

ного влияния на электросопротивление повышенных трещиноватости, действующих в массиве напряжений и геофльтрации.

Для оценки развития трещинообразования в породном массиве используется коэффициент трещиноватости (разрыхления пород), характеризующий ее по глубине зондирования массива:

$$K_p = 1 + \frac{\lg \rho - \lg \rho_1}{\lg \rho_2}, \quad (2)$$

где  $\rho$ ,  $\rho_1$ ,  $\rho_2$  – кажущееся удельное сопротивление нарушенных, ненарушенных пород, заполнителя трещин ( $\rho_2 = 10^4$  Ом · м);  $AB/2$  – полуразное питание электродов, величина которого характеризует глубину зондирования массива пород.

Величина  $K_p$  колеблется в пределах 1,05-1,25, большие его значения присущи более нарушенным породным массивам.

Предлагаемая методика апробирована на угольных, калийных и гипсовых шахтах и рекомендуется для широкого промышленного внедрения.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по геофизической диагностике состояния системы «крепь – породный массив» вертикальных стволов. Дополнение к «Пособию по восстановлению крепи и армировки стволов. РД 12.18.073-88»/ А.Ф. Булат, А.А. Яланский, И.Г. Косков и др. – Донецк: ООО «Лебедь», 1999. – 42 с.

УДК 622.281.74 – 034.14

Г.В. Дубровин

### КАНАТНЫЕ АНКЕРЫ ИЗ СТАЛЬНЫХ ТРОСОВ

Розглянуто питання застосування тросових анкерів для кріплення гірничих виробок вугільних шахт.

Л.: 4, Бібліогр.: 9 найм.

Идея использования анкерной крепи из стального троса (каната) была подхвачена вначале 70-х годов, но первоначальные решения, охарактеризованные в работе [1], остались вне внимания новых разработчиков. Все работы, посвященные анкерной крепи из канатов, в качестве закрепляющих средств берут смолы или цементный раствор с подачей в скважину при помощи насосов с применением смесеподающих и воздухоотводящих трубок и анкерных элементов для монтажного подвешивания канатов в скважине [3].

К концу 80-х годов канатная крепь нашла широкое применение в Австралии, Финляндии, Канаде, Швеции, США и Испании. Высокий уровень механизации ее возведения достигнут в горнорудной промышленности, где применили высокопроизводительные анкероустановочные машины. Они обеспечивали: бурение скважины; подачу каната с барабана и его разрезание на заданные отрезки, с оснасткой его концов соответствующими приспособлениями для предварительного размещения в скважине; и подачу цементирующей смеси для окончательного закрепления анкера. Так, например, машина фирмы "Тамрок" (Финляндия) обеспечивает весь комплекс работ, имея на барабане канат длиной 1000 м [4]. Ведущее положение, как в практических, так и в научно-исследовательских работах в проблематике анкерной канатной крепи занимают Австралия и Канада. Так, в Канаде ежегодно возводится 936 тыс. метров канатной крепи на общую сумму по затратам 25,1 млн. долл.[5].

Известно [6], что крепление с помощью канатных анкеров в новейшее время, то есть в 70-80 годы, было начато в Австралии, где эта крепь считается вторичной при ведении работ в подготовительных выработках угольных шахт. Следует сказать, что другие типы вторичной крепи включают деревянные, бетонные и железобетонные (из готовых элементов) костры, монолитные бутовые полосы и стальные стойки.

В Австралии канатная анкерная крепь впервые была разработана для условий подземных рудников. Хорошие результаты, полученные в рудниках, *вызвали интерес* у администрации подземных угольных шахт и разрезов, и к началу 80-х годов эта технология стала успешно применяться в угольных шахтах. Комплекс задач, связанный с проектированием, возведением, эксплуатацией и контролем анкерной канатной крепи, здесь разделяют на пять групп [7]:

- 1 — *область применения;*
- 2 — *оборудование;*
- 3 — *факторы, определяющие выбор крепи;*
- 4 — *измерения и прогноз работы крепи;*
- 5 — *текущие исследования и разработки.*

Основным типом современной анкерной крепи из стального троса чаще всего является трос из семи проволок. Его диаметр 15,2 мм, предел текучести 210 кН, предел прочности 250 кН, типичные затраты около 1,2 долл./м. Практическое применение нашли два типа канатов: BIRDCAGE — торговая марка фирмы "Рок Инжиниринг Пти ЛТД" и "GARFORD BULB ANCHOR" — торговая марка фирмы "GARFORD

Пти ЛТД", характерным различием которых являются разные утолщения по длине канатов. При этом цена канатов возрастает до 2,7 долл. /м.

