

П.Ю. Терентьев, Н.П. Немчин

**ПРИМЕНЕНИЕ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ
ДЛЯ РАСЧЕТА ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ
В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ ВЫРАБОТКАХ
ПРИ НАЛИЧИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ
ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Приведено решение задачи о горном давлении, учитывающее проведение буровзрывных работ в горизонтальных выработках при наличии запредельной зоны. Это решение получено на основе известных экспериментальных зависимостей модуля упругости и предела прочности на сжатие от расстояния до центра выработки. Предложен алгоритм решения задачи о горном давлении явным методом конечных разностей в горизонтальных горных выработках с учетом снижения механических характеристик массива после буровзрывных работ при наличии запредельной зоны. Предложен полуэмпирический метод определения максимального и минимального давления на крепь, а также определения параметров крепи. Обосновано введение полуэмпирических коэффициентов, которые используются в полученном полуэмпирическом методе. Получены значения этих коэффициентов для неглубоких горизонтов на примере условий ОАО «Ново-Широкинский рудник». Предложена гипотеза о том, что упрочнение выработки после образования запредельной зоны приводит к упругой разгрузке массива. Решена задача о горном давлении, в случае упрочнения пород вблизи контура выработки, на основании этой гипотезы. Для оценки эффективности проведения упрочнения выработки предложен коэффициент запаса прочности пород вблизи контура выработки.

Ключевые слова: горное давление, запредельная зона, горизонтальная выработка, цементация, искусственное упрочнение массива, программа для ЭВМ, явный метод конечных разностей.

Технологические воздействия (буровзрывные работы, искусственное упрочнение приконтурного массива после проведения выработки и т.д.) учтены в постановках задач в отсутствии запредельной зоны, что снижает общность решения задач о горном давлении. В неустойчивых горных породах эта зона образуется. Поэтому целесообразно для таких условий получить возможность расчета горного давления и параметров крепей выработок при наличии технологических воздействий.

В работах авторов: А.М. Алимжанова, Б.А. Картозии, А.Н. Шашенко, А.Н. Ставрогина, А.Г. Протосени, Н.С. Булычева, Ж.С. Ержанова, А.В. Солодянкина, Н.П. Немчина, Е.А. Сдвижковой, С.Н. Гапеева, В.А. Дрибана, И.М. Петухова, А.М. Линькова и др., приведены аналитические и численные решения задачи о горном давлении с несколькими зонами деформирования, но ничего не говорится о технологических воздействиях (буровзрывные работы, искусственное упрочнение приконтурного массива после проведения выработки).

В книгах [1, 2] приводится аналитическое решение задачи о горном давлении с учетом технологических воздействий. Но это решение не учитывает наличие запредельной зоны деформирования.

Учет различного вида технологических воздействий, наличие в расчетной схеме запредельной зоны и применение полуэмпирического метода позволит оценить давление на крепь в неустойчивых породах горизонтальных одиночных выработок при наличии запредельной зоны.

Запредельная зона или неупругая зона деформаций может возникать в массиве горных пород вследствие изменения напряженного состояния при проходке выработки.

Для решения задачи о горном давлении в наших работах используется расчетная схема, приведенная на рис. 1 и рис. 2. Гладкие кривые на рис. 1 и рис. 2, получены экспериментальным путем из испытаний на жестком прессе образцов горных пород А.Н. Ставрогиным. В монографии А.Н. Шашенко [3] приведена такая же схема, и отмечается, что она соответствует современному представлению о структуре запредельной зоны. В зависимости от аппроксимации кривых на рис. 1 различаются модели деформирования выработки различных авторов. Мелким пунктиром на рис. 1 обозначена наша аппроксимация экспериментальных кривых.

В соответствии с этой аппроксимацией по рис. 1 и рис. 2 выделяются следующие области: I – упругая зона, II – зона постепенного уменьшения прочности и постепенного увеличения разрыхления, III – зона предельного разрушения при $\sigma_{ост} = \sigma_{пр}$ ($\sigma_{пр}$ – значение предела прочности, после предельного разрушения массива), IV – Зона предельного разрыхления при $\theta = \theta_{пр}$.

