

УДК 622.284.74 © Д.Ф. Заятдинов¹, Д.В. Пятерикин², В.А. Бобыр³,
Э.В. Шнайдер⁴, А.С. Позолотин⁵, В.С. Ларченко⁵, 2024

UDC 622.284.74 © D.F. Zayatdinov¹, D.V. Pyaterikin², V.A. Bobyr³,
E.V. Shnajder⁴, A.S. Pozolotin⁵, V.S. Larchenko⁵, 2024

¹ ООО НПО «АЛЗАМИР», 650036, г. Кемерово, Россия

² ООО «Шахта «Южная» Филиал АО «Черниговец»,
652430, г. Кемерово, Россия

³ ООО «РУК», 654006, г. Новокузнецк, Россия

⁴ ООО «Шахта «Усковская», 654006, г. Новокузнецк, Россия

⁵ ООО НИЦ-ИГД, 650002, г. Кемерово, Россия

✉ e-mail: alzamid.prom@yandex.ru

¹ ALZAMIR Research and Production Association,
Kemerovo, 650056, Russian Federation

² Yuzhnaya Mine, Branch of Chernigovets JSC,
Kemerovo, 652430, Russian Federation

³ Rapsadskaya Coal Company LLC,
Novokuznetsk, 654006, Russian Federation

⁴ Uskovskaya Mine LLC, Novokuznetsk, 654006, Russian Federation

⁵ NIC-IGD LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation

✉ e-mail: alzamid.prom@yandex.ru

Опыт применения индикаторов нагрузки на анкерную крепь в условиях ООО «Шахта «Усковская» и ООО «Шахта «Южная», Филиал АО «Черниговец»

Experience of using load indicators for rock bolt support in conditions
of the Uskovskaya Mine and the Yuzhnaya Mine, Branch of Chernigovets JSC

DOI: <http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2024-8-102-107>

ЗАЯТДИНОВ Д.Ф.

Генеральный директор
ООО НПО «АЛЗАМИР»,
650036, г. Кемерово, Россия

ПЯТЕРИКИН Д.В.

Главный инженер
ООО «Шахта «Южная»
Филиал АО «Черниговец»,
652430, г. Березовский, Россия

БОБЫР В.А.

Главный специалист ООО «РУК»,
654006, г. Новокузнецк, Россия

ШНАЙДЕР Э.В.

Главный инженер
ООО «Шахта «Усковская»,
654006, г. Новокузнецк, Россия

В статье отражен принцип работы индикаторов нагрузки для контроля работоспособного и безопасного состояния анкеров крепи горных выработок. Рассмотрен опыт применения индикаторов нагрузки для анкеров первого уровня ИН(Н), индикаторов нагрузки для анкеров второго уровня ИН(В) совместно с индикаторами смещений пород кровли при формировании демонтажных камер в условиях ООО «Шахта «Усковская» и ООО «Шахта «Южная», Филиал АО «Черниговец».

Ключевые слова: анкерная крепь, горные породы, кровля, нагрузка, несущая способность, приконтурный массив, геомеханическое состояние.

Для цитирования: Опыт применения индикаторов нагрузки на анкерную крепь в условиях ООО «Шахта «Усковская» и ООО «Шахта «Южная», филиал АО «Черниговец» / Д.Ф. Заятдинов, Д.В. Пятерикин, В.А. Бобыр и др. // Уголь. 2024;(8):102-107. DOI: 10.18796/0041-5790-2024-8-102-107.

Abstract

The article describes the operating principle of load indicators used to monitor the functional and safe condition of rock bolts in the mine support. The experience of using the IN(N) load indicators for the first level rock bolts and the IN(V) load indicators for the second level rock bolts together with the roof rock displacement indicators while creating the recovery room is considered for conditions of the Uskovskaya Mine and the Yuzhnaya Mine, Branch of the Chernigovets JSC.

Keywords

Rock bolt support, rocks, roof, load, bearing capacity, boundary rock mass, geomechanical condition.