Для закрепления каната применяют два типа смесей: *смола и цементный раствор*. Смолу используют в тех случаях, когда требуется быстрое, по времени, закрепление каната с высокой грузонесущей способностью, например, до 12 часов; цементные смеси — от суток до двух.

В качестве расходных материалов следует указать химические добавки в цемент, трубки для введения смесей, трубки для выхода воздуха. Чаще всего — это полиэтиленовые трубки диаметром до 20 мм. Интересным решением является предложение к использованию стального троса с трубчатым элементом проходящим внутри. После установки такого троса в проектное положение сквозь трубчатый элемент нагнетается цементный раствор, который заполняет пространство между анкером и стенкой шпура.

Канатная анкерная крепь в качестве вторичной (*вспомогательной*) применяется во вскрывающих выработках, в монтажных и демонтажных камерах для оборудования длинных забоев, особенно в тех зонах, где наиболее ярко проявляются неблагоприятные условия (например, сопряжение штрек-лава). Во многих случаях первичная крепь — обычная анкерная — устанавливается на стадии проходки, а канатная, вторичная, когда очевидно, что первичная не справляется со своей задачей.

Важнейшим фактором для выбора системы крепления в целом и канатной в частности считается *анализ* разрушений в выработках аналогичных условий в прошлом и *сопоставление* их с условиями во вновь эксплуатируемых выработках, когда в качестве основы берут так называемую "классификацию пород" и методологию НАНТ (Австрия). На этом основании обсуждается ситуация с учетом ориентации выработок в поле напряжения; определяются их размеры, устойчивость целиков и вмещающих пород с применением определенных крепежных систем. В итоге даются конкретные рекомендации, когда оговариваются и вторичные крепежные средства, в том числе и канатные. Следует отметить, что за последнее время очень сильно сблизилась анкерно-стяжная крепь и канатная по своим конструктивным особенностям и по задачам, которые ставятся перед этими средствами крепления (рис. 4).

Работа крепи контролируется достаточно хорошо известными методами по смещениям приконтурной зоны выработки. Важнейшим фактором, который определяет работу крепи, считается связь между канатом и породой, когда высококачественную связь получить доволь-

но трудно и не менее трудно оценить качество ее состояния. Исследования показывают, что грузонесущая способность канатной крепи, не всегда определяется прочностью каната на растяжение, но нагрузкой, которая может восприниматься канатом, когда массив начинает свои перемещения, а это функция и прочности связи, и свойств каната (стали) на растяжение. Другим важнейшим фактором, который предопределяет устойчивость выработки, считается величина предварительного напряжения канатного анкера, которая передается еще не успевшей подвергнуться расслоению приконтурной зоне, когда передний конец анкера закреплен за границей зоны возможного разрушения (ЗВР). Под зоной возможного разрушения понимается область приконтурной выработки, которая, утратив подпор со стороны отработанного породного массива подвержена трещинообразованию и разрыхлению. Предполагается, что канатная крепь помогает решать три основные задачи, которые зависят от прочности связи:

— *простое упрочнение, когда канаты вводятся на глубину до 10 м без каких-либо подпорных элементов и взаимосвязи между собой;*

— *упрочнение с ограниченной подпорной способностью через плиты и крепление в системе анкерно-стяжной крепи, когда обеспечивается: высокая грузонесущая способность каждой пары;*

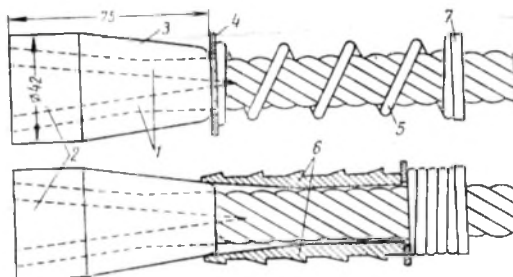
— *эффективное взаимодействие между породой и анкерно-стяжной крепью и высокая прочность связи каждого каната со стенками скважины.*

Фактически, своевременное изучение и анализ мирового опыта по управлению горным давлением в угледобывающей промышленности, его практическое приложение к действительности, а также *своевременное* решение проблемных задач на действующих шахтах — *непременный* залог успешного функционирования отрасли в целом.

