рис. 1. Характер микродезинтеграции в первой зоне вокруг выработки по проф. А.А. Борисову [1]: А - вид зоны в выработке вскрытой в борте разреза; Б, В – примеры вариантов реализации микродезинтеграции**



вокруг выработки окружности;  $\gamma$  - показатель напряженности массива на участке расположения выработки;  $R$  - геометрические параметры проектируемой выработки, с использованием которых производится построение описывающей окружности, расчет параметров напряженно-деформированного состояния и зональной дезинтеграции по критерию  $q = \gamma H / R_{сж}$ , построение схемы формирования свода возможного обрушения, расчет параметров анкерной крепи (рис. 5).

Ключевым параметром сталеполимерной анкерной крепи является длина заделки анкера (рис. 6).

**Рис. 2. Параметры зональной дезинтеграции согласно кластерно-перколяционной модели [2]**

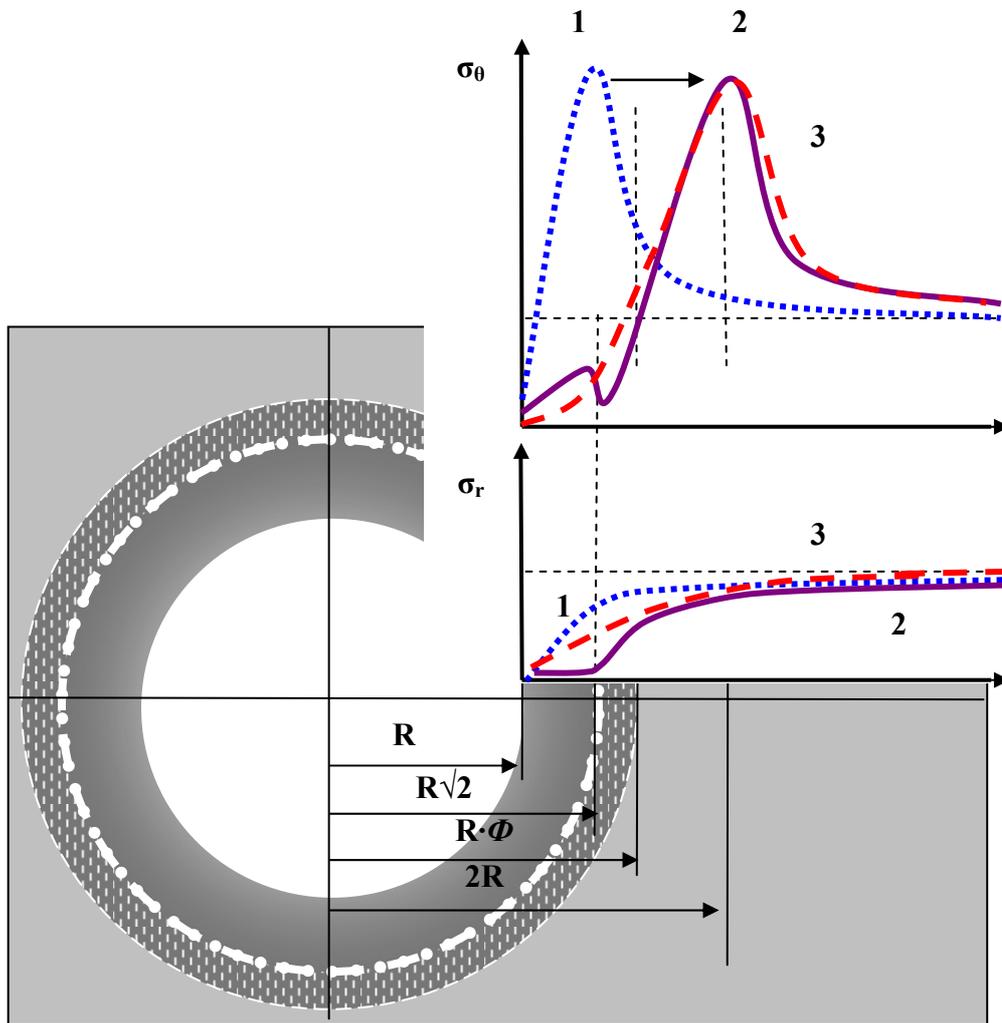
$$l_{зад} = \frac{\gamma \left[ 2(b^2 + h_1^2) \arctg \frac{b}{h_1} - bh_1 \right]}{2\pi r_{ш} \tau_{тр} n}, \quad (1)$$