На рис. 1 и рис. 2 приняты следующие обозначения: r_p – внешний радиус полностью разрушенной зоны; r_k – внешний радиус предельно разрыхленной зоны; q – давление, которое действует на бесконечности; r^* – радиус границы упругой и неупругой зон; предельно разрыхленной зоны; p – отпор крепи, который действует на контуре выработки; k_t – количество точек в неупругой зоне.

Определение напряженно-деформированного состояния массива для слабых пород в горизонтальных выработках, проведенных буровзрывным способом

Для учета неоднородности возникающей после проведения буровзрывных работ использовались известные зависимости для модуля упругости и предела прочности на сжатия от радиуса приведенные в книге В.И. Баглашова [2].

Радиальные напряжения и перемещения на границе упругой и неупругой

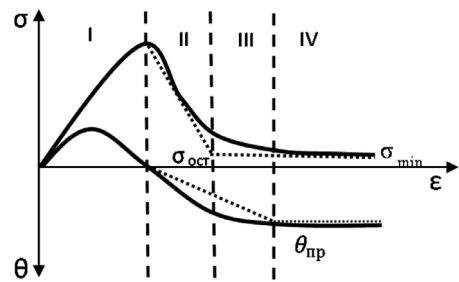


Рис. 1. Диаграммы напряжение – деформации – объемное расширение и их аппроксимация

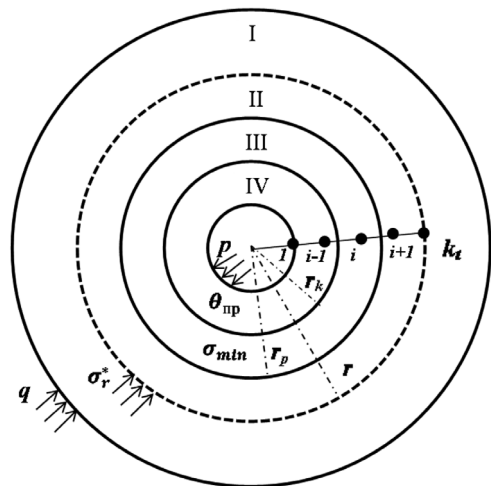


Рис. 2. Схема неупругих зон

гой зон получаем, используя решение, приведенное в работах И.В. Баклашова [1] для случая существования только упругой зоны. Эти уравнения можно дополнить, исходя из непрерывности напряжений на рассматриваемой границе, условием прочности. В итоге получим следующую систему уравнений для границы упругой и неупругой зон:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_r^* + (p - q)C_1 = -q, \quad C_1 = \frac{n + 2 - 2a(r^* / r_a)^{-n}}{n + 2 - 2a} \frac{1}{(r^* / r_a)^2}, \\ \sigma_\theta^* - (p - q)C_2 = -q, \quad C_2 = \frac{n + 2 - 2a(n + 1)(r^* / r_a)^{-n}}{n + 2 - 2a} \frac{1}{(r^* / r_a)^2}, \\ u^* - \frac{3}{2} \frac{p - q}{E} C_3 = 0, \quad C_3 = \frac{n + 2}{n + 2 - 2a} \frac{1}{(r^* / r_a)^2} r_a, \\ \sigma_\theta^* - \beta \sigma_{сж}^* = -\sigma^* (r_{сж}^*), \quad \sigma^* (r_{сж}^*) = \sigma^M \left(1 - b \left(\frac{r^*}{r_a} \right)^{-k} \right). \end{array} \right. \quad (1)$$

где r_a – радиус выработки; q – давление на глубине заложения выработки до ее проведения; p – давление на контуре выработки, при котором в упругом решении, при r^* (радиус границы упругой и неупругой зон), будет выполняться условие прочности; a, n, b, k – параметры, определяемые через характеристики буровзрывных работ; $\sigma_{сж}^*(r^*)$ – предел прочности на одноосное сжатие на границе упругой и запредельной зон, с учетом влияния буровзрывных работ; $\sigma_{сж}^M$ – предел прочности структурно ослабленного массива после стабилизации давления на крепь, определяется по формуле:

$$\sigma_{сж}^M = K_o K_d \sigma_{сж}^n, \quad (2)$$

где $\sigma_{сж}^n$ – лабораторный предел прочности на сжатие; K_o – коэффициент структурного ослабления массива; K_d – коэффициент длительной прочности.