For citation

Zayatdinov D.F., Pyaterikin D.V., Bobyr V.A., Shnajder E.V., Pozolotin A.S., Larchenko V.S. Experience of using load indicators for rock bolt support in conditions of the Uskovskaya Mine and the Yuzhnaya Mine, Branches of Chernigovets JSC. *Ugol'*. 2024;(8):102-107. (In Russ.). DOI: 10.18796/0041-5790-2024-8-102-107.

ПОЗОЛОТИН А.С.

*Канд. техн. наук,
генеральный директор ООО НИЦ-ИГД,
650002, г. Кемерово, Россия*

ЛАРЧЕНКО В.С.

*Заместитель технического директора
ООО НИЦ-ИГД,
650002, г. Кемерово, Россия*

ВВЕДЕНИЕ

Первоначальное требование для визуального контроля работоспособности анкерной крепи с помощью индикаторов нагрузки совместно с индикаторами смещений ИС (РГ) было изложено в п. 9.5 «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России» [1]. После вступления в действие Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» [2, 3] трактовка требования к осуществлению визуального контроля работоспособности анкерной крепи, согласно п. 22, видоизменилась, тем не менее оценка фактических силовых нагрузок на анкеры крепи горных выработок не потеряла своей актуальности.

Анкерная крепь¹ в период всего срока службы испытывает вертикальные и горизонтальные нагрузки. Распределение напряжений зависит от условий проведения, поддержания и эксплуатации горных выработок и их сопряжений, при этом максимальная концентрация нагрузок на анкерную крепь происходит в зонах:

- повышенного горного давления (ПГД) от целиков и краевых частей, оставленных при разработке смежных пластов;
- опорного давления при ведении очистных работ;
- влияния геологических нарушений;
- неустойчивых вмещающих пород кровли;
- увеличения ширины горных выработок и сопряжений более шести и восьми метров, соответственно.

Применение индикаторов смещений при контроле работоспособности анкерной крепи ограничено предоставлением информации только о величине и глубине смещений вмещающих пород кровли, что не позволяет вести оценку фактических нагрузок на анкерную крепь по остаточной несущей способности, а также по направлению воздействия нагрузок. Это обстоятельство усложняет принятие обоснованных решений по приведению анкерной крепи в работоспособное состояние.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Компания НПО «АЛЗАМИР» реализует комплексный подход к решению вопросов контроля работоспособности анкерной крепи путем совместного применения индикаторов нагрузки первого ИН(Н) и второго ИН(В) уровней с индикаторами смещений (ИС).

Индикаторы нагрузки ИН(Н), ИН(В) предназначены для контроля безопасных и критических нагрузок массива горных пород на анкеры с металлическими, канатными или композитными стержнями в горных выработках и их сопряжениях различного назначения, вне зависимости от условий проведения и поддержания.

Индикаторы нагрузки ИН(Н) и ИН(В) имеют сертификат соответствия № 04294, а также защищены патентом Российской Федерации на полезную модель № 202220 [4].

¹ ГОСТ 31559-2012 *Крепи анкерные. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 16 с.*

Индикаторы нагрузки ИН(Н) и ИН(В) соответствуют всем нормам и требованиям в области промышленной безопасности при эксплуатации опасного производственного объекта.

Каждый индикатор обработан антикоррозионным составом, что значительно увеличивает срок службы изделия.

Габаритный размер (высота индикатора) разработан с учетом п. 11 Приложения № 15 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах» [2], следовательно, при установке индикатора на анкерную крепь с решетчатой затяжкой, опорным элементом и гайкой выступающая часть анкера в горную выработку не превышает 150 мм. Схема установки индикатора нагрузки представлена на рис. 1. Установленный на анкер индикатор нагрузки совместно с индикатором смещения представлен на рис. 2.

Порядок установки индикатора нагрузки: на установленный анкер 1 монтируется опорный элемент 2, далее устанавливается индикатор нагрузки 3 и накручивается гайка 4. Индикатор нагрузки 3 устанавливается на анкер 1 красной ступенью индикации вверх (к массиву пород). После установки индикатора 3 и накручивания гайки 4 осуществляется затягивание гайки: для кровли – не менее 200 Н, для бока – не менее 100 Н.

