

Д-р техн. наук В.В. Виноградов,  
канд. техн. наук А.П. Круковский,  
канд. техн. наук Л.Г. Адорская,  
инж. В.А. Хворостян  
(ИГТМ НАН Украины)

## **КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ**

У статті розглянуто новий підхід до контролю стійкості підготовчих виробок, що закріплені анкерами високої несучої здатності. Візуальний контроль за поверхнею гірничої виробки дозволяє перевіряти її деформований стан в будь-якому місці на контурі, та контролювати якість спорудження кріплення.

### **THE CONTROL OF DEVELOPMENT OPENING CONDITION**

New approaches to the control of condition of development opening, which are fixed by anchors of high bearing capacity, are considered in this paper. The visual control of mine working surface allows to check its deformed condition in any place of the contour, and to supervise support construction quality.

Применение анкеров с полимерным закреплением на угольных шахтах позволило увеличить темпы проведения подготовительных горных выработок, сохранять их устойчивое состояние на весь период эксплуатации без дополнительных затрат на ремонтные работы [1-3].

Для обеспечения надежного и безопасного функционирования горных выработок, закрепленных анкерной крепью, необходим системный подход к мониторингу их состояния и контролю качества возведения крепи [4-5].

Мониторинг применения анкеров высокой несущей способности – это комплекс или система стандартных методов и средств измерений совокупности значимых показателей, а также обобщающих оценок и прогнозирование состояния объекта (окружающей среды, сооружения) и происходящих в нем жизненно важных изменений, влияющих на безопасность и надежность его эксплуатации и функционирования. Мониторинг за состоянием выработки включает:

- визуальный контроль качества установки анкеров и состояния выработок с анкерной крепью;
- контроль перемещений слоев приконтурной зоны выработки при помощи глубинных индикаторов;
- проведение дополнительных инструментальных наблюдений.

При проведении горной выработки необходимо ведение контроля выполнения технологических операций по установке крепи и соответствия ее разработанному паспорту.

Контроль нагрузки на анкер осуществляется с помощью контурных индикаторов нагрузки ИНА и сферических шайб. По величине их деформирования определяется нагрузка на концевик анкерной штанги [3, 6]. Для определения осевой деформации и деформации изгиба в анкерных штангах применяются

тензометрические анкера. Деформация измеряется с помощью пар тензодатчиков, установленных на противоположных сторонах анкера с некоторым интервалом по всей его длине [3]. Для контроля расслоения породных слоев в кровле выработки и смещения ее контура применяется глубинный индикатор перемещения пород ИППГ и его английские аналог Тел-Тейлс. Данные индикаторы устанавливаются на глубину, вдвое превышающую длину анкерных штанг, что позволяет получать данные с четырех уровней закрепления их датчиков. Для контроля расслоения на большей глубине от контура выработки (до 7,5 метров) применяется магнитный экстенсометр, имеющий до 20 магнитных якорей [3, 6]. В качестве геофизического контроля состояния кровли горных выработок, закрепленных анкерной крепью, применяются ударно-волновой (виброакустический) и электрометрический методы [7, 8].

Все перечисленные методы контроля выполняются периодически и носят локальный характер. Высокие темпы проведения горных выработок с анкерной крепью требуют современных подходов контроля их эксплуатационного состояния в наиболее полном объеме и на постоянной основе.

В данной статье предлагается новый подход к осуществлению контроля состояния горной выработки с анкерной крепью.

Особенностью сооружения в горной выработке анкерной крепи является применение в качестве затяжки металлической сетки. Это позволяет непосредственно наблюдать за породной поверхностью с момента ее обнажения и в течение всего периода эксплуатации выработки (рис. 1).



Рис. 1 – Вид кровли горной выработки с установленными анкерами и металлической сеткой-затяжкой

При проведении горной выработки на породной поверхности обнажения остаются следы от исполнительного органа комбайна в виде "зубкового" рисунка. Данная разметка может служить индикатором состояния горной выработки. Исчезновение ее, связанное с обсыпанием породы, свидетельствует о процессах деформирования приконтурных породных слоев.

При проведении и эксплуатации 551 сборного штрека пласта С<sub>5</sub> шахты «Павлоградская» ГХК «Павлоградуголь» проводился мониторинг за состоянием данной выработки на участке с анкерной крепью. На рис. 2 представлена фотография состояния породных поверхностей бока и кровли в забое 551 сборного штрека при его проведении. На них четко видны следы "зубкового" рисунка от исполнительного органа комбайна.