В системе уравнений (1) и далее по тексту величины со звездочкой в верхнем или нижнем индексе взяты для границы упругой и неупругой зон.

В системе уравнений (1) неизвестными являются:

$$x_1 = p - q, \quad x_2 = \sigma_r^*, \quad x_3 = \sigma_\theta^*, \quad x_4 = u^*.$$

Значение $(p - q)$ из решения системы (1) можно использовать для того чтобы получить решения для всей упругой области.

Зная σ_r^* и u^* , которые будут являться граничными условиями для запредельной зоны, которые получаются из решения системы уравнений (1) можно задачу определения напряженно-деформированного состояния в запредельной зоне, при заданном значении радиуса r^* , решить явным методом конечных разностей. Этот метод, в котором все неизвестные в точке r_{i-1} определяются через их известные значения в точке r_i . Для этого разобьем радиальную координату точками i так, что

$$r_i = r_a + (r^* - r_a) \frac{i - 1}{k_t - 1}, \quad i = 1, 2, \dots, k_t. \quad (3)$$

Решение начинается с точки лежащей на границе упругой и неупругой зон, где известны σ_r^* и u^* . Для перехода к следующей точке необходимо знать производные $\frac{du}{dr}$ и $\frac{d\sigma_r}{dr}$. Такая же ситуация будет возникать и для всех последующих точек. Для этого определим производные $\frac{du}{dr}$ и $\frac{d\sigma_r}{dr}$ через решение определяющей системы уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sigma_{сж}^{\sigma}(r) = \sigma_m \left(1 - b \left(\frac{r}{r_a} \right)^{-k} \right) \\ \frac{d\sigma_r}{dr} - \frac{\sigma_{\theta}}{r} = -\frac{\sigma_r}{r} + \gamma \sin \Omega \\ \theta - \alpha_0 \frac{du}{dr} = -(\alpha_0 \frac{u}{r} - \alpha_0 \frac{\tau_m^*}{G}) \\ \sigma_{\theta} + \sigma_{ост} = \beta \sigma_r \\ \theta - \frac{du}{dr} = \frac{u}{r} \\ \sigma_{ост} + T\theta = \sigma_{сж}^{\sigma}(r) \end{array} \right. \quad (4)$$

где $\beta = \frac{1 + \alpha}{1 - \alpha}$, $\alpha = \sin \varphi$,

φ – угол внутреннего трения, входящий в условие прочности; $\sigma_{ост}$ – остаточная порочность в запредельной области; T – параметр, характеризующий разупрочнение пород в запредельной зоне, зависящий от модуля спада и угла внутреннего трения.

Для того, чтобы учесть наличие зоны предельного разрушения будем использовать следующее условие для каждой i -ой точки:

$$\text{если } \sigma_{ост} \leq \sigma_{min}, \text{ то } \sigma_{ост} = \sigma_{min}. \quad (5)$$

где σ_{min} – минимальное значение прочности массива.

Для того чтобы учесть наличие зоны предельного разрыхления будем использовать следующее условие i -ой точки:

$$\text{если } \theta \geq \theta_{пр}, \text{ то } \theta = \theta_{пр}. \quad (6)$$

где $\theta_{пр}$ – предельная остаточная прочность.

Неизвестными будем считать:

$$x_1 = \frac{d\sigma_r}{dr}, x_2 = \theta, x_3 = \sigma_{ост}, x_4 = \sigma_{\theta}, x_5 = \frac{du}{dr}.$$

Учет буровзрывных работ происходит при вычислении σ_r^* и u^* с помощью системы уравнений (1). Также учет буровзрывных работ происходит при вычислении $\sigma_{сж}^{\sigma}(r)$.