В режиме нарастающего сопротивления при установленной индивидуальной нагрузке, с учетом расчетных паспортных параметров крепи (например, 75 кН на ИН(Н) и 126 кН на ИН(В)) происходит смятие зеленой ступени индикации, крепь работает в режиме нарастающего сопротивления. Это обозначает, что анкерная крепь находится в работоспособном состоянии, но требует контроля за динамикой деформаций индикаторов и опорных элементов крепи.

В режиме постоянного сопротивления при установленной нагрузке для второго уровня, например в 100 кН на ИН(Н) и 168 кН на ИН(В), происходит деформация ступени красной индикации. Деформация ступени красной индикации сигнализирует о том, что анкерная крепь работает в режиме критических нагрузок, близких к паспортным значениям несущей способности анкеров, и в дальнейшем анкерная крепь перейдет в предельное состояние. В этом случае действие нагрузок на анкеры крепи, превышающих их сопротивление, вызовет разрывы анкеров или прорывы гаек через

опорные шайбы. Следовательно, кровля горной выработки перейдет в неустойчивое состояние и впоследствии приведет к обрушению массива вмещающих пород кровли.

Оценку состояния крепи и приконтурного массива вмещающих пород по положению индикаторов нагрузки рекомендуется вести в комплексе с индикаторами смещений.

Исходя из положения индикаторов нагрузки и индикаторов смещений на контрольных станциях появляется возможность объективной оценки состояния массива вмещающих пород и анкерной крепи:

- срабатывание зеленой и красной ступеней индикации ИН не произошло, индикаторы смещения находятся в «зеленой» зоне – крепь работает в режиме заданного распора, состояние работоспособное;

- при срабатывании зеленой ступени индикации ИН и динамике на индикаторах смещения до 50 мм крепь работает в режиме нарастающего сопротивления, крепь находится в работоспособном состоянии, но испытывает вертикальные нагрузки. В этом случае необходимо усилить контроль за динамикой деформаций индикаторов,

опорных элементов крепи и смещений вмещающих пород кровли;

- при срабатывании красной ступени индикации ИН и динамике деформаций на индикаторах смещения до 50 мм крепь работает в режиме критических вертикальных нагрузок, состояние работоспособное, необходимо оперативное усиление крепи выработки более длинными анкерами;

- при динамике деформаций на индикаторах смещения (контурный, промежуточный) более 50 мм и при любом положении зеленой и красной ступеней индикации ИН происходят критические расслоения в кровле выработки, что сигнализирует о неработоспособном состоянии крепи первого уровня, при котором требуется оперативное усиление крепи выработки анкерами второго уровня большей длины;

- при динамике деформаций на индикаторах смещения (базовый) более 50 мм и при отсутствии деформаций зеленой и красной ступеней индикации ИН происходят критические расслоения в кровле выработки выше замков закрепления анкеров второго уровня, крепь неработоспособна. Необходимо оперативное усиление крепи выработки подпорной крепью или более длинными канатными анкерами на основании результатов видеозендоскопического исследования вмещающих пород кровли;

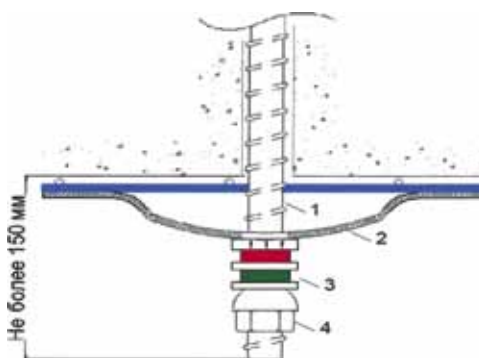


Рис. 1. Схема установки индикатора нагрузки: 1 – анкер; 2 – опорный элемент; 3 – индикатор нагрузки ИН(Н) / ИН(В); 4 – гайка

Fig. 1. Installation diagram of the load indicator: 1 – rock bolt; 2 – supporting element; 3 – IN(N) / IN(V) load indicator; 4 – nut



Рис. 2. Установленный индикатор нагрузки ИН(Н) совместно с индикатором смещения ИС

Fig. 2. Installed IN(N) load indicator together with the IS displacement indicator

– при срабатывании зеленой ступени индикации ИН и отсутствии динамики на индикаторах смещений крепь работает в режиме нарастающего сопротивления, крепь находится в работоспособном состоянии с возможным появлением горизонтальных нагрузок. Необходимо усилить контроль за динамикой деформаций индикаторов, опорных элементов крепи и смещений (вертикальных, горизонтальных) вмещающих пород кровли с проведением оценки геомеханического состояния видеэндоскопическим способом;

– при срабатывании красной ступени индикации индикаторов нагрузки и отсутствии динамики на индикаторах смещений крепь работает в режиме критических горизонтальных нагрузок, необходимо оперативное усиление крепи выработки анкерами той же длины, но с большей плотностью их установки.

