

**Results.** A mathematical model of soil-cement anchorage the construction pit sides, taking into account characteristics and positioning of fixing elements in ground massif, is developed. Deformation mode of fixed ground massif in the sides of excavation under unevenly distributed load was found. The width of fixing zone and the depth of embedding the soil-cement anchorage elements which provide pit side stability in a dense urban, were substantiated.

**The originality.** Patterns of changes in stress-strain state of ground massif in sides of the construction pit fixed with soil-cement elements under the effect of unevenly distributed load from existing structures were found.

**Practical implications.** Reasonable parameters of laying the soil-cement elements in sides of the construction pit are justified by results of the variant modeling of stress-strain state, to provide its stability in a dense urban and minimize the reinforcement costs.

**Keywords:** *ground massif, soil-cement anchorage, stress-strain state, mathematical simulation, anchorage parameters*

УДК 622.27

© О.Е. Хоменко

## **АНКЕРНОЕ КРЕПЛЕНИЕ ЗАБОЯ ВЫРАБОТОК ДЛЯ МАРГАНЦЕВОРУДНЫХ ШАХТ УКРАИНЫ**

© O. Khomenko

## **ANCHOR SUPPORT OF WORKING FACE FOR MANGANESE MINES OF UKRAINE**

Выполнен анализ горнотехнических условий подземной разработки марганцевых месторождениях Украины. Проведено теоретическое моделирование и лабораторные эксперименты по исследованию устойчивости плоскости забоя подготовительных выработок. Обоснованы параметры крепления забоя выработок с применением анкеров многократного использования. Определена экономическая эффективность использования предлагаемого варианта крепления выработок по сравнению с базовым.

Виконано аналіз гірничотехнічних умов підземної розробки марганцевих родовищах України. Проведено теоретичне моделювання і лабораторні експерименти з дослідження стійкості площини вибою підготовчих виробок. Обґрунтовано параметри кріплення вибою виробок із застосуванням анкерів багаторазового використання. Визначено економічну ефективність використання запропонованого варіанту кріплення виробок у порівнянні з базовим.

**Введение.** Сложные горнотехнические условия добычи руд на марганцевых шахтах Украины, которые входят в состав публичного акционерного общества «Марганецкий горно-обогатительный комбинат», вызваны повсеместным сворачиванием горных работ, что приводят к разрушению барьерных целиков, повы-

шению обводненности забоев и размоканию почв в выработках. Это снижает качество установки и эксплуатации предохранительных крепей и приводит к вывалам руды, обрушениям глин крупными блоками и прорывам воды [1]. Сложные гидрогеологические, организационные и финансовые условия работы марганцевых шахт Украины делают работу проходческих комбайнов практически аварийной, а зачастую приводят к порче и потере оборудования. В связи с этим на шахтах повсеместно используются паспорта извлечения комбайнов из-под завалов и затоплений. В таких условиях особо востребованным является разработка нового вида предохранительного крепления плоскости забоя подготовительных выработок, состоящего из материалов многоразового использования и учитывающего особенности сложных горнотехнических и гидрогеологических условий разработки месторождений [2].

**Постановка задания.** При проведении подготовительных выработок на марганцеворудных шахтах применяется временное предохранительное крепление плоскости забоя. Для предотвращения вывалов руды из забоя выработок используют временную деревянную крепь, которая состоит из металлического пояса  $3,5 \times 0,1 \times 0,2$  м, трех деревянных переборок у кровли выработки  $1,5 \times 0,2 \times 0,03$  м, вертикально установленной ремонтини  $3,5 \times 0,2 \times 0,15$  м, которая прижимает плоскость забоя двумя горизонтальными досками  $1,8 \times 0,2 \times 0,04$  м. На 1 п.м выработки устанавливаются по 2 ремонтини и 6 переборок, на что в сумме расходуется  $0,026 \text{ м}^3$  лесоматериалов. Трудоемкость установки и снятия деревянной предохранительной крепи в комплексной норме выработки проходческой бригадой составляет 1,4 чел.-ч. Помимо этого, установка деревянной временной крепи является тяжелым ручным трудом, а применяемые при креплении лесоматериалы не предназначены для долговременного и эффективного использования в условиях постоянного монтажа-демонтажа [3].