Одна из первых опубликованных и широко известных работ по анкерной крепи из стального троса, подводивших своеобразный итог использования стальных канатов, появилась в 1960 г. в Германии [1]. В ней освещались достоинства и недостатки канатных анкеров закрепляемых цементной смесью. Обосновывался переход к новому типу канатного анкера, закрепляемого механическим распорным замком. В этом случае комплект анкерной крепи состоял из проволочного каната определенной длины, конусных головок, закрепляемых на обоих концах каната при помощи внутренних и внешних распорных клиньев. Канат мог быть любого типа диаметром около 20 мм и прочностью на

растяжение отдельных проволок  $160 \text{ кг/мм}^2$ , а длина составляла 4,5-6,0 м.

При помощи конусных головок-втулок и четырех распорных внешних клиньев канат закрепляли в скважине. Головки и клинья изготавливались из ковкого чугуна. Собственно головка выполнялась в виде втулки с внешней и внутренней конусностью, рис. 1.



1 — проволочный канат; 2 — клин; 3 — гильза; 4 — накладная пластина; 5 — пружина; 6 — распорные клинья; 7 — ограничительная пластина

Рис. 1. Конструкция канатного анкера

Головку крепили на канате при помощи тонкого клина ударами молотка в сужающееся отверстие втулки. Сила сцепления между клином, канатом и втулкой надёжно удерживает канат в головке. После того как концы каната снабжены головками, гидроустройством, которое обеспечивает тягу за головку с заданным усилием, например, для каната  $d=20 \text{ мм}$  — усилие 15 т, клин полностью входит во втулку. При этом проверяется несущая способность канатной анкерной крепи еще в процессе изготовления, отбраковывая троса с дефектными участками.

Новый тип крепи нашел достаточно широкое распространение, а ее поставку обеспечивали сразу несколько фирм: "Герман Шварц КГ"; Унтертаге ГмБХ и др.

Канатные анкеры чаще всего изготавливались из старых тросов: они и дешевле и воспринимают нагрузку без заметного растяжения. Было отмечено особое положительное свойство такого анкера — высокая несущая способность при незначительном диаметре в результате втрое более высокой прочности на растяжение по сравнению со стальными штангами, а также отсутствие ослабленных мест и резьбы; они легки и удобны в обращении и очень экономичны при

транспортировке. Но трудоемкость в изготовлении и относительно высокая стоимость анкерной головки вынуждают искать более приемлемые решения.

Сравнительные испытания канатных анкеров (старые канаты от скрепера диаметром 20 мм) и анкеров обычного типа с распорными гильзами в соленосной породе дали положительные результаты в пользу первых (рис. 2.)

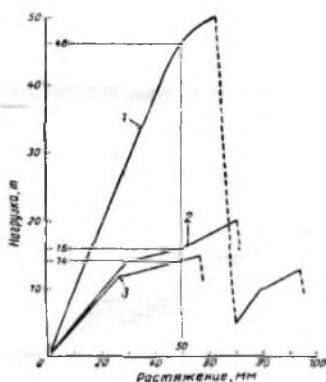
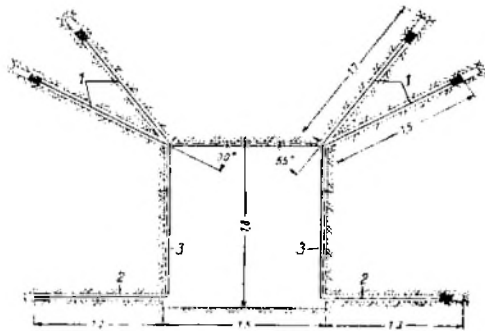


Рис. 2. Характеристика канатного анкера (1) и двух анкеров обычного (стержневого) типа с распорными гильзами (2 и 3)

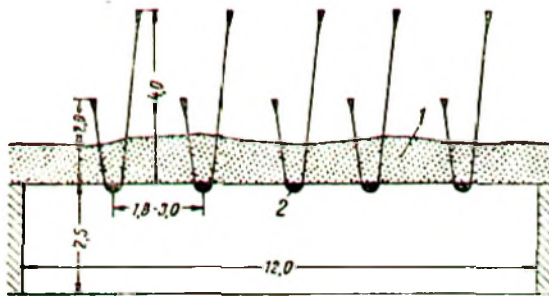
Канатный анкер обоими концами раскрепляли под углом  $60^\circ$  с натяжением гидропрессом до разрыва. Как видно на рис. 2, канатный анкер имеет более крутую характеристику и воспринимает большую нагрузку при меньшем удлинении. При растяжении до 50 мм его несущая способность достигает 46 т, в то время как оба анкера с распорными гильзами при том же растяжении воспринимают лишь 14 и 16 т, уже находясь в состоянии текучести. После разрыва отдельных проволок канатный анкер вновь воспринимает нагрузку.