Предлагаемый способ контроля работоспособности анкерной крепи успешно применяется на шахтах Кузбасса, Воркуты, Якутии, Ростовской области и Хабаровского края [5, 6, 7].

Так, например, рассматриваемый способ контроля работоспособности анкерной крепи показал высокую эффективность в условиях ООО «Шахта «Усковская». При формировании демонтажной камеры 48–06 очистным механизированным комплексом индикаторы нагрузок ИН(Н), ИН(В) устанавливались на анкера первого и второго уровней совместно с индикаторами смещений в районе каждой десятой секции, схема установки представлена на рис. 3.

Фиксация показаний с индикаторов нагрузки и индикаторов смещения происходила с ежесуточной периодичностью с занесением результатов в оперативные журналы. В течение семи суток при визуальном осмотре состояния анкерной крепи и фиксации показаний с замерных станций в демонтажной камере 48–06 в районе секций №№ 128–136 на замерной станции № 13 наблюдались стабильный рост смещений вмещающих пород кровли и увеличение напряжений на анкерную крепь первого уровня.

На основании полученных данных был построен график зависимости увеличения нагрузок на анкерную крепь от смещений пород кровли демонтажной камеры 48–06. График зависимости увеличения нагрузок на анкерную крепь от смещений пород кровли представлен на рис. 4.

Из графика следует, что смещения вмещающих пород кровли изначально происходили на глубинах до 3,0 м, данные смещения зафиксированы контурным и промежуточным индикаторами смещения. Наряду со смещениями происходила деформация зеленых ступеней на ИН(Н), ИН(В). После полного смятия зеленой ступени индикации индикатора ИН(Н). Крепь первого уровня в данный отрезок времени работала в режиме критических нагрузок. Далее в течение двух суток динамика смещений наблюдалась только на промежуточном индикаторе смещений, установленном на глубине 3,0 м, и составила в общем 60 мм, совместно с этим произошла полная деформация зеленой ступени индикации индикатора нагрузки ИН(В).

