



**ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ КАПИТАЛЬНЫХ И ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК  
ПРИ СОЗДАНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ**

**В. Ф. Демин<sup>1</sup>, Н. А. Немова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>*Карагандинский государственный технический университет, E-mail: vladfdemin@mail.ru,  
Бульвар Мира 56, г. Караганды 100027, Республика Казахстан*

<sup>2</sup>*Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, E-mail: nemova-nataly@mail.ru,  
Красный проспект 54, г. Новосибирск 630091, Россия*

Для оценки устойчивости горных выработок исследован механизм деформирования, сдвижения и обрушения пород в структурно нарушенном неоднородном массиве. Определены технологические регламенты для крепления почвы выработки с учетом состояния массива горных пород и параметры анкерной крепи, при которых обеспечивается безопасность и эффективность эксплуатации выработок.

*Поддержание выемочных выработок, устойчивости горных выработок, геомеханика, технология упрочнения приконтурного массива, анкерование*

**FORECASTING THE STABILITY OF CAPITAL AND PREPARATORY WORKINGS  
WHEN CREATING FLOW DIAGRAMS**

**V. F. Demin and N. A. Nemova**

<sup>1</sup>*Karaganda State Technical University, E-mail: vladfdemin@mail.ru,  
Bul'var Mira 56, Karaganda 100000, Republic of Kazakhstan*

<sup>2</sup>*Chinakal Institute of Mining, Siberian Branch, Russian Academy of Science,  
E-mail: nemova-nataly@mail.ru, Krasny pr. 54, Novosibirsk 630091, Russia*

To assess the stability of mine workings, the mechanism of deformation, displacement and collapse of rocks in a structurally disturbed heterogeneous massif is investigated. Technological conditions are developed for stabilizing the soil of working, taking into account the state of the rock mass. The parameters of roof bolting ensuring the safety and efficiency of mine operations are obtained.

*Maintenance of excavation workings, stability of mine workings, geomechanics, peripheral massif strengthening technology, anchoring*

Развитие угольной промышленности требует резкого повышения нагрузки на очистной забой и концентрации горных работ на базе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов. В таких условиях большое значение приобретает проблема обеспечения устойчивости капитальных и подготовительных выработок, которая обусловлена также тем, что с увеличением глубины разработки значительно повышаются горное давление и интенсивность деформаций пород в окрестности выработок.

Цель исследований — оценка параметров управления устойчивостью контуров горных выработок, закрепленных анкерной крепью, для создания технологии интенсивного и безопасного проведения выемочных горных выработок на основе выявленных закономерностей поведения примыкающих к ним массивов горных пород на примере Карагандинского угольного бассейна.

При переходе горных работ на глубокие горизонты защита выработок посредством оставления предохранительных целиков неэффективна, так как резко возрастают потери угля, а целики не всегда выполняют свои функции (в них развивается большое опорное горное давление), и процесс деформации выработок интенсифицируется. Поэтому защиту выработок на глубоких горизонтах целесообразно осуществлять путем создания разгруженных зон вокруг выработок.

Горные выработки, как правило, приходится проводить среди слабых и неустойчивых пород, в суммарной деформации которых преобладают вязко-пластические составляющие. Устойчивость выработки можно оценить путем сравнения величины деформаций за весь срок службы с допустимыми смещениями контура выработки (таблица).

Физико-механические свойства горных пород Карагандинского угольного бассейна

| Порода    | Предел прочности на сжатие $\sigma_{сж}$ , кг/см <sup>2</sup> |                       | Предел прочности на растяжение $\sigma_p$ , кг/см <sup>2</sup> | Модуль упругости $E \cdot 10^{-5}$ , кг/см <sup>2</sup> | Коэффициент Пуассона |
|-----------|---|-----------------------|--|---|----------------------|
|           | параллельно слоям   | перпендикулярно слоям |  |   |                      |
| Песчаники | 590   | 670                   | 75   | 2.5   | 0.25                 |
| Алевриты  | 300   | 380                   | 38   | —   | 0.24                 |
| Аргиллиты | 120   | 170                   | 26   | —   | 0.25                 |

Расширение технологических возможностей подземной угледобычи требует создания прогрессивных схем проведения горных выработок (рис. 1).

