

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ОПОРНО-АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ

Обгрунтовано системний підхід до моніторингу гірничих виробок із опорно-анкерним кріпленням. Детально розглянуто конструкцію та принципи дії індикаторів навантаження анкера та переміщення шарів армованих порід.

Бібліогр.: 1 найм.

Мониторинг - комплекс мероприятий по контролю за состоянием крепи, массива боковых пород, качеством выполнения работ. Предусматривает получение оперативной информации и передачу её инженерно-техническим службам шахты для дальнейшей обработки, анализа и принятия решений.

Система мониторинга обязательна для выработок, в которых анкерная крепь применяется как самостоятельный вид крепления. Структура системы мониторинга приведена в таблице 1.

Предварительный мониторинг выполняется на начальном участке выработки длиной не менее 30 м с целью проверки правильности проектных решений, заложенных в "Паспорте проведения и крепления выработки".

Заключительный мониторинг выполняется при сдаче выработки в эксплуатацию и является обязательным этапом при выдаче шахте Акта соответствия горной выработки с анкерной крепью.

Текущий мониторинг осуществляется на всех этапах сооружения и эксплуатации выработки с анкерной крепью.

На шахте должен быть план, указывающий места установки станций мониторинга в зависимости от геологических и горных условий участка и включающий информацию о приборах, используемых на каждой станции. Каждой станции мониторинга необходимо присвоить отдельный идентификационный код. Показания приборов должны сниматься компетентным персоналом, имеющим соответствующую подготовку и использующим специальное оборудование. При обнаружении в процессе мониторинга признаков значительных и опасных изменений необходимо усилить контроль этого участка и принять необходимые меры по усилению крепи. Регистрация таких участков производится с привязкой к маркшейдерской сети.

Зоны, которые были приведены в безопасное состояние, должны маркироваться на планах горных работ и непосредственно на участке.

Таблица 1 - Структура системы мониторинга выработок с анкерной крепью

Этапы мониторинга	Методы мониторинга	Этапы сооружения выработки	Исполнители
1. Предварительный (проверка выбранной системы анкерной крепи)	Визуальные наблюдения за процессом стабилизации состояния пород в кровле, боках и забое выработки. Приборный контроль –ИППГ.	Подготовительный, переходной	Шахта, Центр
	Тестовые и контрольные испытания анкеров с коротким и полным закреплением	Подготовительный, переходной	Центр Центр
2. Текущий (на всех этапах сооружении и эксплуатации выработки)	Визуальный контроль качества установки анкеров и состояния выработок с анкерной крепью	Основной	Шахта
	Приборный контроль: - нагружения анкеров контурными индикаторами (ИНА); - перемещения слоев пород приконтурной зоны выработки глубинными индикаторами (ИППГ)	Подготовительный, переходной, основной	Шахта
	Испытания анкеров: - контрольные испытания несущей способности анкеров; - текущий контроль установки крепи		Центр
3. Заключительный (при сдаче выработки в эксплуатацию)	Оценка состояния выработки и документации	Основной	Центр
4. Специальный (приемочный) мониторинг	Нивелировка. Тензометрия. Контрольные испытания анкеров с полным закреплением. Контроль наличия и развития скрытых нарушений пород приконтурной зоны выработки Замеры экстенсометром деформаций и смещений пород приконтурной зоны выработки	Подготовительный	Шахта Центр Центр Центр
			Центр

Результаты мониторинга должны обрабатываться инженером по анкерному креплению и сохраняться для дальнейшего использования. Любые действия или изменения должны быть внесены в проектную документацию.

Испытания анкеров на этапе текущего мониторинга проводятся в том случае, когда проводимая выработка является первой на шахте с анкерным видом крепления в случаях:

- нарушения безопасного состояния выработки при отсутствии изменений горнотехнических условий (надработки, подработки выработки, проведения смежных выработок, приближения добывающего забоя и др.);

- для уточнения состояния пород приконтурной зоны выработки;
- для контроля состояния анкерных штанг;

- для определения остаточного ресурса несущей способности анкера и возможности дальнейшей эксплуатации анкерной крепи.

К таким испытаниям относятся:

- тестовые испытания несущей способности анкеров;

- текущий контроль установки анкерной крепи;

- тензометрический контроль рабочих нагрузок на анкера.

Тестовые испытания анкеров проводятся с целью получения детальной информации о свойствах анкерной крепи и её элементов при взаимодействии с горными породами, оценки качества установки анкеров при отработке технологии их установки для достижения максимальной несущей способности в конкретных горно-геологических условиях. Общие технические требования к тестовым испытаниям анкеров приведены в разделе 14 КД 12.01.01.501.