Новую анкерную крепь применили, как и прежнюю, в буроугольных и калийных шахтах с цементным закреплением канатных анкеров, а схемы крепления при этом выбирались из различных вариантов, рис. 3 и 4. Каждый комплект крепи устанавливали одновременно в две скважины одинаковой глубины — в буроугольных шахтах, рис. 3, в калийных шахтах — различной глубины, рис. 4. В общем же случае такая крепь устанавливалась одним способом и в том, и в другом случае.



1 — анкер в кровле; 2 — анкер в боку выработки; 3 — затяжка.  
 Длина каната 4,5 м, диаметр 20-22 мм

Рис. 3. Схема установки канатно-анкерной крепи в штреке бурогольной шахты



1 — зона нарушений сплошности пород; 2 — распил длиной 30 см.  
 Длина каната 6 м, диаметр 20 мм

Рис. 4. Канатно-анкерная крепь в штреке на калийной шахте

После снаряжения каната одной из головок (см. рис. 1), анкер вводится в скважину на заданную глубину и потягиванием за его оставшийся конец раскрепляется в скважине. Вторая головка насаживается на трубу с пазом, канат укладывается в паз и весь блок (канат с трубой) вводится в другую скважину. Удар по трубе сопровождается одновременной тягой за канат, и клинья на головке, перемещаясь по ней, заклинивают ее (головку) в скважине. Натяжение каната обеспечивалось

забивкой клиньев между подкладкой и канатом (или породой), или при помощи гидравлического домкрата с натяжением до 5 т.

*Внедрение новой крепи в некоторых случаях сопровождалось падением производительности труда при проходке почти наполовину, поскольку у рабочих еще не было навыка работы по установке этой крепи. Кроме того, возникли трудности при затяжке выработок.*

Для решения этой проблемы вначале ставили временную деревянную крепь, а через 4-5 метров заменяли канатной. Испытано достаточно много различных вариантов возведения новой крепи и накоплен большой опыт для различных условий в бурогольных шахтах, калийных шахтах и в шахте по добыче глины.

В каменноугольных шахтах Германии новая крепь применяется с 1965 года [2] с теми же конструктивными особенностями (см. патент ФРГ № 1.104.471 от 05.11.56 и патент Франции № 1.331.338 от 21.07.61, выданные изобретателю М.О. Эккерту), но с другими схемами размещения. Так, в первом одном варианте, для выработок прямоугольного сечения шириной 5 м ставили поперек один комплект, второй комплект на ширину 3 м с шагом между ними в 1 м. Во втором варианте ставили пятиметровые комплекты поперек выработки через 1 м, и вдоль выработки трехметровые комплекты. В третьем варианте пятиметровые комплекты использовались с тремя вертикальными штангами. Сообщалось о хороших результатах, *но под воздействием разработок других типов крепей и под мощным давлением рыночной стихии канатная анкерная крепь из немецкой каменноугольной промышленности исчезает вплоть до настоящего времени.*

Канатная анкерная крепь на современном уровне ее развития привлекает внимание сосредоточения работ по следующим направлениям [8]:

а) разработать требования к крепи с учетом напряженного состояния массива и возможностей обрушения породных блоков;

б) определить грузонесущую способность крепи как зависимость от прочности отдельных ее элементов и от закрепления каната в скважине с учетом деформационной реакции и работы системы крепь/порода;

в) выявить ограничения, вызванные техническими и экономическими факторами;

г) совершенствование отдельных узлов и элементов, крепежных анкерно-канатных и анкерно-стяжных крепей, учитывая их использо-



вание как в качестве первичных, так и в качестве вторичных крепежных средств.

В Украине достаточно давно ведутся исследования возможности применения канатных анкерных крепей. За последние десятилетия собрана и обобщена информация о применении анкерной крепи с учетом мирового опыта. Однако, несмотря на их значительные преимущества, канатные анкера в Украине не применялись, даже в экспериментальном порядке и обусловлено это было отсутствием расчетной математической модели, технологии и оборудования, материально-технической базы и необходимых для этого высококвалифицированных специалистов.