Если параметры буровзрывных работ из системы уравнений, положить равными нулю, то результаты расчета будут совпадать с решением, приведенным в работах Н.П. Немчина [4], что подтверждает достоверность полученного решения задачи горного давления.

Оценка давления на крепь с помощью программы для ЭВМ

На основе разработанного метода решения задачи горного давления с учетом проведения буровзрывных работ и наличием запредельной зоны была создана программа для ЭВМ [5, 6]. В этих программах использовались следующие полуэмпирические коэффициенты. Коэффициент перегрузки (K_p) и значение перемещения, при котором крепь вступает в работу (U_a^*) определяются не эмпирическим путем, непосредственно, а подбираются в результате сравнения расчетных параметров с натурными наблюдениями.

При расчетах использовались различные значения коэффициента перегрузки, влияющего на увеличение естественного давления в массиве пород. Использование коэффициента перегрузки связано со следующими факторами: 1) с неточностью в определении естественного давления; 2) с отклонением принимаемой математической модели от реальной; 3) с ориентировочным характером некоторых параметров.

Наибольшее перемещение, при котором крепь полностью вступает в работу (U_a^*) зависит от качества и физико – механических свойств закладки, способа проведения выработки, естественного давления, податливости крепи и др. При этом перемещении отпор крепи становится достаточным для прекращения увеличения запредельной зоны.

На основании расчетов определяются значения возможного максимального (P_{\max}) и минимального (P_{\min}) давлений на крепь со стороны кровли. Методики расчета приведены в [10].

Для условий ОАО «Ново-Широкинский рудник» определены: $U_a^* = 10$ см; коэффициент перегрузки, значение которого лежит между 1,8 и 2,0, что подтверждается результатами расчетов.

Сравнение результатов расчета и натурных наблюдений для выработок ОАО «Ново-Широкинский рудник» приведено в табл. 1. Данные для выработок ОАО «Ново-Широкинский рудник» взяты из [7].

Результаты применены к прогнозу проектируемой выработки (выработка № 16 из табл. 1), они показывают, что крепь будет разрушена.

Для выработки № 13 есть расхождение между натурными наблюдениями состояния крепи и результатами расчета. Несущая способность крепи в выработке № 13 очень большая, несмотря на это крепь разрушена. Объясняется это тем, что в породе, где была пройдена выработка, есть большие трещины, которые были заполнены многолетними мерзлыми песчаниками. Эта порода в течение длительного времени таяла и к тому же выработка сильно обводнена. В результате этого крепь допускала большие перемещения контура выработки, а образовавшиеся вывалы происходили в условиях близких к свободному падению. Напор воды создавал дополнительное давление на крепь. Поэтому расчеты такой крепи должны вестись при других параметрах, так коэффициент динамичности может быть на порядок больше.

Искусственное упрочнение приконтурного массива горизонтальной выработки

После проведения выработки в нарушенном горными работами массиве для предотвращения последующего разрушения или создания благоприятной ситуации для разработки используются различные технологии искусственного упрочнения массива. Например, упрочнение горных пород полимерными материалами, цементом или другими инъекционными составами.

При искусственном упрочнении в массиве бурят по радиусу на определенном расстоянии скважины глубиной от 1,5 до 2 м. Расстояние между скважинами зависит от конкретных параметров трещин в массиве. Затем в шпур вводят иньектор с герметизатором, плотно прилегающий к стенкам шпура. После этого производят нагнетание иньекционного состава (например, цемента), под большим давлением (до 10 МПа и выше) чтобы он заполнил максимальное количество трещин. После упрочнения массива, если устанавливалась временная крепь, ее можно убирать. Момент упрочнения пород выбирают в зависимости от трещиноватости пород вокруг контура выработки.