Проверку несущей способности анкеров выполняют в зонах возникновения опасного состояния и на подготовительном и переходном участках сооружаемой выработки с анкерной крепью через каждые 10 м закрепленной выработки (не ранее двенадцати часов после установки анкера). Величина нагружения - не больше 80 кН. Если создать такую нагрузку не удастся, это является признаком некачественной установки анкера. Если измеренное смещение анкеров превышает упругую деформацию штанги, проводятся тестовые испытания анкеров для уточнения условий их применения.

Тестовые испытания анкеров производятся методом вытягивания анкеров из горных пород приконтурной зоны выработки и подразделяются на два вида:

- испытания анкеров с коротким закреплением (для проверки условий применения анкерной крепи в проводимой выработке);

- испытания анкеров с полным закреплением (для отработки технологии установки анкерной крепи).

Для проведения испытаний применяют испытательное оборудование и устройства, которые должны обеспечивать:

- измерение диаметров шпура и анкерных штанг с точностью до 0,5 мм;

- выполнение нагрузки и измерение ее величины с точностью до 10 кН;

- измерение величины перемещения закрепления с точностью до 0,1 мм.

Процедура испытаний включает подготовку шпура, анкерной штанги, патронов со смолой, измерение длины закрепления, установку штанги, вытягивание анкеров из каждого пласта горных пород, которые пересекает шпур.

Анализ результатов включает:

- оценку условий применения анкеров для каждого пласта горных пород;

- оценку относительной максимальной несущей способности каждого пласта горных пород при коротком закреплении анкерных штанг;

- оценку средней относительной несущей способности каждого пласта горных пород на участке, где возник отрыв закрепителя от горной породы;

- расчет перемещений закрепления.

Результаты испытаний отражаются в протоколе, к которому прилагается график зависимости приложенной нагрузки от перемещений закрепления, а также таблица результатов испытаний.

В ходе текущего контроля установки анкеров проверяется:

- натяжение анкеров;

- несущая способность анкеров, на которых отсутствуют контурные индикаторы безопасности выработки.

Проверку натяжения следует производить перед установкой очередного ряда анкеров и в зонах возникновения опасного состояния. Перед установкой контролируются предыдущие три-четыре ряда анкеров, в опасных зонах – окружающие три-четыре ряда. При обнаружении гаек, затянутых слабо, их следует подтянуть до создания натяжения 50 ± 5 кН.

Тензометрический контроль рабочих нагрузок на анкерные штанги выполняется с целью определения реальной нагруженности анкер-

ных штанг и ее изменения в процессе эксплуатации выработки. При этом определяются:

- действующие разрывные и изгибные напряжения в анкерной штанге на различных расстояниях от контура;
- изменение характера и направления действующих нагрузок в сечении выработки.

Метод контроля – тензометрия упругих деформаций анкерных штанг, возникающих при их нагружении в приконтурной зоне выработок. Основным информативным параметром метода является изменение электрического сопротивления тензодатчиков в контролируемом сечении при деформации растяжения или изгиба анкерных штанг. Измерения осуществляются с помощью:

- тензометрических анкеров с тензодатчиками;
- измерителей деформаций в искробезопасном исполнении ИИД-3, ИДЦ производства СОАН России или аналогичных.

Обработка результатов шахтных замеров рабочих нагрузок производится с применением компьютерной программы.

При визуальном контроле качества установки анкеров при сооружении выработки необходимо отслеживать следующие дефекты и ошибки:

а) установка штанг в недобуренные шпурсы, что не позволяет прижать опорную плитку к породе и создать натяжение штанги из-за недостатка длины нарезной части;

б) увеличение максимально допустимого отставания крепи от забоя выработки, в связи с чем анкерная крепь, даже при правильной ее установке, не в состоянии предотвратить начавшееся расслоение породы;

в) некачественная затяжка межанкерного пространства, что приводит к высыпанию пород и разгрузке анкера;

г) неполное заполнение шпура закрепителем, что снижает сцепление штанги с массивом пород и уменьшает ее несущую способность;

д) наличие пустот за крепью в районе расположения опорной шайбы, что увеличивает время ввода в работу анкера и снижает его эффективность.