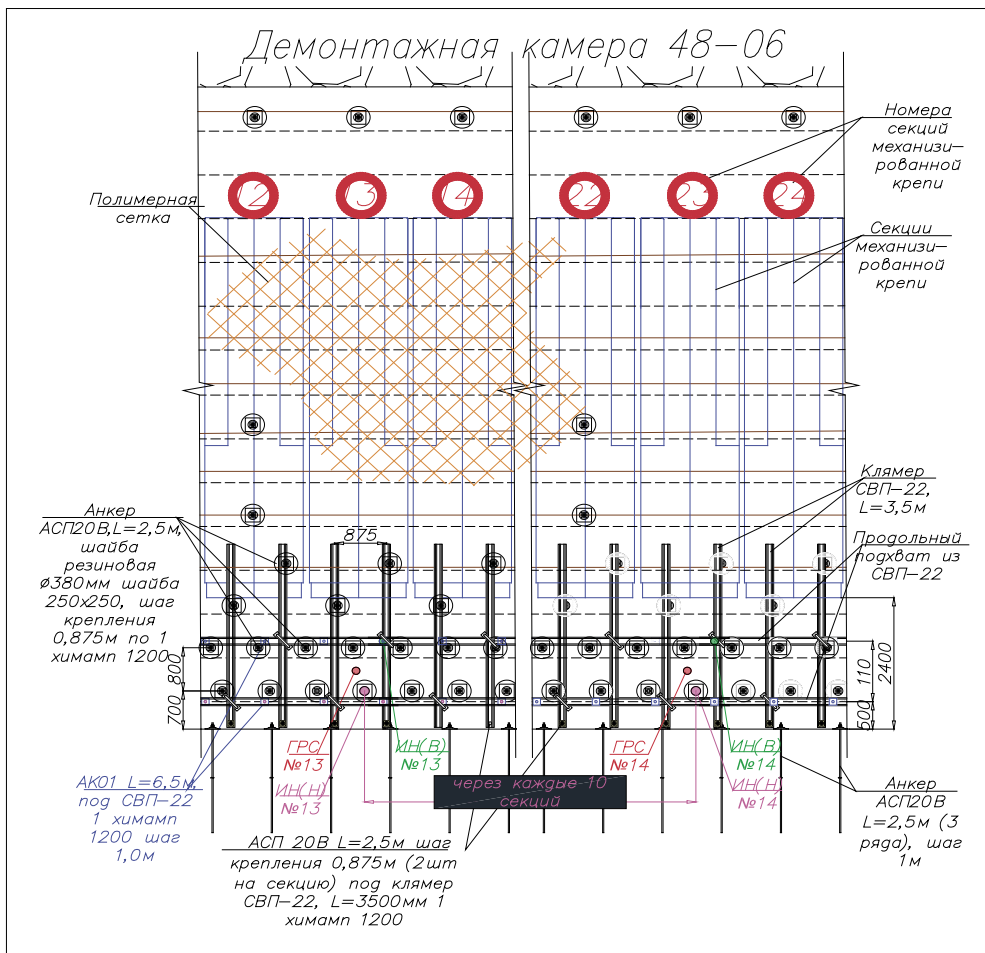


Рис. 3. Схема установки индикаторов смещения и индикаторов нагрузки при демонтаже механизированного комплекса

Fig. 3. Installation diagram of the displacement indicators and load indicators when disassembling the mechanized complex