**Основной материал.** Проведение подготовительных выработок на комбинате осуществляется круглым сечением и составляет в проходке  $9 \text{ м}^2$ , а в свету  $6 \text{ м}^2$  при максимальной глубине проведения 100 м и прочности вмещающих пород 20 – 40 МПа. Крепление выработок производится кольцевой сегментной крепью СВП-27 диаметром 3 м. Расстояние между рамами крепи составляет 0,5 – 0,33 м, которое зависит от горнотехнических условий. Участок выработки со сроком службы более 2-х лет затягивается по своду сплошную металлической или железобетонной затяжкой. При наличии в почве выработки пород, не склонных к пучению и при сроке службы менее 2-х лет, допускается проходка выработок без затяжки почвы. Для предотвращения вывалов плоскости забоя используют временную предохранительную крепь, которая по своей сути является поддерживающей. Применение крепей такого вида в сложных горнотехнических условиях является малоэффективным и дорогостоящим мероприятием [4]. Результаты выполненного теоретического моделирования с помощью энергетического метода показали, что глубина зоны разупрочнения составляет 2,9 м, а глубина возможного разрушения массива руды – 0,39 м (рис. 1, а) [5]. Лабораторные исследования на эквивалентных материалах показали разрушение забоя выработки на глубину до 0,45 м (рис. 1, б).

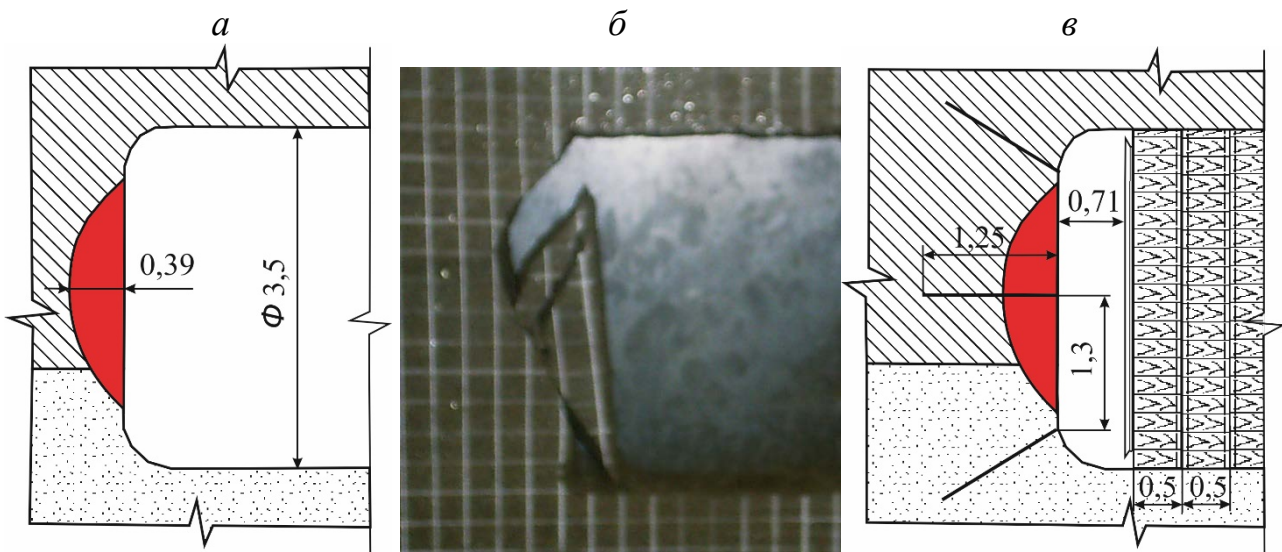


Рис. 1. Результаты теоретических (а) и лабораторный (б) исследований глубины разрушения забоя подготовительной выработки и технологическая схема анкерного крепления (в)

Параметры установки анкеров определялись по стандартной методике, позволяющей эффективно закреплять область возможного разрушения массива в плоскости забоя выработки [6].