При визуальном контроле состояния выработки с анкерной крепью необходимо отслеживать внешние признаки изменения состояния выработки, к которым относятся:

- а) признаки незначительных изменений:
 - наличие зеленого сигнала на индикаторах;

- обжатие затяжек, опорных шайб и подхватов;
- растрескивание угля и породы в верхней части боков выработки, отслоение небольших плиток породы от непосредственной кровли между анкерами и вблизи них;

- вдавливание в породу шайб, уложенных непосредственно на кровлю;

б) признаки значительных изменений:

- появление желтого сигнала на индикаторах;
- раскрытие трещин в кровле;
- смятие подхватов на контакте с опорными шайбами;
- прогиб пород и подхватов между анкерами;
- вывалы пород и образование небольших сводов между анкерами;

в) признаки опасных изменений:

- появление красного сигнала на индикаторах;
- интенсивный прогиб всей заанкерванной толщи пород в выработках с плоской кровлей;
- щелчки и звонкий треск в кровле;
- опускание анкеров с небольшим количеством отслоившихся пород.

Текущий мониторинг выработок с опорно-анкерной крепью выполняется двумя видами технических средств, один из которых контролирует нагрузку на винтовую пару гайка-нарезка анкерных штанг (индикатор нагружения анкера контурный - ИНА), второй - расслоения и деформации приконтурного массива (индикатор перемещений пород глубинный - ИППГ). Общие требования к порядку приборного контроля контурными и глубинными индикаторами определены в разделе 8 КД 12.01.01.501. Индикаторы функционируют по принципу светофора: безопасно - зеленый цвет, предупреждение - желтый, опасно - красный.

Индикатор ИНА контролирует нагрузки на хвостовики анкерных штанги и сигнализирует их предельные значения, при которых из-за отрыва хвостовика возможно обрушение межанкерного ограждения и приконтурных пород.

ИНА устанавливаются на анкерном стержне между опорной плитой и гайкой.

Достижение рабочей нагрузки приводит к смятию соответствующей проточки, которое сопровождается исчезновением визуального указателя зеленого цвета и появлением указателя желтого цвета. Достижение максимально допустимой нагрузки приводит к смятию соот-

ветствующей проточки, которое сопровождается исчезновением указателя зеленого цвета и появлением указателя красного цвета (рис 1).



Рис. 1. Индикатор ИНА

Параметры нагрузки на штанги: безопасное - от 0 до $0,5P_0$, предупредительное - от $0,5P_0$ до $0,75P_0$, опасное - от $0,75P_0$ до $0,9P_0$, где P_0 - нагрузки разрыва анкера в резьбовой части.

Основные параметры индикатора приведены в таблице 2.

Таблица 2. Параметры индикатора ИНА

Наименование параметра	Значения
1. Нагрузка на индикатор при срабатывании, кН:	
1.1. Сигнализатора достижения рабочей нагрузки (желтый цвет)	150 ± 10
1.2. Сигнализатора достижения максимальной нагрузки (красный цвет)	250 ± 5
2. Длина, мм	$65 + 1$
3. Диаметр внутренний, мм	$30 + 0,1$
4. Масса, кг	$0,3 \pm 0,05$

Индикаторы ИНА размещают в выработке в зависимости от категории устойчивости горных пород:

- в породах I категории – на центральный анкер ряда;
- в породах II категории – на 2 центральных анкера в ряду;
- в породах III и IV категорий – на каждый анкер.

При безопасном состоянии выработки индикатор отвечает зеленым цветом (рис 2). При этом могут происходить следующие изменения состояния выработки и элементов крепи:

- обжатие затяжек, опорных шайб и подхватов;
- растрескивание угля и породы в верхней части выработки;

- отслоение небольших плиток породы от непосредственной кровли между анкерами и вблизи них.

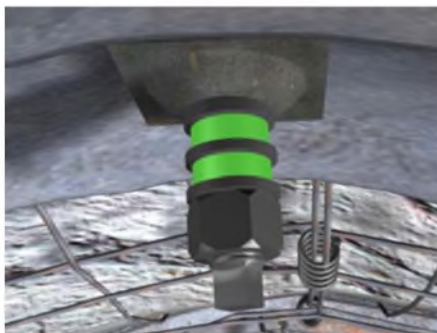


Рис. 2. Безопасное состояние выработки

Достижение рабочей нагрузки на анкер (15 тонн) приводит к исчезновению на индикаторе зеленого цвета и появлению желтого цвета (рис. 3). При этом происходит:

- раскрытие трещин в кровле;
- смятие подхватов на контакте с опорными шайбами;
- прогиб пород и подхватов между анкерами;
- вывалы пород и образование небольших сводов между анкерами.



Рис. 3. Переходное состояние выработки

Достижение максимальной нагрузки на анкер (25 тонн) приводит к исчезновению на индикаторе зеленого цвета и появлению красного цвета (рис. 4). При этом происходит:

- интенсивный прогиб всей заанкерванной толщи пород;
- щелчки и звонкий треск в кровле;
- опускание анкеров с небольшим количеством отслоившихся горных пород.