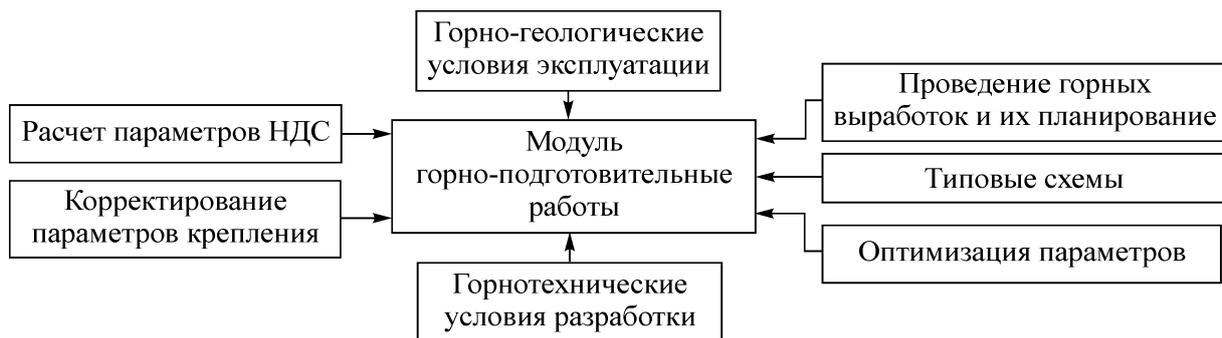


Рис. 1. Технологические подходы создания прогрессивных схем проведения горных выработок

Одновременно возникают проблемы в технологии упрочнения приконтурного массива анкерованием. Одной из таких проблем является выбор схем анкерования и их параметров (рис. 2).

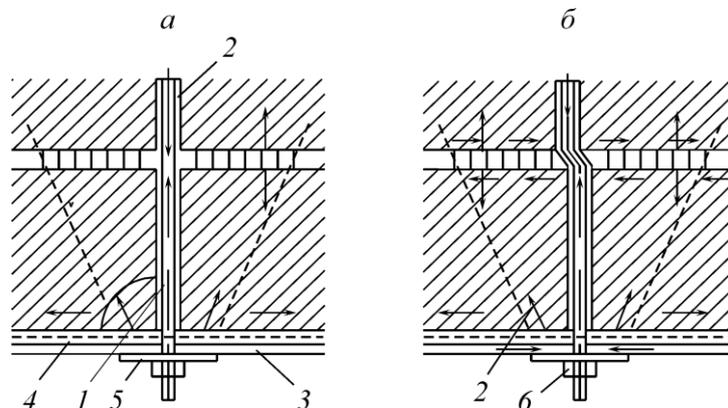


Рис. 2. Схемы анкерного крепления: *а* — при сопротивлении расслоению; *б* — при сопротивлении сдвигу и расслоению; 1 — грузонесущий стержень анкера; 2 — закрепляющая втулка или замок; 3 — подхват; 4 — затяжка; 5 — опорная планка; 6 — гайка

В условиях слоистых структур пород кровли, поврежденных эндогенными и экзогенными системами трещин, связанные анкерами породные массивы могут представлять собой многошарнирные механические системы. В окрестности угловых частей выработки формируются зоны повышенной концентрации касательных напряжений и, соответственно зоны нарушения сплошности (ЗНС) приконтурного массива, устойчивая часть которого ограничивает ЗНС в виде свода давления. При этом необходимо усиливать крепление подготовительных выработок впереди очистного забоя в зоне опорного давления с помощью гидравлических стоек, а на сопряжениях — механизированной крепью.

Для обеспечения безопасных условий работы на сопряжениях забоя с выработкой при расчете крепи необходимо, чтобы породы кровли выработки за пределами естественного свода давления имели меньшие смещения, чем породы в своде, а связывание приконтурного массива пород в естественном своде давления с вышерасположенными породами приводило к подвеске неустойчивого к устойчивому массиву пород и плавной посадке кровли выработки на определенном расстоянии после прохода лавы.

На рис. 3 представлены геомеханические модели закрепления неустойчивых пород кровли с созданием зон упрочненных пород и использованием различных средств воздействия — закрепления (канатные, сталеполимерные и боковые стеклопластиковые анкера, синтетические смолы) ЗНС [1–4]. В результате усиления крепи канатными анкерами возрастает прочность приконтурного массива пород кровли поддерживаемой выработки в зоне опорного давления очистного забоя и на сопряжениях лавы, а также снижается общая нагрузка на крепь.

Канатные анкера в зависимости от состояния кровли могут устанавливаться за комбайном одновременно с проведением выработки (более предпочтительно), либо впереди действующего очистного забоя на несжимаемом от линии забоя на расстоянии не менее ширины зоны влияния опорного давления очистного забоя и варьирует в пределах от 20 до 80 м.