1. Длина анкера, м

$$l_a = U + l_z + l_n + l_k, \quad (1)$$

где  $U = 0,45$  м – величина возможного разрушения массива в плоскости забоя;  $l_z = 0,3 - 0,5$  м – величина заглубления анкера в устойчивую зону массива;  $l_n = 0,022$  м – длина выступающей из шпура шляпки анкера;  $l_k = 0,04$  м – длина конусной части анкера.

По расчетной длине анкера, которая составляет  $0,81 - 1,01$  м, принимаем фактическую длину из ближайшего типоразмера забивного анкера, равную  $1,25$  м (рис. 2).

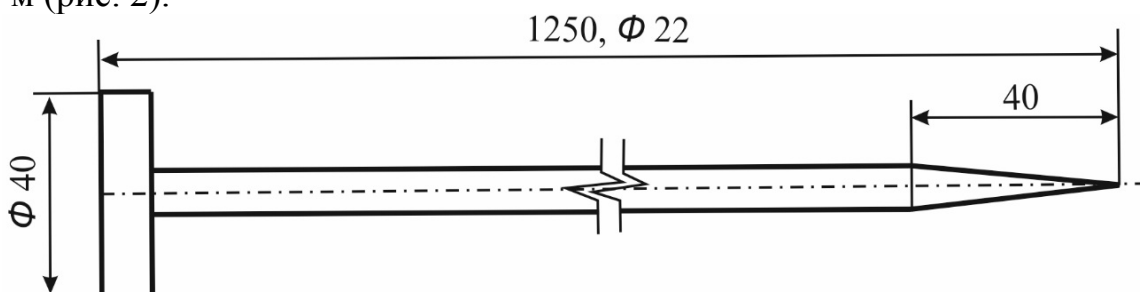


Рис. 2. Внешний вид забивного анкера принятого типоразмера

2. Плотность расстановки анкеров, шт.

$$n_a = \frac{P_e U \gamma k_n}{P_a}, \quad (2)$$

где  $P_e = 10,1$  м – активный периметр забоя выработки;  $\gamma = 21,8$  кН/м<sup>3</sup> – объемный вес руды или горных пород в пределах области возможного разрушения;  $k_n = 1,2$  – коэффициент перегрузки анкера;  $P_a = 20$  кН – несущая способность забивного металлического анкера.

Расчетная плотность забивки анкеров составляет 5,9, фактическая 6 шт.

3. Расстояние между анкерами, м

$$a_a = \sqrt{\frac{P_a}{U \gamma k_n}}, \quad (3)$$

Расчетное значение расстояния между анкерами  $a_a$  составляет 1,3 м.

Векторы напряжений в массиве горных пород направлены в геометрический центр забоя, следовательно забивание анкеров должно производиться от его центра в массив под соответствующими углами наклона (см. рис. 1, в).

**Экономическая эффективность** применения забивных анкеров многократного использования определяется по разнице в себестоимости крепления 1 п.м выработки предлагаемого и базового вариантов крепления забоя. Так на 1 п.м выработки при базовом варианте крепления устанавливают по 2 ремонтинны и 6 переборок, что составляет 0,026 м<sup>3</sup> лесоматериалов и соответствует затратам в 35,8 грн. Трудоемкость установки и снятия предохранительной временной крепи для проходческой бригады в комплексной норме выработки составляет 1,4 чел.-ч, что соответствует 87,91 грн. По данным производственных служб шахт комбината, использование одних и тех же материалов для сооружения деревянной крепи составляет 1 мес., что соответствует 94 разам установки крепи с себестоимостью крепежных работ, равной 0,38 грн на м. Использование одних и тех же металлических анкеров осуществляется в течении 3 лет, что соответствует 3350 разам установки с себестоимостью, равной 0,002 грн на м. Калькуляция себестоимости двух видов крепей выполнена по ценам 2013 года и сведена в табл.

Эффективность анкерного крепления забоя подготовительных выработок реализуется за счет многократного использования, быстрого забивания и безопасного извлечения, что позволяет экономить 0,38 грн на 1 п.м подготовительной выработки [7].