С началом внедрения сталеполлимерной анкерной крепи из металлических штанг на шахтах Донецкого угольного бассейна появилась возможность вплотную заняться проблемой использования канатных анкеров и канатной анкерно-стяжной крепи. Первоначально — на проблемных участках сопряжения штрек-лава, где возникает необходимость установки анкеров длиной более 3 метров, в последующем накопив определенный опыт — изыскать методы и возможности охраны выработок для повторного использования. С приобретением некоторыми шахтами Донбасса современного бурового оборудования появилась возможность с высокой скоростью и качественно устанавливать стержневые анкера, а, приобретя специальную оснастку и замковые элементы-концевики, устанавливать канатные анкера. Канатные анкера можно устанавливать как отдельные элементы крепи, так и путем объединения их между собой попарно или между анкерными рядами (поперек или вдоль выработки, по диагонали), образуя анкерно-стяжную (*сетчатую*) крепь. Нами может быть предложен более простой и эффективный метод по устройству анкерной крепи из стального троса:

- с закреплением троса в шпуре полимерным вяжущим;
- с закреплением цементным раствором;
- с механическим поворотным-распорным замком.

При этом в качестве гибких анкеров *предлагаем* применять бывшие в употреблении стальные троса диаметром 16-30 мм, которые подвергаются тестированию на пригодность и предварительно очищены от канатной смазки. Очистка поверхности каната от смазки производится в его распрямленном, натянутом положении механическим способом специальным устройством по определенной технологии. Предпочтение отдается стальным тросам с "левой" навивкой прядей. Анкер из троса с "левой" навивкой устанавливается в шпур буровым станком имеющим

"правое" вращение рабочего органа, и наоборот. При наличии у бурового станка реверса – ориентация прядей троса по направлению не имеет значения.

Уже сейчас можно с успехом использовать имеющееся на некоторых шахтах буровое оборудование фирмы "Шмидт и Кранц", оснащенное составными штангами для бурения шпуров глубиной до пяти метров. Буровой станок подвижно (с последующей его фиксацией в проектное положение) устанавливается на переносную раму, служащую упором, что позволяет с одной ее позиции бурить шпуров под различными углами на требуемую глубину, хотя при наличии гибкого бурового става процесс бурения упрощается [9]. Этим же станком производится установка канатного анкера в шпур, где он закрепляется полимерной смолой аналогично стержневым анкерам (*вариант 1*). Последующее его натяжение осуществляется кольцевым домкратом и фиксацией концевой обоймой (*шпур — закрепитель — тросовый анкер — сетка затяжки — подхват — анкерная плита — концевая обойма*).

Концевая обойма представляет собой цилиндрический стакан с наружной и внутренней резьбой и гайкой. Обойма надевается на трос, чьи пряди по отдельности входят в пазы и надежно фиксируются гайкой. В торец стакана вкручивается болт, который одновременно выполняет функции клина для троса и распорного сердечника для стакана с гайкой. Конструкция концевой обоймы позволяет производить фиксацию на любом участке троса. Эта особенность дает избежать случаев, когда тросовый анкер с жесткозакрепленным концевым крепежным элементом не удавалось дослать в шпур на требуемую величину и возникала проблема качественно поджать подхват с сеткой и шайбой к кровле.

В качестве опорной плиты используется сферическая шайба с заполнением ее полости в момент установки цементным раствором, содержащим древесные опилки. Данное заполнение выемки сферической шайбы обеспечивает более плотный ее контакт с поверхностью кровли, более полную передачу на нее нагрузки от приконтурной зоны выработки и, как следствие, более высокую несущую способность самой шайбы. При использовании одного патрона с быстротвердеющим составом (20-30 с) и остальных с замедленным твердением (200-400 с) обеспечивается временной интервал, необходимый для предварительного натяжения тросового анкера.

Во втором варианте предлагается устанавливать тросовый анкер с закреплением его в шпуре цементным раствором определенной консистенции, которая позволяет практически вручную досылать трос в

скважину. Так как в этом случае натяжка троса не производится, то концевая обойма закрепляется на трос после того, как цементирующий раствор наберет определенную прочность. Раствор подается через шланг в дно скважины. Шланг на определенной длине снабжен уплотнительной шайбой, которая выталкивает его из скважины по мере заполнения полости раствором. Или, раствор подается в устье скважины, а воздух выходит через тонкую полимерную трубку, проходящую вдоль анкера.