где  $l_{зад}$  - часть длины стержня, заделанная в пределах второй зоны дезинтеграции;  $\tau_{тр}$  - касательные напряжения, обусловленные силой трения;  $r_{ш}$  - радиус шпура;  $n$  - число анкеров.

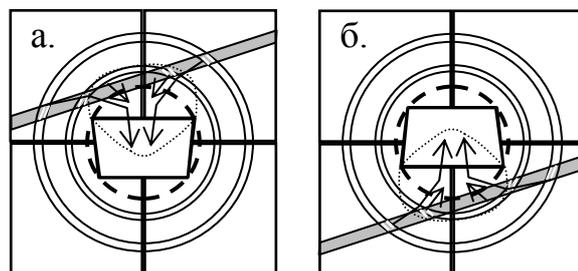
Расчет длины анкера с учетом длины заделки определяется по формуле  $l_a = h + l_{зад}$ , где  $h$  - высота свода возможного обрушения.

Кроме анкерного укрепления дезинтегрированного массива были исследованы активные предупредительные комплексные способы охраны и сохранения подготовительных выработок в условиях интенсивного пучения пород почвы [4, 5], сущность которых заключается в следующем.

При разработке пологих пластов проводят подготовительные выработки 1 и 2 (рис. 6, а, б). Выработка 1 служит конвейерным штреком и



**Рис.3.** Динамика формирования зон дезинтеграции вокруг выработки



**Рис.4.** Типизация зональной дезинтеграции массива вокруг одиночной подготовительной выработки при расположении слабого прослоя

**Рис. 5. Формирования свода при зональной дезинтеграции:** а - разрушение массива над скважиной; б - схема к расчету анкерной крепи



а

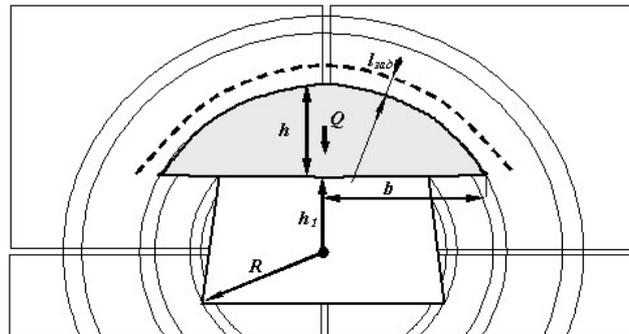
погашается позади очистного забоя, а выработка 2 охраняется целиком и испытывает вредное влияние опорного давления проявляющегося, в частности, в интенсивном пучении. В процессе проходки или перед началом действия опорного давления через борт выработки 2 в пучащий слой пород почвы бурят параллельные скважины большого диаметра 3. В целике между скважинами большого диаметра бурят скважины диаметром 45 мм для размещения в них зарядов ВВ.

Схема реализации способа характеризуется следующими параметрами: длиной и диаметром разгрузочных скважин, их ориентацией относительно породных слоев; размером и ориентацией компенсационной (камуфлетной) полости; физико-механическими свойствами разрушенных взрывом пород.