Калькуляция себестоимости по базовому  
и предлагаемому вариантам крепления

Наименование статей затрат	Затраты на установку деревянной крепи, грн/м	Затраты на установку анкерной крепи, грн/м
Фонд оплаты труда рабочих	62,35	62,35
Фонд оплаты труда ИТР	27,79	27,79
Начисления на зарплату	51,35	51,35
Стоимость материалов	0,38	0,002
Стоимость энергии	0,57	0,57
Амортизационные отчисления	0,08	0,08
Затраты на текущий ремонт и содержание оборудования	0,07	0,07
<i>Итого</i>	<i>189,42</i>	<i>189,04</i>

**Выводы**

1. В результате проведения теоретических и лабораторных исследований было получено подтверждение необходимости применения многоразового анкерного крепления плоскости забоя подготовительных выработок в условиях шахт ПАО «Марганецкий ГОК». Установлено, что забивание анкеров целесообразно производить как в горизонтальной, так и вертикальной направлениях забоя подготовительных выработок.

2. Увеличение обводненности выработок предопределяет установку анкеров по всему периметру забоя, а ее снижение – только по центру. Результаты исследований показали, что при нормальных условиях проведения выработок достаточным является установка пяти основных анкеров, расположенных крестообразно. При повышенной обводненности пород или при наличии активного проявления факторов горного давления количество анкеров может быть увеличено до семи за счет крепления части забоя у кровли выработки.

3. В условиях экономии ресурсов возможно применение комбинированного временного крепления забоя подготовительных выработок, т.е. совместная установка по центру пяти анкеров, удерживающих плоскость забоя, и двух деревянных переборок для поддержания ее кровли. Эффективность предлагаемого технологического решения достигается за счет применения металлических анкеров многоразового использования, которые быстро устанавливаются и безопасно извлекаются.

**Перечень ссылок**

1. Хоменко О.Е. О целесообразности закрытия марганцеворудных шахт Украины / О.Е. Хоменко, А.Б. Владыко, Н.В. Хоменко // Форум гірників: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – Д.: НГУ, 2008. – Т. 1 – С. 129 – 134.

2. Ковров А.С. Оценка устойчивости естественных и искусственных породных откосов / А.Н. Шашенко, А.С. Ковров // Геотехническая механика: Межвед. сб. науч. трудов. – Д.: ИГТМ им. Н.С. Полякова НАН Украины. – 2010. – Вып. 91. – С. 43 – 54.
3. Khomenko, O. Industrial research into massif zonal fragmentation around mine workings / O. Khomenko, M. Kononenko, M. Netecha // Mining of Mineral Deposits, 2016. – 10 (1). P. 50-56.
4. Дубовицкий И.В. Совершенствование арочных крепей марганцевых шахт // Вісник КТУ. – 2006. – Вип. 12 – С. 192 – 195.
5. Khomenko, O.Ye. Implementation of energy method in study of zonal disintegration of rocks / Scientific Bulletin of National Mining University, 2012. – No. 4. P. 44 – 54.
6. Кононенко М.Н. Технология крепления выработок вблизи очистных камер / М.Н. Кононенко // Форум гірників: матеріали міжнар. наук.-практ. конф. – Д.: РВК НГУ, 2010. – Т. 1 – С. 216 – 220.
7. Хоменко О.Е. Геоэнергетика подземной разработки рудных месторождений: монография / О.Е. Хоменко. – Д.: НГУ, 2016. – 242 с.

### ABSTRACT

**Purpose.** To substantiate the rational parameters and procedure for the use of reusable anchor support of development workings of manganese mines of Ukraine.

**The methods.** Using energy method was conducted theoretical modeling and using substitute laboratory experiments for investigation the stability of the bottom plane of development workings. Parameters of face support using reusable anchors were determined. The economical efficiency of the proposed variant of face support was compared with traditional method.

**Findings.** Substantiated the use of reusable anchoring development of workings bottom plane in conditions of mines PJSC "Manganets Mine." At higher water content of rocks or manifestations of rock pressure factors, the number of anchors can be increased from five to seven due to the face support at the top of the development. Efficiency is achieved by the use of metal reusable anchors, which quickly established and safely retrieved.

**The originality** It consists in the application of reusable drop-in anchors for working face support.

**Practical implications.** The method of determining the length, density of arrangement and distances between the anchors, as well as sound economic efficiency of their use.

**Keywords:** *working face, rock massif stability, temporary support креть, drop-in anchors, prime cost*