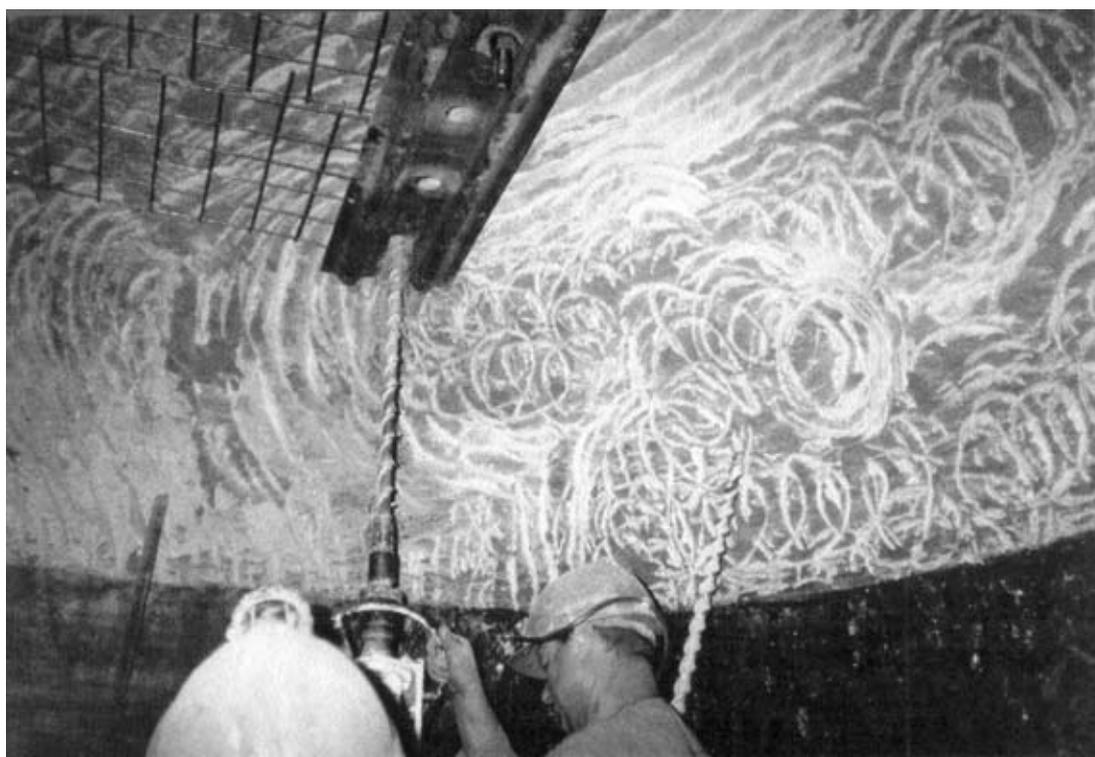


Рис. 2 – Состояние породных поверхностей боков и кровли в забое при проведении 551 сборного штрека пласта С<sub>5</sub> шахты «Павлоградская»

Смещение пород кровли данной выработки при отходе забоя горной выработки во время ее сооружения на расстояние 20-25 м составляли 5-10 мм. После этого смещения кровли прекращались, что свидетельствует о стабилизации состояния кровли и о формировании в ней опорно-анкерного перекрытия. Сохранялись и следы "зубкового" рисунка.

На протяжении дальнейшей эксплуатации горной выработки сдвиги в кровле наблюдались лишь в локальных зонах тектонических нарушений и концентраций горного давления и не превышали 5-30 мм. В зоне влияния очистных работ, на расстоянии 10-25 м до забоя наблюдались сдвиги приконтурных горных пород, в зоне окна лавы смещения кровли составляли 20-40 мм, боков – 10-20 мм. Пучение почвы в горной выработке на протяжении все-

го времени ее эксплуатации полностью отсутствовало.

На рис. 3 представлена фотография состояния породных поверхностей бока и кровли после 2 лет эксплуатации 551 сборного штрека. На них также видны сохранившиеся следы "зубкового" рисунка, что свидетельствует о качественном породном перекрытии, сформированном анкерами в кровле выработки, и отсутствии деформаций контура.