Основные геометрические параметры способа согласно схеме (рис. б. в) определяются по формулам

$$l_{вв} = \begin{cases} 2r_m, & \text{при } 2r_m > h_n \\ \frac{h_2 + h_1}{\cos(\omega + \alpha)} - 2r_m, & \text{при } 2r_m < h_n \end{cases}, \quad (3)$$

где  $r_m = 9d\gamma_{вв} \sqrt[3]{\frac{q}{\sigma_{сж}}}$  - радиус зоны трещинообразования, м; d - диаметр



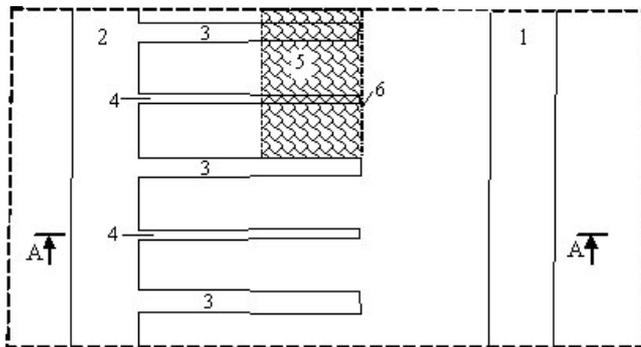
б

заряда, м;  $\gamma_{вв}$  - плотность ВВ, кг;  $\sigma_{сж}$  - предел прочности пород на сжатие, кг/см<sup>2</sup>;  $q = 0,025Pd^2\gamma_{вв}$  - масса 1 м линейного заряда, кг;  $h_n$  - суммарная мощность слоев пород почвы, склонных к пучению, м;  $\omega + \alpha$  - угол наклона скважины к плоскости напластования, град.

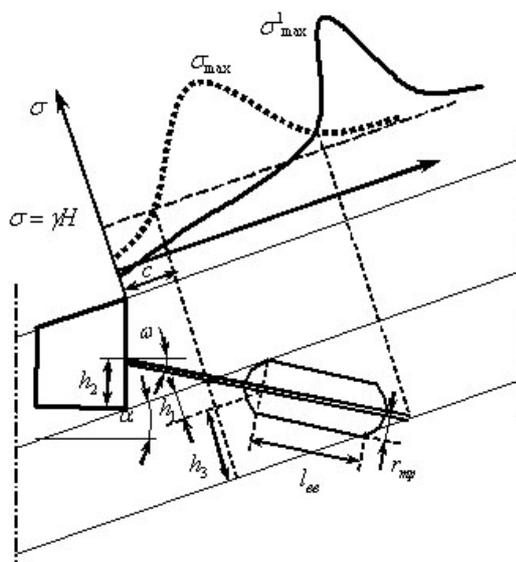
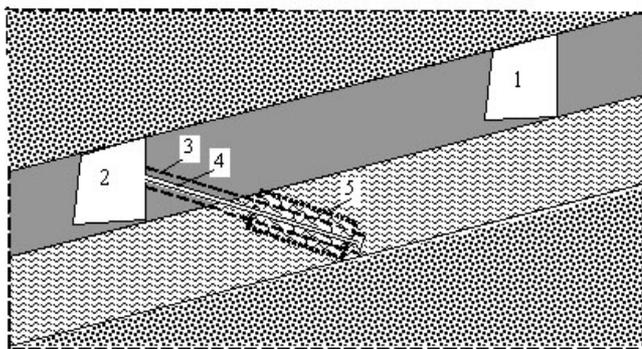
Расстояние между скважинами вычисляется с учетом зональной дезинтеграции по формуле

$$c = DK_u + 2r_{mp}, \quad (4)$$

где  $K_u = (\Phi - \sqrt{2})$  - коэффициент, учитывающий зональную дезинтеграцию