При использовании стального троса с "пустой" сердцевинной процесс установки канатного анкера в шпур упрощается - нагнетание цементного раствора производят сквозь его тело, когда анкер уже установлен. Такие анкера ставят как дополнительные, в уже закрепленную выработку, так как восприятие ими нагрузки наступает после набора прочности раствором. В третьем варианте предлагается устанавливать поворотно-распорный канатный анкер. Оба конца стального троса ( $d=14-22$  мм) снабженные поворотно-распорным замком вручную вводятся каждый в свой шпур. При обратной усадке на трос поворотно-распорный замок надежно расклинивается в стенке скважины. Таким образом, устраивается анкерно-стяжная крепь из стального троса (рис. 3). При необходимости полости между анкером и стенками шпура через шланг заполняют цементным раствором.

Анализируя зарубежный опыт по профилактической стабилизации пород на сопряжении лавы со штреком, наблюдаем, что наибольший эффект и снижение числа вывалов могут обеспечить длинные анкеры (4-5 метров), установленные под большим углом к кровле пласта, если плоскость кровли поддерживается анкерными плитами или затяжкой в виде полосы-подхвата [9]. На шахте "Рейнланд" (Германия) была использована бурильная установка с гибким буровым ставом. Эта установка позволяла бурить необходимые анкерные скважины в условиях ограниченного свободного пространства, что обеспечило возможность применения в качестве крепи канатных анкеров длиной 4 м. В результате этого были исключены вывалы пород из кровли, что обеспечило планомерное ведение очистных работ.

Однако следует отметить, что решающим фактором при выборе анкерного крепления выработки, как альтернативного рамной или арочной, в подавляющем большинстве случаев являются не горно-геологические условия. Современные зарубежные методы и технологии позволяют с успехом упрочнять породные массивы анкерной крепью даже с крайне неблагоприятными горно-геологическими условиями,

где раньше о применении анкеров не могло быть и речи. Отсутствие в Украине передовых технологий, высокопроизводительного бурового и вспомогательного оборудования, слабая материально-техническая и технико-экономическая вооруженность шахт Донбасса, а также *приверженность к старым методам* тормозят внедрение анкерной крепи.

Представленные результаты анализа и предлагаемые рекомендации представляют лишь незначительную часть очень широкого проекта. Одна из задач проекта состоит в том, чтобы установить взаимозависимости пород, закрепляющих растворов и анкерных болтов. Ведутся исследования по разработке способа возведения крепи с учетом технической и экономической эффективности новых типов анкерных болтов с высокой грузонесущей способностью.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Roos J. Seilankerung – neue Ausbau für Untertagebau. Glückauf, 1960, № 1, P. 23-33.
2. Рабе Х. Крепление штрека канатными анкерами. Глюкауф, 1968, № 2. – С. 2-3.
3. Cassidy K. The implementation of a cable bolting programme. Proc., 13th Canadian Rock Mech. Symp., 28-29 may 1980, 67-72.
4. Raisanen V. Mechanised cable bolting. Tunnels and Tunnelling, 1986, № 11, 65-66.
5. A grab bad of new products. Canadian Mining journal, 1993, № 2, 24-28.
6. Reed J. Recent innovations in rock reinforcement. Mining Congress Journal, 1979, № 5, 35-39.
7. O'Grady P. Cable bolting in Austr. Coal Mines. Mining Engineer, 1994, № 9, 63-69.
8. Ground Control. Mining Annual Review, 1997, 44-45.
9. Симш К., Дале О., Крае Ю. Новая буровая техника при поддержании кровли на сопряжении лавы со штреком на шахте "Рейнланд". Глюкауф, 1992, № 6, 23-26.

УДК.622.23.05

В.А. Мизин

### **ПЕРВЫЙ ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ СТРЕЛОВИДНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ КОМБАЙНОВ П110 И П220 НА ШАХТАХ УКРАИНЫ И РОССИИ**

Проаналізовано досвід експлуатації прохідницьких комбайнів П110 та П220 на вугільних шахтах України та Росії.

Бібліогр.: 2 найм.

Одним из серьезных сдерживающих факторов роста нагрузок на современные добычные комплексы МКД90 является отставание в подготовке нового фронта очистных работ. Для своевременной подготовки