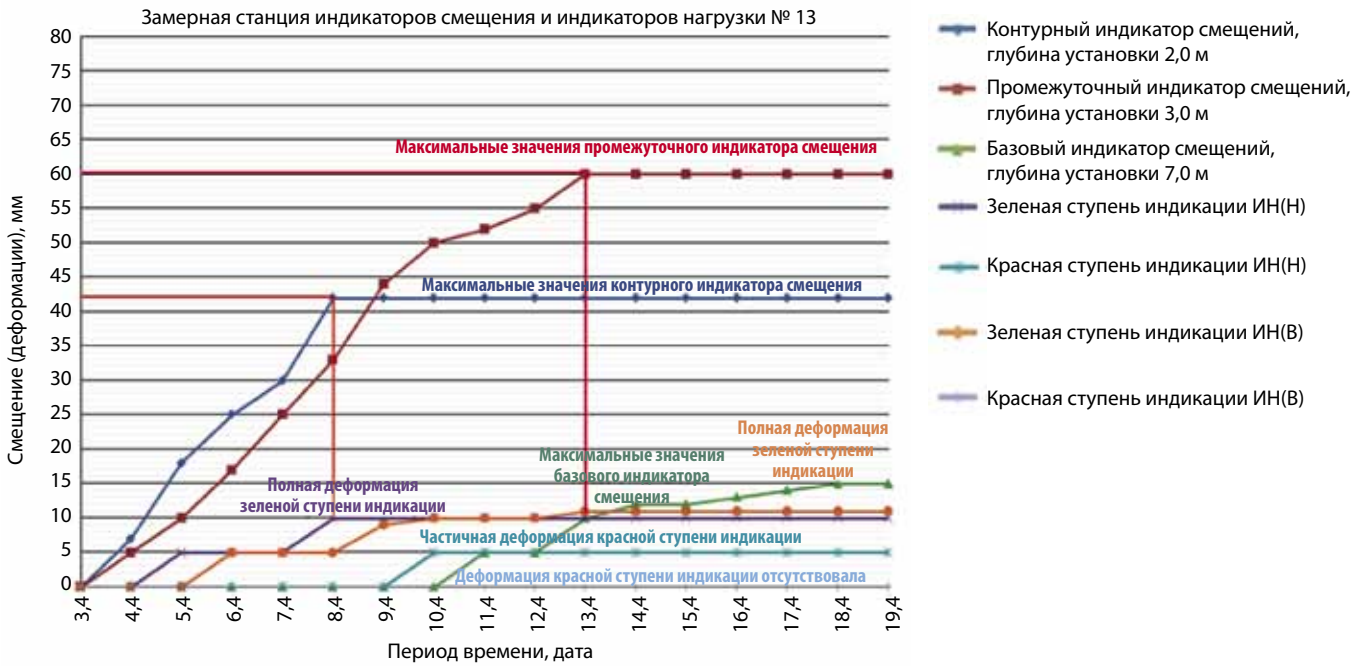


Рис. 4. График зависимости увеличения нагрузок на анкерную крепь от смещений пород кровли
 Fig. 4. A dependence graph of the increased rock bolt loads versus the roof rock displacements

Длина анкеров первого уровня составляла 2,5 м, исходя из показаний промежуточного ИС, критические смещения происходили выше замка анкерования, анкерная крепь первого уровня воспринимала критические нагрузки.
 Анкерная крепь второго уровня находилась в работоспособном состоянии, воспринимая нагрузки ниже критических значений рис. 5.
 Внедренная схема установки индикаторов смещения и индикаторов нагрузки обеспечила своевременное принятие мер главным инженером шахты, который оперативно принял решение по увеличению плотности установки

анкерной крепи второго уровня. Впоследствии смещения пород кровли и проявление давления на анкерную крепь стабилизировались.
 В условиях ООО «Шахта «Южная», Филиал АО «Черниговец» для проведения демонтажной камеры 2В были разработаны «Рекомендации по креплению демонтажной камеры 2В по пласту Владимировский – II при формировании ее проходческим комбайном», где в опасной зоне № 328 от геологического нарушения для дополнительного нагруженного состояния было рекомендовано установить индикаторы нагрузки.



Рис. 5. Смещения на контурном и промежуточном индикаторах смещения и деформация зеленой ступени индикации на индикаторе нагрузки ИН(В)
 Fig. 5. Displacements on the edge and intermediate displacement indicators, and deformation of the green indication stage on the IN(V) load indicator

В ходе визуального контроля анкерной крепи демонтажной камеры 2В было зафиксировано увеличение нагрузки на анкерную крепь сработавшими индикаторами нагрузки типа ИН(Н) и ИН(В) в районе опасной зоны № 328:
 – 1 октября 2021 г. в районе секций № 92, № 102, № 105, № 122 и № 124 зафиксировано срабатывание зеленой ступени индикатора, крепь находилась в работоспособном состоянии, в режиме заданного распора, но при этом был усилен контроль на данном участке выработки;
 – 15 октября 2021 г. в районе секций № 102, № 106, № 117, № 118 зафиксированы срабатывание красной ступени ИН, деформация опорных элементов и муфт анкеров второго уровня, крепь находилась в работоспособном состоянии, но работала в режиме критических вертикаль-

ных нагрузок. Главным инженером шахты своевременно и оперативно принято решение по увеличению плотности установки анкеров второго уровня в районах срабатывания красной ступени ИН. Впоследствии проявления горного давления на крепь выработки стабилизировались;

– 18 октября 2021 г. в районе секций №№ 107-113 зафиксированы критические смещения на базовом ИС, установленном выше замка закрепления анкеров второго уровня, динамика деформаций ИН отсутствовала, крепь находилась в неработоспособном состоянии. Главным инженером шахты принято решение по установке подпорной крепи с проведением научно-исследовательских работ по геомеханическому обследованию пород кровли.

По результатам геомеханического обследования пород кровли демонтажной камеры 2В при помощи видеоэндоскопа 18 октября 2021 г. специалистами ООО НИЦ – ИГД в районе секций №№ 107-113 были выявлены нарушения, представленные трещинами и расслоениями пород, сопровождаемые смятием и дроблением пород кровли выше замка закрепления анкеров второго уровня.

На основании научных изысканий главным инженером шахты принято решение на данном участке отказаться от установки канатных анкеров, а усиление произвести крепью подпорной стоечной.

Благодаря совместному контролю нагрузок на анкерную крепь, динамики смещений вмещающих пород кровли и оперативному принятию верных своевременных решений по усилению крепи удалось сформировать демонтажную камеру 2В и обеспечить безаварийное поддержание и эксплуатацию на весь период демонтажных работ.