A-A

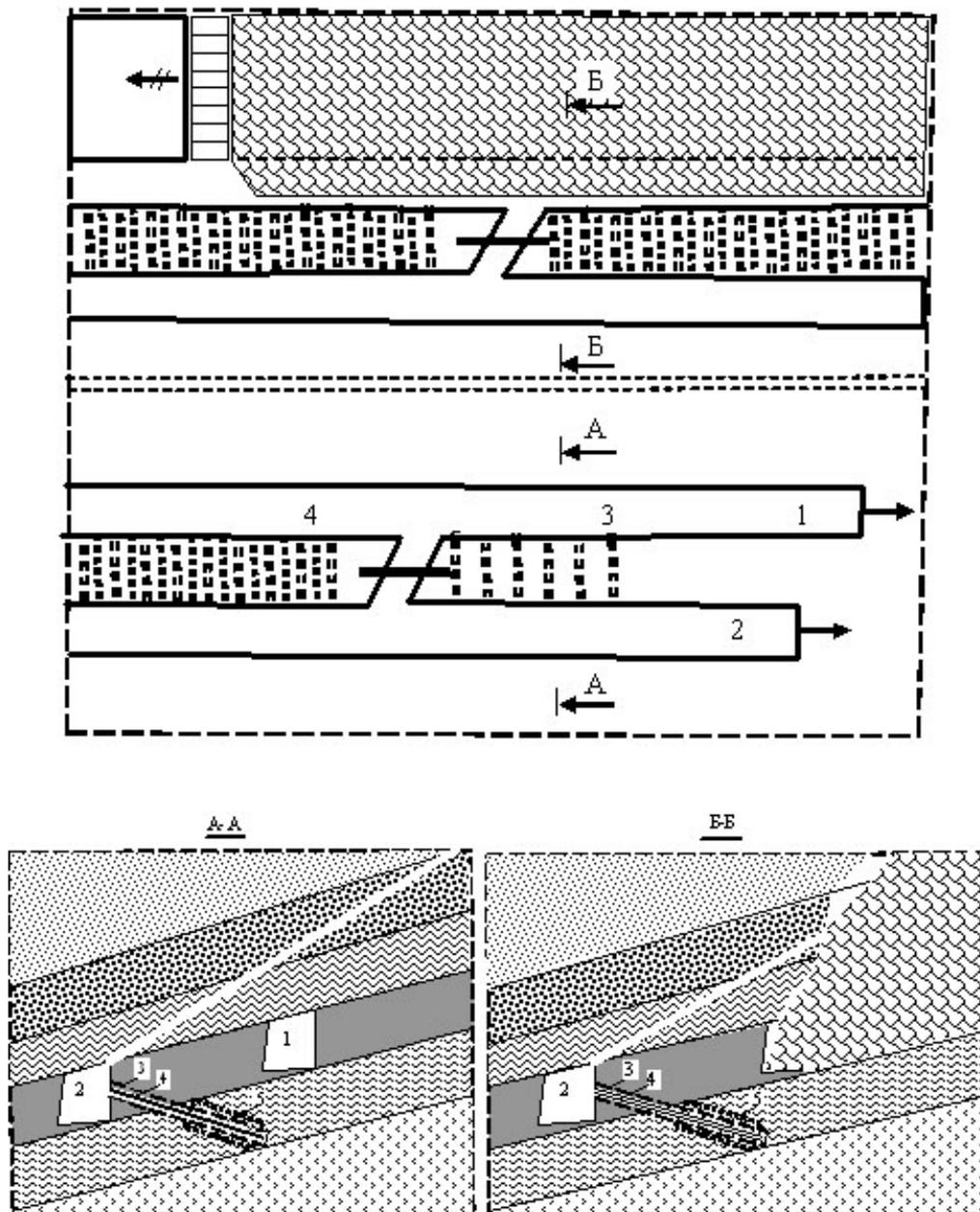


массива,  $\Phi=1,618$  - число золотого отношения;  $D$  - диаметр компенсационной скважины, м.

**Рис.6. Способ профилактики пучения почвы в подготовительной выработке компенсационными скважинами и камуфлетным взрыванием межскважинных целиков**

Взрывание зарядов обеспечивает образование камуфлетной полости и трещинообразование (разрушение) массива целика между скважинами. Разрушенные породы межскважинного целика под действием горного давления заполняют полости разгрузочных скважин и камуфлетные. Для обеспечения подвижности или пластичности пород разрушенных взрывом целесообразно производить увлажнение. Вследствие действия горизонтальных напряжений реализуется перемещение слоев пород почвы, которое компенсируется податливостью породного материала, заполняющего полости. По мере увеличения этих перемещений происходит уплотнение породного материала и его выдавливание в скважины.

В зависимости от ширины охранного целика компенсационная полость располагается следующим образом. Если в целике создается распределение напряжений с одним максимумом в средней его части, то полость располагается под ближайшим к выработке.