Рис. 3 – Состояние породных поверхностей боков и кровли после 1 года эксплуатации 551 сборного штрека пласта С<sub>5</sub> шахты «Павлоградская»

На основании выполняемых специалистами ИГТМ наблюдений в горных выработках с анкерной крепью, проводимых в различных горно-геологических и горнотехнических условиях, определены следующие типы состояния породной поверхности боков и кровли горной выработки, в зависимости от величины их деформирования:

**1) на призабойном участке от 0 м до 15 м:**

а) **безопасное и надежное**, признак – сохраняются следы резцов на породном обнажении всего участка: груди забоя, незакрепленного пространства возле нее, между 80 % и более анкеров в рядах и между ними;

б) **опасное**, признаки:

– осыпание пород со следами резцов с груди забоя и наличие зоны разрушения впереди забоя. При таком состоянии проведение выработки с чисто анкерным креплением *недопустимо*;

– осыпание пород со следами резцов в кровле и/или боках выработки в пределах двухметрового призабойного пространства. При отсутствии ошибок в установке анкеров и ложной кровли это свидетельствует о проведении вы-

работки по зоне нарушенных пород и/или потере устойчивости выработки с параметрами анкерной крепи, которые не соответствуют реальным горно-геологическим и горно-техническим условиям. Проведение выработки с чисто анкерным креплением в таких условиях **опасно** и должно быть немедленно **остановлено**, если таковое производится;

в) **достаточно опасное**, признак – исчезновение следов резцов в кровле между анкерами на расстоянии от 1,9 до 5,0 м от груди забоя и подвигание этой зоны вслед за забоем. Это свидетельствует о том, что установленная система анкеров не заблокировала возможность отслоения соответственно 2,5-6,0 м породной толщи непосредственной кровли выработки. Осыпание пород со следами резцов – результат развития смещений непосредственной кровли в выработку. Проведение выработки с чисто анкерным креплением в таких условиях **опасно** и должно быть немедленно **остановлено**. При возникновении таких ситуаций требуется срочно внести коррективы в Паспортные параметры анкерной крепи;

г) **безопасное, но ненадежное**, признак – исчезновение следов резцов в кровле между анкерами на расстоянии от 9,0 до 15,0 м от груди забоя и подвигание этой зоны вслед за забоем. Это свидетельствует о том, что установленная система анкеров не способна сохранить монолитность массива горных пород основной кровли. При отсутствии нарушений в технологии установки анкеров данная система анкерной крепи может применяться только в комбинации с рамной.

## 2) на участке с 15 до 55 м от забоя:

а) **безопасное и высоконадежное**. Приконтурные породы выработки сохранены в состоянии монолита – отличное состояние для эксплуатации выработки, подтверждающее правильность выбора параметров анкерной крепи в проекте, что выявляется по полному отсутствию смещений пород в приконтурного массива на данном участке. Достоверным признаком такого состояния является **сохранение следов резцов в окрестности каждого анкера в каждом ряду, между анкерами в ряду и между анкерами соседних рядов в кровле, боках и между ними**. Исчезновение следов резцов в результате обсыпания породного контура между отдельными анкерами до 20 % в кровле и до 25 % в боках не снижает качества опорно-анкерной конструкции;

б) **безопасное и надежное**. Приконтурные породы выработки сохранены в состоянии монолита с минимальной степенью нарушенности. Признак – осыпание пород со следами резцов между 50 % анкеров в боках и до 20 % в кровле выработки. Наличие осыпаний и незначительных отслоений означает, что установленная система анкеров не смогла сохранить исходную монолитность массива горных пород основной кровли. Проведение выработки с такой крепью вызвало формирование породных блоков в основной кровле, осадка кровли не более 10 мм. Устойчивость данного участка выработки сохранится при его эксплуатации вплоть до окна лавы на высоком уровне;

в) **безопасное и достаточно надежное**. В приконтурных породах в результате проведения выработки с данными параметрами крепи массив приоб-

рел достаточно высокую степень нарушенности. Признак – исчезновение следов резцов между 100 % анкеров боков и 40 % анкеров кровли. Это означает, что породные блоки в основной кровле мощностью 30-40 м дали осадку до 15 мм. Данный участок выработки подойдет к окну лавы с необходимым для качественной эксплуатации запасом устойчивости;