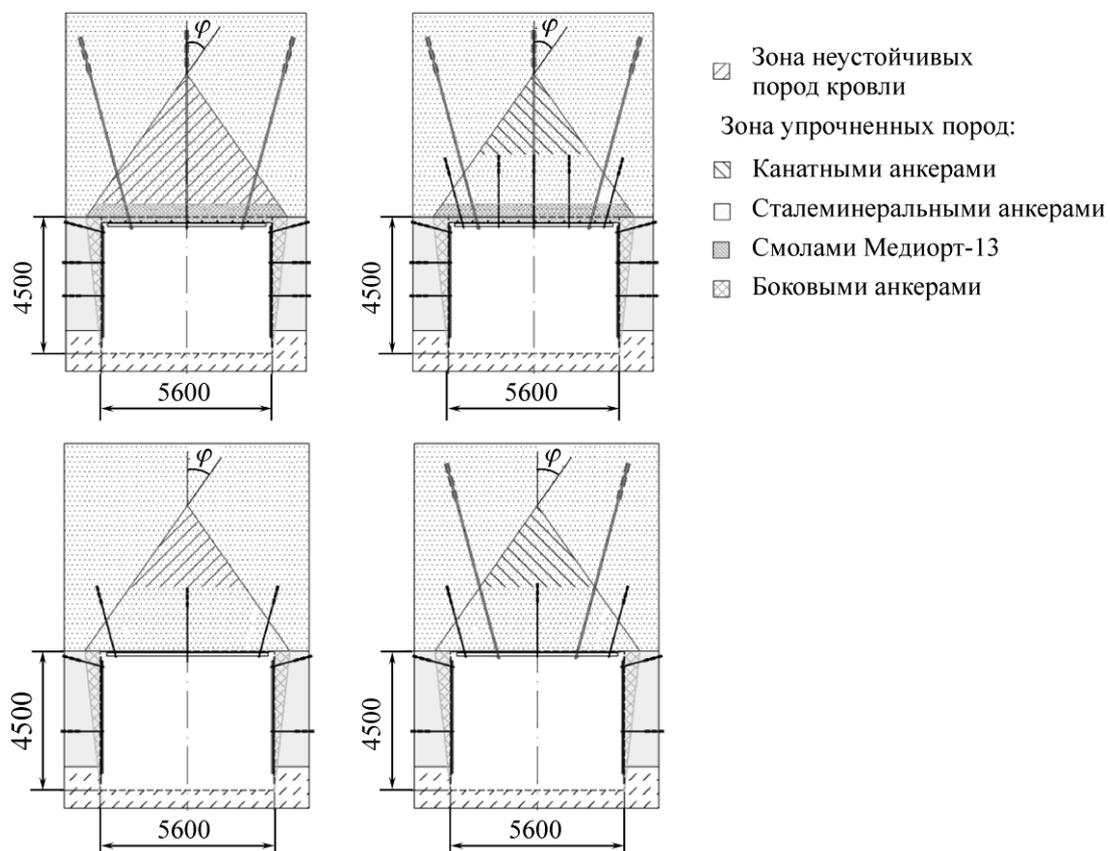


Рис. 3. Геомеханические модели закрепления приконтурного горного массива

На рис. 4 показано образование укрепляющего моста из анкеров средней длины (связывающие анкера — 2.4 м) и анкеров глубокого заложения (мостообразующие анкера — до 5.0 м и более) для прикрепления свода неустойчивых к прочным породам [5–8].

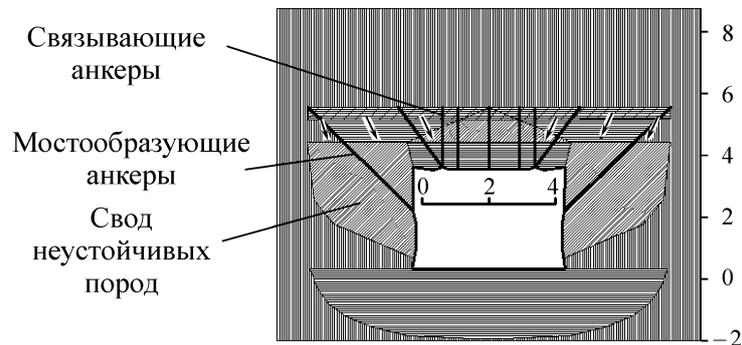


Рис.4. Образование укрепляющего моста из анкеров средней длины и анкеров глубокого заложения (мостообразующих) для прикрепления свода неустойчивых к прочным породам