**Рис. 7. Комплексное управление состоянием массива вокруг подготовительной выработки с пучащими породами почвы и труднообрушаемыми породами кровли**

При охране выработок узкими щелками (стенками) профилактика пучения осуществляется следующим

образом (рис. 7). Для разгрузки почвы выработки от напряжений, действующих в плоскости напластования,

при проведении выработок 1 и 2 в почве под целиком 3 создают податливый слой 4 бурением разгрузочных скважин большого диаметра.

Целик между скважинами разрушается горным давлением или ослабляется камуфлетными взрывами зарядов в скважинах аналогично описанному выше. Создание податливого слоя производят вне зоны технологических операций. Выработки 1 и 2 крепят металлическими податливыми рамами. Бока целика поддерживают с помощью гибких подхватов, закрепленных анкерами. Для предотвращения высоких нагрузок на целик при отработке пластов с труднообрушаемыми породами кровли целесообразно производить ее микроторпедирование. Таким образом, обеспечивают безопасное поддержание выработок и предотвращение пучения до погашения конвейерного штрека 1 при отработке первой лавы. После чего под действием шорного давления целик сжимает податливый слой и истощает его податливость. Начинается разрушение целика. Для сохранения несущей способности целика после его разрушения используются гибкие полосы, закрепленные на анкерах, которые удерживают разрушенный массив целика в компактном состоянии, аналогичном плотноуложенной бутовой полосе.

Поскольку податливость целика в таком состоянии значительно выше податливости пласта, то максимум опорного давления перемещается на массив.

Основные параметры этого способа могут быть определены на основании методических принципов, изложенных выше. Параметры анкерного крепления и микроторпедирования определяются по известным инструкциям.

Вариантом способа является создание податливого слоя с помощью камуфлетных взрывов (рис. 7). В этом случае для разгрузки почвы выработки от напряжений, действующих по напластованию пород при проведении выработок 1 и 2 с оставлением между ними угольного целика малых размеров 3, в почве под ним посредством камуфлетного взрывания создают податливый слой 4 при одновременном микроторпедировании основной кровли. Операции по созданию податливого слоя и микроторпедированию основной кровли производят вне зоны технологических операций проходки.

Выработки 1 и 2 крепят металлическими податливыми рамами. Бока целика поддерживают с помощью металлических гибких подхватов 8, закрепленных на анкерах 6 и 7.

Наклонный податливый слой 4 располагают под целиком 3 и с помощью его создают разгрузку от напряжений, действующих по напластованию с слое почвы, мощность которого принимается не менее половины ширины выработки 2, что соответствует глубине распространения пучения в почве выработки.

Таким образом, обеспечивается поддержание выработок 1 и 2 при предотвращении пучения в них до подхода очистных работ, после отработки вышележащей лавы и погашения выработки 1 под действием опорного давления целик 3 истощает податливость слоя 4 и начинает разрушаться во всем объеме. В результате образуется плотно уложенная бутовая полоса из угля, несущая способность которой обеспечивает поддержание кровли выработки 2, вместе с тем за счет ее податливости максимум опорного давления перемещается на массив угля, т.е. обеспечивается поддержание выработки 2 в

работоспособном состоянии в течение всего срока ее службы.

При использовании узкого целика эпюра нагрузок имеет параболический вид с одним ярко выраженным максимумом, причем экспериментально установлено для аналогичных наших условий, что в поперечном сечении нагружение целика происходит симметрично его оси. При узком целике камуфлетный заряд целесообразно закладывать под центральной частью целика.

Мероприятия по профилактике пучения пород почвы охраняемой выработки должны обеспечивать эффективное воздействие на процессы, протекающие вокруг выработки, с целью исключения пучения почвы или снижения его интенсивности в пределах, допускающих эксплуатацию выработки с минимальными затратами на ремонтные работы в течение всего срока ее службы. Эффективность проводимых мероприятий зависит от многих факторов. Так, работоспособность податливого слоя, образованного с помощью камуфлетного взрыва, зависит от:

- месторасположения полости относительно охраняемой выработки;
- время заложения полости или интервала отставания участка, на котором проводятся мероприятия, от проходческого забоя;
- параметров заложения полости.