Используя значение глубины скважины и радиуса выработки можно определить радиус упрочнения, значение которого определяется по формуле:

$$r_{\text{ц}} = r_{\text{а}} + h, \quad (9)$$

где $r_{\text{а}}$ – радиус выработки, в метрах; h – глубина скважины, используемой для нагнетания раствора.

Для решения задачи используем зависимость от радиуса предела прочности на сжатие и модуля упругости приведенных в работах И.В. Баклашова [1, 2].

При искусственном упрочнении пород решение задачи о горном давлении производится нами в два этапа. На первом этапе выработка уже проведена, образуется зона запредельных деформаций. На втором этапе мы считаем, что после упрочнения происходит разгрузка массива, в процессе которой приращения деформаций считаются упругими. Запредельная зона вблизи контура выработки на втором этапе будет отсутствовать вследствие проведения упрочнения пород, то есть застывания введенного раствора в разупрочненном массиве.

Для первого этапа решения задачи получено в первой части статьи.

Для описания перехода от конечного напряженного состояния первого этапа, к конечному состоянию после искусственного упрочнения выработки будем использовать подход, подобный тому, что изложен в работах Н.П. Немчина и С.В. Ветрова [8].

Предлагается для описания разгрузки массива следующая система уравнений:

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta \varepsilon_r = \frac{\partial u}{\partial r}, \\ \Delta \varepsilon_{\theta} = \frac{u}{r}, \\ \Delta \varepsilon_{\theta} = \frac{1}{E(r)} [\sigma_{\theta} - \sigma_{\theta}^1 - \mu (\sigma_r - \sigma_r^1)], \\ \Delta \varepsilon_r = \frac{1}{E(r)} [\sigma_r - \sigma_r^1 - \mu (\sigma_{\theta} - \sigma_{\theta}^1)], \\ \frac{\partial \sigma_r}{\partial r} = [-\sigma_r + \sigma_{\theta}] \frac{1}{r} \end{array} \right. \quad (10)$$

где $\sigma_r^1, \sigma_{\theta}^1$ – значение радиальных и касательных напряжений до проведения упрочнения массива (Первый этап); $\sigma_r, \sigma_{\theta}$ – значение радиальных и касательных напряжений после проведения упрочнения массива (Второй этап); $\Delta \varepsilon_{\theta}, \Delta \varepsilon_r$ – приращения деформаций в процессе разгрузки после цементации; u – приращения перемещений, на втором этапе в процессе разгрузки после цементации.

Таблица 1

Сравнение результатов расчета и натурных наблюдений для выработок ОАО «Ново-Широкинский рудник»

№	Наименование выработок	Коэф-т пере-грузки	R _{min} , кПа	R _{max} , кПа	R _n , кПа	Неупругая зона (расчет)	Состояние крепи (реальное)	Состояние крепи (расчет)	Примечание
1	Гор. 933, штольня	1,8	0	0	140	не образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
2	1-й гор. 850	1,8	0	23,63	114	не образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
3	2-й гор. 800	1,8	17,4	24,82	113	образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
4	3-й гор. 750	1,8	65,1	80,71	110	образуется	не разрушена	не разрушена	
		2,1							
5	1-й гор. 850, Руд. двор	1,8	0	0	252	не образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
6	2-х путевой Квершлаг	1,8	3,8	29,23	110	образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
7	Околоствол. Двор	1,8	15,2	34,20	252	образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
8	Гор. 800. Венг. квершлаг ВШТ	1,8	23,8	30,70	113	образуется	не разрушена	не разрушена	конструкция крепи не экономична
		2,1							
9	3-й гор. 750, Руд. двор	1,8	145,2	258,7	252	образуется	не разрушена	может быть разрушение не разрушена	разрушение крепи маловероятно
		2,1							