## ВЫВОДЫ

Инструментальные исследования поинтервальной деформации анкерowanego приконтурного массива показали, что на устойчивость выработки оказывают влияние формирование в слоистой толще пород кровли у концов анкеров одинаковой длины трещин расслоения, сменяемость знаков деформации по мере удаления от контура выработки и образование на ее угловых частях зон разрушения при высоких действующих напряжениях, превышающих механическую прочность пород.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Eremenko V. A., Rakhumov E. A., Zayatdinov D. F., Pozolotin A. S., et al. Improving the two-level technology of anchoring of wide workings, Mining Information Analytical Bulletin, 2013, no. 5, pp. 20–29 (in Russian) [Еременко В. А., Рахумов Е. А., Заятдинов Д. Ф., Позолотин А. С. и др. Совершенствование двухуровневой технологии анкерного крепления широких выработок // ГИАБ. — 2013. — № 5. — С. 20–29.]
2. Demin V. F., Yavorsky V. V., and Demina T. V. The nature of the stress-strain state of the rock mass around the anchor supports, International Journal of Applied and Fundamental Research, 2015, no. 7-2, pp. 201–204 (in Russian) [Демин В. Ф., Яворский В. В., Демина Т. В. Характер напряженно-деформированного состояния массива пород вокруг анкерных крепей // Междунар. журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2015. — № 7-2. — С. 201–204.]
3. Gladkih A. A., Kononov M. M., and Remezov A. V. Investigation of the manifestation of rock pressure in the workings during the development of their lava, Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2008, no. 1 (65), pp. 20–25 (in Russian) [Гладких А. А., Коновалов М. М., Ремезов А. В. Исследование проявления горного давления в выработках при надработке их лавой // Вестник КузГТУ. — 2008. — № 1 (65). — С. 20–25.]
4. Remezov A. V., Gladkikh A. A., Kononov L. M., and Zharov A. I. Investigation of the manifestation of rock pressure in the workings in the immediate vicinity of the mine's contour of the mine section, Bulletin of the Kuzbass State Technical University, 2008, no. 3 (67), pp. 22–28 (in Russian) [Ремезов А. В., Гладких А. А., Коновалов Л. М., Жаров А. И. Исследование проявления горного давления в выработках при непосредственной близости от контура горных работ разреза // Вестник КузГТУ. — 2008. — № 3 (67). — С. 22–28.]

5. **Kharitonov I. L.** Manifestation of rock pressure in the preparation of demolition chambers in various ways, *Ugol*, 2016, no. 12 (1089), pp. 37–39 (in Russian) [**Харитонов И. Л.** Проявление горного давления при подготовке демонтажных камер различными способами // *Уголь*. — 2016. — № 12 (1089). — С. 37–39.]
6. **Martynenko I. I., Soluyanov N. O., and Krapivin V. A.** Manifestations of rock pressure in the drift, fixed by anchors, installed according to a two-tier scheme, *Mining Information and Analytical Bulletin*, 2008, no. 7, pp. 231–233 (in Russian) [**Мартыненко И. И., Солуянов Н. О., Крапивин В. А.** Проявления горного давления в штреке, закрепленном анкерами, установленными по двухуровневой схеме // *ГИАБ*. — 2008. — № 7. — С. 231–233.]
7. **Royter M., Krah M., Mayrhofer K., Kisling U., and Weksler Yu.** Monitoring of the dynamic manifestations of rock pressure in the control system of the Mark Digital Mine, *High-tech technologies of development and use of mineral resources*, 2015, no. 2, pp. 33–39 (in Russian) [**Ройтер М., Крах М., Майрхофер К., Кислинг У., Векслер Ю.** Мониторинг динамических проявлений горного давления в системе управления марко “Цифровая шахта” // *Научно-технические технологии разработки и использования минеральных ресурсов*. — 2015. — № 2. — С. 33–39.]
8. **Seryakov V. M.** The influence of the sequence of mining operations on the stress state of the lining and the surrounding massif when sinking two adjacent workings, *Interexpo Geo-Siberia*, 2018, vol. 5, pp. 204–210 (in Russian) [**Серяков В. М.** Влияние последовательности горных работ на напряженное состояние крепи и окружающего массива при проходке двух смежных выработок // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. — 2018. — Т. 5. — С. 204–210.]