ВЫВОДЫ

Применение индикаторов нагрузки ИН(Н), ИН(В) совместно с индикаторами смещений (ИС) на угольных шахтах обеспечивает:

- определение вектора распространения нагрузок на анкерную крепь (горизонтальные, вертикальные);
- принятие объективных решений по увеличению плотности установки либо необходимой длины анкеров крепи первого и второго уровней;
- оперативное проведение оценки работоспособности анкерной крепи и принятие решений по усилению анкерами второго уровня или подпорной крепью;
- проведение мониторинга распределения горного давления на двухуровневую анкерную крепь и принятие решений о возможности уменьшения параметров крепи усиления за счет увеличения плотности установки анкерной крепи первого уровня;
- увеличение темпов проведения работ, сокращение затрат на перекрепку (ремонт) горных выработок в связи с неверно принятыми решениями при выборе параметров по усилению крепи в сложных и особо сложных горно-геологических условиях.

Положительный опыт применения индикаторов нагрузки ИН(Н), ИН(В) совместно с индикаторами смещений ИС на угольных шахтах России доказывает эффективность данного способа контроля работоспособности анкерной крепи в различных горнотехнических и горно-геологических условиях.

Список литературы • References

1. Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах России. СПб., 2000. 70 с.
2. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Инструкция по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора № 448 от 19.11.2020 и зарегистрированные в Минюсте России 30.12.2020 № 61961.
3. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности в угольных шахтах», утвержденные приказом Ростехнадзора № 507 от 08.12.2020 и зарегистрированные в Минюсте России 18.12.2020 № 61587;
4. Патент 202220 Российская Федерация. Индикатор нагрузки на крепь подземных горных выработок / Заятдинов Д.Ф., Позолотин А.С.; заявитель и патентообладатель Заятдинов Д.Ф., Позолотин А.С. Заявл. № 2020125008; приоритет полезной модели 20.07.20; рег. в гос. реестре полезных моделей РФ 08.02.21.
5. Контроль состояния горных выработок с анкерной крепью / В.В. Виноградов, А.П. Круковский, Л.Г. Адорская и др. // Геотехническая механика. 2006. Вып. 64. С. 246-252. Vinogradov V.V., Krukovskiy A.P., Adorskaya L.G., Khvorostyan V.A. The control of development opening condition. *Geotekhnicheskaya mekhanika*. 2006;(64):246-252. (In Russ.).
6. Современные технологии анкерного крепления: опыт применения и перспективы / В.И. Клишин, П.В. Гречишкин, А.А. Серов и др. // Рудник будущего. 2012. Вып. № 3(11). С. 89-96. Klishin V.I., Grechishkin P.V., Serov A.A., Razumov E.A. Modern technologies of anchorage: experience and perspectives. *Rudnik budushchego*. 2012;3(11):89-96. (In Russ.).
7. Механика горных пород и устойчивость выработок шахт Кузбасса / В.М. Станкус, В.Г. Кожевин, В.А. Муратов и др. Кемерово, 1973. 345 с.

Authors Information

Zayatdinov D.F. – Director General, ALZAMIR Research and Production Association, Kemerovo, 650056, Russian Federation, e-mail: alzamir.prom@yandex.ru

Pyaterikin D.V. – Chief Engineer of Yuzhnaya Mine, Branch of Chernigovets JSC, Kemerovo, 652430, Russian Federation

Boby V.A. – Chief Specialist, Rospadskaya Coal Company LLC, Novokuznetsk, 654006, Russian Federation

Shnajder E.V. – Chief Engineer of Uskovskaya Mine LLC, Novokuznetsk, 654006, Russian Federation

Pozolotin A.S. – PhD (Engineering), Director General, NIC-IGD LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation, NIC-IGD@yandex.ru

Larchenko V.S. – Deputy Director General, NIC-IGD LLC, Kemerovo, 650002, Russian Federation

Информация о статье

Поступила в редакцию: 15.05.2024

Поступила после рецензирования: 15.07.2024

Принята к публикации: 26.07.2024

Paper info

Received May 15, 2024

Reviewed July 15, 2024

Accepted July 26, 2024