10	Квершлаг № 1, гор. 750	1,8	129,6	166,9	100	образуется	разрушена	разрушена	
		2,1	138,6	159,7					
11	Трансп. квершлаг (вост.)	1,8	116,7	157,1	100	образуется	разрушена	разрушена	
		2,1	126,1	145,9					
Подготовительные выработки									
12	1-й гор. 850. Штрек 5 горудного тела	1,8	20,2	83,94	25,2	образуется	разрушена	может быть разрушение разрушена	крепь близка к разрушению
		2,1	26,1	80,5					
13.	Гор. 980. штольня. Коч- ковское месторождение	1,8	37,3	114,5	920	образуется	крепь разру- шена	не разрушена	
		2,1	39,7	110,9					
14	2-й гор. 800. штрек, коль- цевой 7-го рудного тела	1,8	39,2	84,01	25,5	образуется	разрушена	разрушена	
		2,1	41,6	81,2					
15	Камера ЦПП	1,8	55,6	96,2	252	образуется	не разрушена	не разрушена	крепь не экономична
		2,1	60,5	92,2					
Строящиеся выработки									
16	4-й гор. 670 (в проекте)	1,8	137,6	184,1	110	образуется	в проекте	будет разруше- ние	
		2,1	151,1	174,5					

Окончательные видимые перемещения получаются сложением приращений перемещений первого этапа и приращений перемещений, полученных из решения второго этапа.

Использовались следующие граничные условия:

$$\sigma_r^a = 0, \quad \sigma_r^b = -q, \quad (11)$$

где σ_r^a – значение радиальных напряжений на контуре выработки; σ_r^b – значение радиальных напряжений на удаленном расстоянии r_b от центра выработки. Система уравнений (10) решалась вариантом явного метода МКР, в постановке Н.П. Немчина и С.В. Ветрова [8] для неоднородных осесимметричных краевых задач.

Для оценки эффективности проведения упрочнения выработки введем коэффициент запаса прочности пород вблизи контура выработки k . Для его определения будем использовать уравнение предельной поверхности из [9]. Используя значение радиуса предельного круга Мора, и значения соответствующее реальному состоянию τ_m , получим значение коэффициента запаса по прочности пород вблизи контура выработки, вычисляемый по следующей формуле:

$$k = \frac{\tau_m^*}{\tau_m}, \quad (12)$$

где τ_m^* – радиус предельного круга Мора; τ_m – радиус круга Мора соответствующий реальному состоянию.

Для упругого состояния пород значение k на контуре выработке должно быть больше единицы, на удалении от выработки его значение может быть немного меньше единицы. Для устойчивого состояния выработки значение k близкие к единицы должны быть удалены от контура выработки на расстоянии порядка $0,5r_a$.

Основные результаты и выводы заключаются в следующем:

- Получено решение задачи о горном давлении в горизонтальных выработках (для упругой и запредельной областей) с учетом буровзрывных работ. На основе этого решения разработаны программы для ЭВМ [5, 6].

- Предложен полуэмпирический метод определения максимального и минимального давления на крепь, а также определения параметров крепи. Этот метод успешно апробирован на данных конкретного месторождения. Предложенный метод может применяться также для других месторождений при условии проведения соответствующих натуральных наблюдений и экспериментов.

- Определены параметры полуэмпирического метода для условий выработок ОАО «Ново-Широкинский рудник».

- Разработана гипотеза о том, что упрочнение выработки после образования запредельной зоны приводит к упругой разгрузке массива. Решена задача о горном давлении, в случае упрочнения пород вблизи контура выработки, на основании этой гипотезы. Предложен коэффициент запаса по прочности пород вблизи контура выработки после проведения упрочнения. На основе этого решения разработана программа для ЭВМ [11].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баклашов И.В., Картозия Б.А, Шашенко А.Н., Борисов В.Н. Геомеханика. Геомеханические процессы. Т. 2. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 249 с.
2. Баклашов И.В. Геомеханика. Геомеханические процессы. Т. 1. – М.: Изд-во МГТУ, 2004. – 249 с.

