



**ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЯВЛЕНИЙ ДЕФОРМАЦИЙ В ПОЧВЕ ВЫРАБОТКИ
ПРИ ЕЕ УПРОЧНЕНИИ АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ**

В. Ф. Демин¹, Т. К. Исабек¹, Н. А. Немова²

¹Карагандинский государственный технический университет, E-mail: vladfdemin@mail.ru,

Бульвар Мира 56, г. Караганды 100027, Казахстан

²Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН,

Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия

Рассмотрены схемы крепления выработок припочвенными и кровельными анкерами, позволяющие снизить пучение пород почвы и проявления горного давления. Установлена степень влияния горно-технологических факторов на эффективность крепления выработок.

Аналитическое моделирование, напряженно-деформированное состояние, технология, приконтурный массив горных пород, крепление горных выработок

**STUDY OF DEFORMATION MANIFESTATIONS IN THE EXCAVATION
WORKING FLOOR WHEN IT IS SUPPORTED BY ROOF BOLTING**

V. F. Demin¹, T. K. Isabek¹, and N. A. Nemova²

¹Karaganda State Technical University,

E-mail: vladfdemin@mail.ru, Bulvar mira 56, Karaganda, 100027, Republic of Kazakhstan

²Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Science,

E-mail: nemova-nataly@mail.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia

The diagrams for supporting workings by floor and roof bolts are considered, which allow to reduce the swelling of floor rocks and manifestations of rock pressure. The degree of influence of mining and engineering factors on the bolting effectiveness of workings is established.

Analytical modeling, stress-strain state, technology, marginal rock mass, excavation support

Главными причинами снижения темпов проведения выработок являются усложнение горно-геологических и горнотехнических условий с переходом на глубину разработки более 600 м, возрастание площади поперечного сечения примыкающих выемочных выработок на 35–40 % и недостаточная изученность геомеханических процессов в породах вокруг выработок на нижних горизонтах и работоспособности анкерной крепи в этих условиях.

Известны различные способы борьбы с пучением пород в горных выработках, обеспечивающие их безремонтное поддержание с использованием искусственного разупрочнения или упрочнения приконтурного массива. В почве выработки залегают различные по физико-механическим, прочностным и геометрическим параметрам слои приконтурных горных пород, которые могут располагаться на различных расстояниях от контура выработки.

Для снижения пучения пород почвы угольных пластов Карагандинского бассейна выполнено моделирование напряженно-деформированного состояния выработок прямоугольного и арочного сечения с припочвенными и угловыми кровельными анкерами различной длины [1–3]. Наибольший эффект от укрепляющего воздействия был получен при прямоугольном поперечном сечении выработки с анкерным креплением в кровле.

В данной работе рассматривается схема установки боковых анкеров, в которой верхний боковой (как правило, глубинный) анкер находится в зоне опорного давления за контуром выработки для смещения пика горного давления вглубь массива за пределы зоны распространения деформаций, а нижний — служит ограждающей зоной для распространения и выдавливания боковых пород в почву.

Мощность литологических типов пород кровли и почвы для проведения газодренажного полевого штрека шахты “Саранская” Карагандинского угольного бассейна показана на рис. 1.

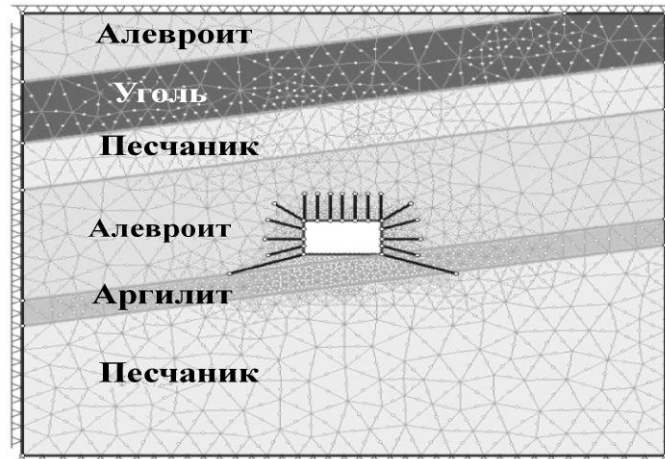


Рис. 1. Горно-геологические условия по породам кровли и почвы шахты “Саранская”

Установлено, что развитие деформаций в почве при использовании кровельных и боковых анкеров, совмещенных с припочвенными, практически не наблюдается, проявления горного давления незначительны. Значения поднятия пород почвы — 0.02–0.04 м. Моделирование напряженно-деформированного состояния выработки в угольном пласте при различной длине припочвенных анкеров от 5.0 до 2.4 м показало, что увеличение длины боковых анкеров с 2.4 до 3.5 (длина припочвенных анкеров 5.0 м) существенно не меняет деформационной картины, связанной с пучением пород почвы (рис. 2). Касательные напряжения в породах почвы составляют 20–25 МПа. Состояние пород почвы не зависит от длины припочвенных анкеров. На деформации и напряжения как в боковых, так и в породах почвы оказывают влияние не припочвенные, а боковые анкеры.