Рис. 4. Опасное состояние

Индикатор ИППГ контролирует деформации четырех слоев горных пород приконтурной зоны выработки и сигнализирует их предельные значения, при которых возможно обрушение пород кровли.

Устройство индикатора (рис. 5): корпус, приводные троса в сборе с зажимными втулками и якорем, индикаторные ленты в сборе со шкалой индикации от 0 до 220 мм и световозвращающими полосами, тормозное устройство в сборе.



Рис. 5. Индикатор ИППГ (вид с торцевой части)

Основные параметры ПППГ приведены в таблице 3.

Таблица 3. Параметры индикатора ПППГ

Наименование параметра	Значения
1. Диапазон деформаций, которые контролируются* , мм	0 ÷ 200
2. Диапазоны шкалы индикации **, мм	
2.1 Диапазон шкалы индикации, обозначенный зеленым цветом (безопасное состояние выработки)	0 ÷ 25
2.2 Диапазон шкалы индикации, обозначенный желтым цветом (переходное состояние выработки)	25 ÷ 50
2.3 Диапазон шкалы индикации, обозначенный красным цветом (опасное состояние выработки)	50 ÷ 200
3. Длины приводных тросов ***, м	
3.1 Трос № 1	0,5 L ± 0,01
3.2 Трос № 2	1,0 L ± 0,01
3.3 Трос № 3	1,5 L ± 0,01
3.4 Трос № 4	2,0 L ± 0,01
4. Габариты индикатора в сборе, мм	
4.1. Длина	350 ± 1,0
4.2. Диаметр части, которая вставленная в шпур	32±1,0 ÷ 42±1,0
4.3. Диаметр внешний максимальный	150 ± 0,5
5. Масса индикатора в сборе, кг	0,7 ± 0,05

* в выработках с анкерной крепью разрешается устанавливать диапазон измерения 0 ÷ 100;

** другие значения диапазонов шкалы индикации для конкретной выработки могут быть установлены Паспортом анкерной крепи;

*** L - длина анкера. Типовой ИППГ ориентирован на длину анкера 2,25 м.

Глубинный индикатор устанавливается в средней части кровли выработки между рядами анкеров. Контролируемый слой горных пород определяется расстоянием между якорем и контуром выработки. Якоря с помощью тросов соединены с индикаторными лентами.

Деформация контролируемого слоя вызывает выдвижение соответствующей индикаторной ленты из кассеты и изменение цвета в окне индикации. Каждая лента имеет три последовательные световозвращающие полосы (рис. 6 а-в):

- зеленого цвета на отрезке от 0 до 25 мм шкалы индикации;
- желтого цвета на отрезке от 25 до 50 мм шкалы индикации;
- красного цвета на отрезке от 50 мм до конца шкалы индикации.

Число в окне индикации показывает деформации контролируемого слоя горных пород в миллиметрах.

Первоначально в окнах индикации установлен зеленый цвет, что сигнализирует о безопасном состоянии горной выработки в месте установки индикатора (рис. 6а).

Выдвижение индикаторных лент из тормозного устройства на величины более 25 мм и 50 мм приводит к изменению цвета в окне индикации соответственно от зеленого к желтому и от желтого к красному. Желтый цвет предупреждает о переходе выработки в опасное состояние и при появлении этого цвета вне зоны сопряжения лавы со штреком необходимо принять срочные меры по усилению крепи выработки (рис. 6б). Красный цвет сигнализирует об опасном состоянии выработки и при появлении этого цвета необходимо принять срочные меры по усилению крепи горной выработки (рис. 6в).

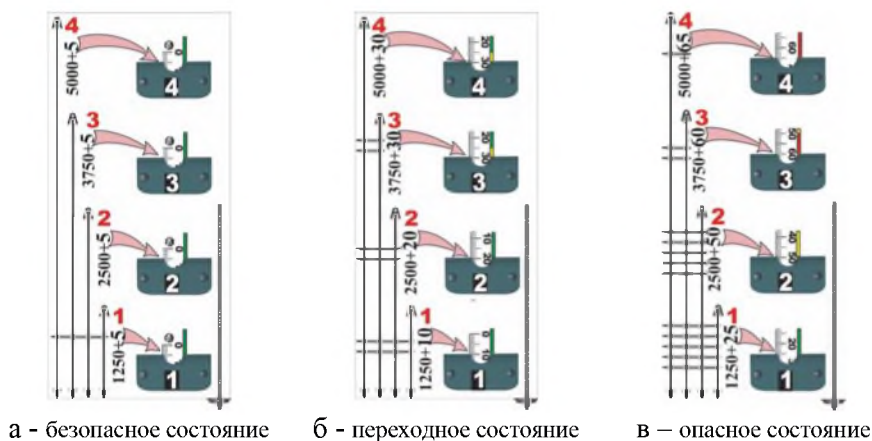


Рис. 6. Принцип действия ИППГ

ИППГ устанавливается в средней части кровли выработки между рядами анкеров с плотностью размещения, в зависимости от категории устойчивости горных пород:

- в породах I и II категорий – 1 индикатор на 20 м выработки;
- в породах III категории – 1 индикатор на 10 м выработки;
- в породах IV категории – 1 индикатор на 5 м выработки.