3. Шашенко А.Н., Сдвижкова Е.А., Гапеев С.Н. Деформованість та міцність масивів гірських порід: Монографія. – Донецьк: Національний гірничий університет, 2008. – 224 с.
4. Немчин Н.П. Решение осесимметричной задачи горного давления с несколькими неупругими зонами методом конечных разностей // Известия вузов. Горный журнал – 2010. – № 1.
5. Немчин Н.П., Терентьев П.Ю. Горное давление в одиночных горизонтальных выработках-З.: программа для ЭВМ, свидетельство о государственной регистрации № 2012616033. Правообладатель ФГБОУ ВПО ЗабГУ. Зарегистрирована 2 июля 2012 года в реестре программ для ЭВМ Федеральной службы по интеллектуальной собственности.
6. Немчин Н.П., Ветров С.В., Терентьев П.Ю. Горное давление в одиночных горизонтальных выработках-Зи. Программа для ЭВМ: Свидетельство о гос. регистрации № 2013618582.
7. Немчин Н.П., Жувак А.С. Геомеханическая характеристика капитальных и подготовительных выработок ОАО Ново-Широкинского рудника как основа для тестирования методов расчета давления на крепь // Вестник Читинского государственного университета. Приложение: Аспирант: труды молодых ученых, аспирантов и студентов. – 2011. – № 2(10). – С. 106–114.
8. Немчин Н.П., Ветров С.В. Метод учета истории нагружения в решении задач упругости для одиночных горизонтальных выработок, проведенных буровзрывным способом // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 6 – С. 39–47.
9. Немчин Н.П. Применение нелинейного программирования в технике и геомеханике. – Чита: ЧитГУ, 2009. – 202 с.
10. Немчин Н.П., Терентьев П.Ю. Оценка давления на крепь с помощью программы для ЭВМ «Горное давление в одиночных горизонтальных выработках-З» // Вестник ЗабГУ. – 2013. – № 1 – С. 32–38.
11. Немчин Н.П., Терентьев П.Ю., Ветров С.В. Искусственное упрочнение после проведения одиночной горизонтальной выработки. Программа для ЭВМ. Свидетельство о гос. регистрации № 2014660099, 2014 г. **ПАТ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Немчин Николай Павлович – кандидат технических наук, доцент,
e-mail: nemchin_np@mail.ru,
Терентьев Павел Юрьевич – аспирант, e-mail: stalkertok@gmail.com.
Забайкальский государственный университет.

UDC 622.02

APPLICATION OF NUMERICAL METHODS TO CALCULATE THE ROCK PRESSURE IN THE HORIZONTAL EXCAVATIONS IN THE PRESENCE OF TECHNOLOGICAL INFLUENCES

Nemchin N.P.¹, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,
e-mail: nemchin_np@mail.ru,
Terentyev P.Yu.¹, Graduate Student, e-mail: stalkertok@gmail.com,
¹ Transbaikal State University, 672039, Chita, Russia.

The solution of the problem on rock pressure taking into account drilling-and-blasting works and an inelastic zone is provided in horizontal excavations. The solution of the problem is received on the basis of known experimental dependences of an elastic modulus and ultimate strength on radius. The algorithm of the solution of this problem is offered by finite differences method. The semi-empirical method of determination of the maximal and minimum pressure on the mine support is offered and determination of parameters mine support. Introduction of semi-empirical coefficients in this method is proved. Values of these coefficients for the superficial horizons on the example of conditions of Novo-Shirokinsky rudnik are received. The hypothesis that hardening of development after formation of an inelastic zone leads to resilient unloading of the massif is offered. The problem about rock pressure, in case of hardening of breeds near a development contour is solved. For an assessment of effectiveness of carrying out hardening of development the degree of safety on durability of breeds is offered.

Key words: rock pressure, inelastic zone, horizontal excavations, cementation, artificial array's strengthening, a computer program, the explicit finite difference method.