Влияние первого фактора было рассмотрено выше, к чему можно добавить, что перенос места взрывания камуфлетного заряда за пределы контура выработки позволит избавиться от сопровождающего взрыв разрыхления вышележащих пород, которое при проведении взрывания непосредственно под выработкой приводит к уменьшению сечения охраняемой выработки.

Кроме того, наблюдаемое в месте разрушения слоев пород первоочередное поднятие почвы после закрытия камуфлетной полости, перенесенное за пределы выработки, позволит увеличить период действия проводимых мероприятий.

Влияние второго фактора на эффективность проводимого мероприятия будет сказываться в зависимости от того будут ли компенсированы смещение пород почвы, вызванные перераспределением напряжений и связанные с проходческими работами. Очевидно, что чем раньше в слое пород, склонных к пучению, будет образована камуфлетная полость, тем полнее будут учтены смещения пород, параллельные напластованию. В технологической схеме подготовки и отработки выемочного участка влияние времени заложения полости может быть учтено при соблюдении следующего параметра - интервала отставания участка взрывания камуфлетных зарядов от проходческого забоя. Минимальный, требуемый по фактору горного давления, интервал ограничивается в любом забое участком выработки, на котором размещаются проходческие техника, механизмы, запас крепёжных материалов. Размеры этого участка колеблются в некоторых пределах и составляют 20-25 м выработки от забоя.

Таким образом, управление состоянием массива в условиях проявления зональной дезинтеграции имеет следующую специфику. В массиве формируются зоны пониженной прочности, геометрические параметры которых целесообразно учитывать при определении параметров анкерного крепления, а также активных способов воздействия на процесс пучения пород почвы.

---

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов А.А. Механика горных пород и массивов. М., Недра. 1980.-360 с.
2. Кайдо И.И. О природе явления зональной дезинтеграции горных пород вокруг подземных выработок (гипотеза). МГТУ.-ГИАБ.-2009. - №1. -С. 16-21.
3. Атрушкевич О.А., Кайдо И.И., Гарипова С.М. Топоров С.П. Геомеханическое обоснование применения анкерной крепи // Перспективы развития горнодобывающей промышленности: Тезисы докладов IV Международной научно-практической конференции. - Новокузнецк, СибГТМА. 1997.- С. 106-108 .
4. Способ охраны пластовой выработки. - А.с. № 1684511, опубл. Б.И. № 38 от 15.10.91. // Никишичев Б.Г., Лавров СИ., Кайдо И.И., Соловьев А.С.
5. Способ охраны подготовительных выработок.- а.с. № 1751347, опубл. Б.И. № 28 от 30.07.92.// Кайдо И.И., Нацаренус П.А., Соловьев А.С., Бухтояров В.П. **ПАТ**

---

### Коротко об авторе

Кайдо И.И. – кандидат технических наук, горный инженер-физик, доцент кафедры ПРГПМ, Московский государственный горный университет, priem@msmu.ru



---

## РУКОПИСИ,

### ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА

Ефремова Е.И. Определение прибыли и оптимизация учетных показателей в условиях рынка (710/09-09 от 18.06.09) 16 с.

Проанализированы высказывания данные экономистами в области определения прибыли как источника дохода. Исследована структура прибыли ее бухгалтерское и экономическое понимание. Проведено сравнение учетной политики составленной в соответствии с МСФО и российским ПБУ 1/2008 «Учетная политика организации». Приведена схема формирования прибыли в российском бухгалтерском учете и согласно МСФО, а также проиллюстрирована процедура исчисления прибыли в налоговом учете.

In the article utterances are analysed information in area of determine it was arrived by economists as a source of profit. Issledovania structura arrived I book-keeping and economic understanding/ Comparison of registration policy is conducted made in accordance with MSFO and Russian PBU 1/2008 the «Registra policy of organization». A forming chart is resulted arrived in the Russian record-keeping and concordantly MSFO, and also procedure of calculation is illustrated a in the fiscal accounting.