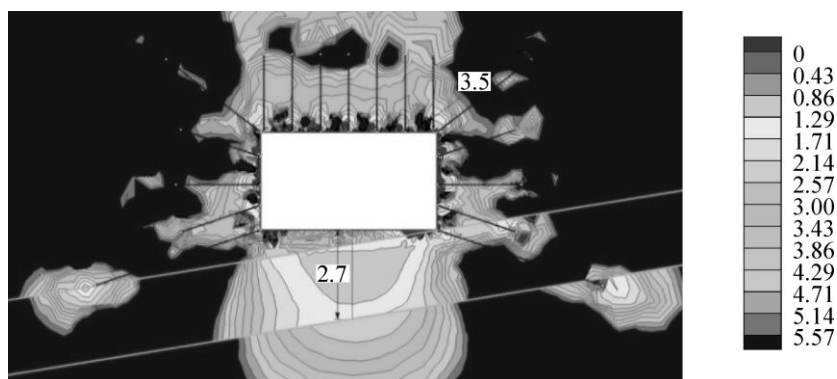


Рис. 2. Деформационная характеристика приконтурных пород при верхних боковых и напочвенных анкерах

Недостатком известных способов крепления почвы выработок является то, что вследствие установки наклонных анкеров в кровлю и бока не исключена возможность смещения боковых пород [4–8]. На рис. 3 представлены зависимости относительных деформаций слоев пород почвы во времени от контура выработки вглубь массива.

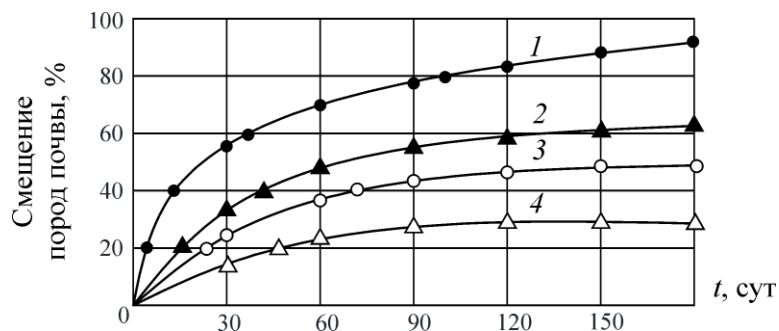


Рис. 3. Относительные деформации слоев пород почвы во времени, м: 1 — 1; 2 — 1–2, 3 — 2–3; 4 — 3–4.5

Способ крепления анкерной крепью поперечного сечения заключается в следующем. Бурение шпуров и установка анкеров в кровлю выработки производится в процессе ее проведения. При этом в бока устанавливаются нижние составные анкера под углом $20-25^\circ$ относительно к горизонтальной плоскости на высоте размещения анкеров на боковых стенках, равной $1/3$ высоты в свету. Длина анкерной крепи определяется по формуле:

$$L_a = \frac{\kappa_3 B_B \Pi_B}{P_n} \text{ м,}$$

где $\kappa_3 = 6.75$ — коэффициент для условий Карагандинского угольного бассейна; B_B — ширина горной выработки в черне, м; Π_B — величина пучения пород почвы, м; P_n — прочность пород почвы на сжатие, МПа.

На рис. 4 показана технологическая схема упрочнения пород почвы горных выработок наклонными шпурами. Для упрочнения боковых пород в нижней части используются составные анкера, что приводит к перераспределению напряжений в массиве и смещению пика напряжений относительно изначальной.

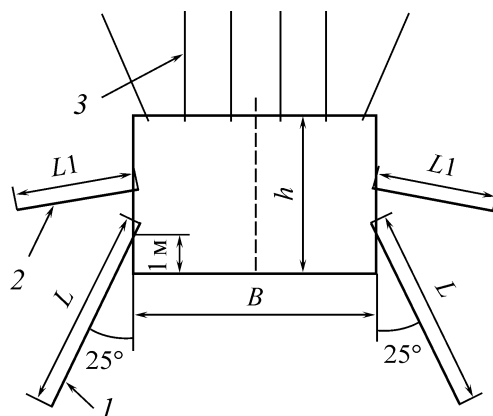


Рис. 4. Способ крепления горных выработок прямоугольной формы анкерной крепью: 1 — составные (ограждающие) анкера; 2 — наклонные шпуры; 3 — анкера

Закономерность изменения прогнозной величины пучения пород почвы выработки от соотношения длины анкеров L_a и ширины выработки B_B описывается уравнением:

$$\Pi_B = 1.22 - 1.51 \frac{L_a}{B_B} \text{ м.}$$

ВЫВОДЫ

Исследования деформаций в почве выработки при упрочнении анкерной крепью показали, что наибольший технико-экономический эффект достигается совмещением функций по укреплению ее боков и предотвращению пучения пород почвы.