**г) безопасное с минимально достаточной надежностью.** В приконтурных породах в результате проведения выработки с данными параметрами крепи массив приобрел предельную для чисто анкерной крепи степень нарушенности. Признак – исчезновение следов резцов между 100 % анкеров боков и 80 % анкеров кровли, до 50 % полусферических опорных шайб вдавлены анкерной гайкой на глубину до 10 мм. Это означает, что породные блоки в основной кровле мощностью 30-40 м дали осадку до 30 мм. Данный участок выработки с чисто анкерной крепью подойдет к окну лавы с минимальным для качественной эксплуатации запасом устойчивости;

**д) достаточно опасное.** Признак – исчезновение следов резцов между 100 % анкеров боков и 100 % анкеров кровли, до 80 % полусферических опорных шайб вдавлены анкерной гайкой на глубину до 15 мм, имеется не более 1-й продавленной шайбы на 3-4 ряда анкеров. На данном участке выработки необходима установка охранной крепи, шаг установки рам 1 м. Крепь устанавливается без расклинки по кровле. Участок выработки эксплуатировать без рамной крепи *достаточно опасно*;

**ж) опасное.** Признак – исчезновение следов резцов между 100 % анкеров боков и 100 % анкеров кровли, до 80 % полусферических опорных шайб вдавлены анкерной гайкой на глубину до 15 мм, имеется не более 1-й продавленной шайбы на 2 ряда анкеров. На данном участке выработки необходима установка охранной крепи, шаг установки рам 0,8 м. Крепь устанавливается без расклинки по кровле. Участок выработки эксплуатировать без рамной крепи *опасно*;

**к) весьма опасное.** Признак – исчезновение следов резцов между 100 % анкеров боков и 100 % анкеров кровли, до 80 % полусферических опорных шайб вдавлены анкерной гайкой на глубину до 15 мм, имеются ряды с 2-мя продавленными шайбами. На данном участке выработки рамная крепь должна быть применена в качестве основной, установленные анкера играют вспомогательную роль. Участок выработки эксплуатировать без рамной крепи *весьма опасно*.

Таким образом, анкерная крепь при правильном ее возведении блокирует развитие разрушения горных пород в приконтурной зоне и, тем самым, сохраняет приконтурный массив в таком же состоянии, каким он был в нетронутом массиве до проведения горной выработки. Главными признаками правильного возведения крепи являются:

- отсутствие пучения пород почвы;
- отсутствие смещений пород кровли и боков выработки;
- сохранение следов от резцов исполнительного органа проходческого комбайна более чем на 50 % площади породного обнажения выработки на

протяжении всего периода ее сооружения и эксплуатации.

Предложенный новый подход к осуществлению контроля устойчивости горной выработки с анкерной крепью не требует проведения дополнительных работ и затрат, позволяет эффективно отслеживать состояние пород в любой точке на контуре горной выработки и в целом оценивать соблюдение технологии возведения крепи.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

Altounyan P., Flook S., Leeming J. Rapid gateroad development for high production longwalls in deep mines // Third International Symposium Roofbolting in Mining, Aachen, 1998, – P. 63-78.

Ополони К., Полисос Н., Бартель Р., Люттинг Ф. Техника крепления анкерами на шахтах компании ДСК – теория и практика // Глюкауф. – 2000. – № 1(2). – С. 45-54.

Булат А.Ф., Виноградов В.В. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт. – Днепропетровск, 2002. – 372 с.

Виноградов В.В. Геомеханика, мониторинг и основы технологии опорного крепления выработок // Уголь Украины. – 2000. – № 9. – С. 7-12.

Виноградов В.В., Адорская Л.Г. Система мониторинга горных выработок с опорно-анкерной крепью // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2002. – № 38. – С. 29-41.

Опрышко Ю.С. Мониторинг состояния выработок с анкерной крепью // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2002. – № 38. – С. 157-165.

Скипочка С.И., Усаченко Б.М., Яланский А.А. Геофизический контроль состояния кровли горных выработок, закрепленных анкерной крепью // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов / ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2002. – № 38. – С. 109-114.

Скипочка С.И., Паламарчук Т.А., Мухин А.В., Черватюк В.Г. Виброакустический контроль динамики системы «углепородный массив-крепь горных выработок» // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов ИГТМ НАНУ. – Днепропетровск. – 2002. – № 36. – С. 131-135.