Периодичность снятия показаний с индикаторов:

- а) при сооружении выработки:
 - один раз в смену, если расстояние между забоем и индикатором не превышает 15 м;
 - один раз в сутки, если расстояние между забоем и индикатором составляет от 15 до 30 м;
 - один раз в неделю, если расстояние между забоем и индикатором превысило 30 м;

б) при эксплуатации выработки:

- один раз в неделю при отсутствии влияния очистных забоев, в том числе на смежных пластах;
- один раз в сутки, если расстояние между очистным забоем и индикатором составляет от 30 до 40 м;
- один раз в смену, если расстояние между очистным забоем и индикатором не превышает 30 м.

Индикация опасного состояния в зоне влияния забоя при проходке выработки означает, что выработка при ее сооружении пересекает участок со значительными отклонениями от принятых в Проекте горно-геологических и горнотехнических условий.

Индикация опасного состояния за пределами влияния забоя означает возникновение зоны незатухающего активного развития деформаций из-за появления новых влияющих факторов или в результате некачественной установки анкеров.

Критерии предельного состояния конструкций опорно-анкерной крепи определяются по показателям:

- смещение пластов горных пород в выработку и смещение контура выработки - до 50 мм для кровли и до 100 мм для боков;
 - нагрузка на хвостовики штанг - не более $0,8P_0$;
 - несущая способность закрепленных штанг - не менее $0,8P_0$;
- (где P_0 - нагрузка разрыва анкера в резьбовой части).

Работоспособность конструкций крепления определяется через ресурс конструкций участка выработки по таблице 4.

Таблица 4. Ресурс конструкций крепления участка выработки

Показатели	Время определения показателя	Ресурс конструкций крепи		
		избыточный	нормальный	низкий
Наибольшее смещение пластов пород в выработку и контура выработки, мм	Ввод выработки в эксплуатацию	до 5	от 5 до 15	свыше 15
	Окончание службы выработки	до 25	от 25 до 50	свыше 50
Наибольшая нагрузка на хвостовики штанг, % нагрузки разрыва анкера в резьбовой части	Ввод выработки в эксплуатацию	до 50 %	от 50 % до 75 %	свыше 75 %
	Окончание службы выработки	от 50 % до 75 %	от 75 % до 90 %	свыше 90 %

Состояние крепления выработки считается неработоспособным, если ресурс конструкции крепления низкий хотя бы на одном участке и хотя бы по одному показателю, и (или) хотя бы на одной установленной штанге несущая способность менее 80% нагрузки разрыва хвостовика.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. КД 12.01.01.501-98 Система забезпечення надійного та безпечного функціонування гірничих виробок із анкерним кріпленням. Загальні технічні вимоги / Минуглепром України. 1998.

УДК 622.281.74:622.831

А.П. Круковский

ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК С ОПОРНО-АНКЕРНОЙ КРЕПЬЮ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Наведено теоретичні результати та розрахунки щодо оцінки стійкості гірничих виробок із опорно-анкерним кріпленням у різноманітних гірничо-геологічних умовах, у тому числі – у зоні впливу видобувних робіт.

Іл.: 8.

В последние годы во многих угледобывающих странах идет активное внедрение анкерной крепи нового технического уровня, которое оказало решающее влияние на все технические, экономические и социальные показатели работы шахт. В Украине, как это не парадоксально, определенным сдерживающим моментом является практически опыт, накопленный угольщиками в предшествующие годы. Принято считать, что анкерная крепь выполняет вспомогательную роль, подшивая слабую или неустойчивую непосредственную кровлю горных выработок к достаточно прочной основной кровле, или же сшивая несколько слабых слоев пород в один. Именно это и было основой для ограничения области применения анкерной крепи.

В действовавших ранее нормативных документах определено, что анкерная крепь может применяться как самостоятельная только в породах первой категории устойчивости, а в остальных - только как вспомогательное средство. Для оценки влияния анкерной крепи на устойчивость горных выработок в сложных горно-геологических условиях необходимо рассмотреть особенности развития геомеханиче-