В выработках прямоугольного сечения развитие деформаций не наблюдалось, а наибольшее укрепляющее воздействие проявилось при установке анкеров в кровлю и бока выработки, совмещенных с припочвенными.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. **Demin V. F., Demina T. V., Steflyuk Y. Y., Karataev A. D., and Grachev I. A.** Evaluation of the stress-strain state of the rock mass surrounding the underground working with rock bolting support setting, Reports of the XXIII international scientific symposium “Miner’s week-2015”, Moscow, 2015, pp. 73–78. [Демин В. Ф., Демина Т. В., Стефлюк Ю. Ю., Каратаев А. Д., Грачев И. А. Оценка напряженно-деформированного состояния горного массива. Reports of the XXIII international scientific symposium “Miner’s week-2015”. — 2015. — С. 73–78.]
2. **Demin V. F., Yavorsky V. V., and Demina T. V.** The study of the stress state of the marginal array around excavation workings, depending on the influence of mining and technological factors. International Journal of Applied and Basic Research, 2015, no. 7, part 2, pp. 196–200. (in Russian) [Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Исследование напряженного состояния приконтурного массива вокруг выемочных выработок в зависимости от влияния горно-технологических факторов // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. Ч. 2. — 2015. — № 7. — С. 196–200.]
3. **Novikov A. O., Sakhno I. G., Gladky S. Yu., and Shestopalov I. N.** Mining studies of deformation features of anchored array. School of Geomechanics-2007, Donetsk, DonNTU, 2007, pp. 53–58. (in Russian) [Новиков А. О., Сахно И. Г., Гладкий С. Ю., Шестопалов И. Н. Шахтные исследования особенностей деформирования заанкерowanego массива // Школа геомеханики-2007 — Донецк: ДонНТУ. — 2007 — С. 53–58.]
4. **Aleksandrov S. N., Kasyan N. N., Novikov A. O., and Shestopalov I. N.** Deformation of the rock mass that accommodates the development workings with anchorage, Mining Information Analytical Bulletin, 2012, pp.125–134. (in Russian) [Александров С. Н., Касьян Н. Н., Новиков А. О., Шестопалов И. Н. Деформирование породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением // ГИАБ. — 2012 — С.125–134.]
5. **Novikov A. O., and Sakhno I. G.** Investigation of the features of deformation of the rock mass that accommodates production, anchored support, Izv. DonNTU, 2007, no. 1, pp. 82–88 (in Russian) [Новиков А. О., Сахно И. Г. Исследование особенностей деформирования породного массива, вмещающего выработку, закрепленную анкерной крепью // Изв. ДонНТУ. — 2007. — № 1. — С. 82–88.]
6. **Novikov A. O., Gladkiy S. Yu., and Shestopalov I. N.** On the peculiarities of deformation of the rock mass that accommodates preparatory workings with anchorage, Izv. DonNTU, 2008, № 1, pp. 120–129 (in Russian) [Новиков А. О., Гладкий С. Ю., Шестопалов И. Н. Об особенностях деформирования породного массива, вмещающего подготовительные выработки с анкерным креплением // Изв. ДонНТУ. — 2008. — № 1. — С. 120–129.]
7. **Novikov A. O., Gladkiy S. Yu., Shestopalov I. N., and Navka E. A.** On the deformation of the roof in the mounting anchorage with anchoring, Prospects for the development of underground space, Proceedings of the conference, 2012, pp.46–50 (in Russian) [Новиков А. О., Гладкий С. Ю., Шестопалов И. Н., Навка Е. А. О деформировании кровли в монтажных ходах с анкерным креплением // Перспективы освоения подземного пространства: материалы конф. — 2012. — С. 46–50.]
8. **Kovalevskaya I. A., Malychin A. V., Gusev A. S., and Movchan V. S.** Research and calculation of side anchors that are set at a height of roof brushing in excavation, Sbornik nauchnykh trudov, 2015, vol. 9, pp. 313–317. (in Russian) [Ковалевская И. А., Малыхин А. В., Гусев А. С., Мовчан В. С. Исследование и расчет боковых анкеров, устанавливаемых на высоте подрывки кровли выемочных выработок // Разробка родовищ: Зб. наук. пр. — 2015. — Т. 9. — С. 313–317.]