REFERENCES

1. Baklashov I.V., Kartoziya B.A., Shashenko A.N., Borisov V.N. *Geomekhanika. Geomekhanicheskie protsessy*. T. 2. (Geomechanics. Geomechanical processes, vol. 2), Moscow, Izd-vo MGTU, 2004, 249 p.
2. Baklashov I.V. *Geomekhanika. Geomekhanicheskie protsessy*. T. 1. (Geomechanics. Geomechanical processes, vol. 1), Moscow, Izd-vo MGTU, 2004, 249 p.
3. Shashenko A.N., Sdvizhkova E.A., Gapeev S.N. *Deformovanist' ta mitsnist' masiviv girs'kikh porid: Monografiya (Деформованість та міцність масивів гірських порід: Монографія)*, Donetsk, Natsional'niy girnichiy universitet, 2008, 224 p.
4. Nemchin N.P. *Izvestiya vuzov. Gornyy zhurnal*. 2010, no 1.
5. Nemchin N.P., Terent'ev P.Yu. *Gornoe davlenie v odinochnykh gorizonta'nykh vyrabotkakh-3.: programma dlya EVM (Rock pressure in individual horizontal excavations-3.: computer program), certificate of state registration No. 2012616033.*
6. Nemchin N.P., Vetrov S.V., Terent'ev P.Yu. *Gornoe davlenie v odinochnykh gorizonta'nykh vyrabotkakh-3i. Programma dlya EVM (Rock pressure in individual horizontal excavations-3i. Computer program), certificate of state registration No. 2013618582.*
7. Nemchin N.P., Zhuvak A.S. *Vestnik Chitinskogo gosudarstvennogo universiteta*. Prilozhenie: Aspirant: trudy molodykh uchenykh, aspirantov i studentov. 2011, no 2(10), pp. 106–114.
8. Nemchin N.P., Vetrov S.V. *Vestnik ZabGU*. 2013, no 6, pp. 39–47.
9. Nemchin N.P. *Primenenie nelineynogo programmirovaniya v tekhnike i geomekhanike (Application of non-linear programming in technique and geomechanics)*, Chita, ChitGU, 2009, 202 p.
10. Nemchin N.P., Terent'ev P.Yu. *Vestnik ZabGU*. 2013, no 1, pp. 32–38.
11. Nemchin N.P., Terent'ev P.Yu., Vetrov S.V. *Iskustvennoe uprochnenie posle provedeniya odinochnoy gorizonta'noy vyrabotki. Programma dlya EVM (Simulated hardening after carrying out individual horizontal development. Computer program), certificate of state registration No. 2014660099.*



**РУКОПИСИ,
ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

ОСОБЕННОСТИ УЧЕТА И ОЦЕНКИ ОСНОВНЫХ СРЕДСТВ В РОССИЙСКИХ НЕГОСУДАРСТВЕННЫХ ВУЗАХ

(№ 1058/11–15 от 09.09.2015, 7 с.)

Сафонова Эмилия Геннадьевна – кандидат экономических наук, доцент,
e-mail: kafedrabu@inbox.ru, Российский экономический университет им. Г.В.Плеханова.

Рассмотрен ряд вопросов, связанных с учетом основных средств в некоммерческих вузах. В некоммерческих организациях учет основных средств сталкивается с некоторыми спорными вопросами, связанными с их наличием, а также с интерпретацией понятия «инвентарный объект» и амортизацией основных средств.

Ключевые слова: учет основных средств, некоммерческие высшие учебные заведения, амортизация основных средств, инвентарный объект основных средств, расходы на обучение.

FEATURES OF ACCOUNTING AND VALUATION OF FIXED ASSETS IN RUSSIAN NON-STATE UNIVERSITIES

Safonova E. G., Candidate of Economic Sciences, Assistant Professor, e-mail: kafedrabu@inbox.ru, Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, Russia.

In this article the author examines a number of issues related to the accounting of fixed assets in the non-profit universities. The non-profit organizations accounting of fixed assets is facing some controversial issues related to their presence, as well as to the interpretation of the concept of «inventory item» and the depreciation of fixed assets.

Key words: asset accounting, non-profit higher educational institution, depreciation, inventory property, plant and equipment, the cost of tuition.