

ММСИ. – 1938. – №1. – С. 115-118.

9. Стрелецкий Н.С. К вопросу определения допускаемых напряжений// Строительная пром-сть. – 1940. – №7. – С. 22-28.

10. Стрелецкий Н.С. Основные направления исследований по уточнению метода расчета строительных конструкций по предельному состоянию// НТО строительной пром-сти – 1958. – С.12-14.

11. Стрелецкий Н.С. О возможности повышения допускаемых напряжений// Строительная пром-сть – 1943.– №7, – С. 22-31.

12. Стрелецкий Н. С. К вопросу установления коэффициентов запаса сооружений// Известия АН СССР, ОТН. – 1943.– №1 – С. 82-86.

13. Maier I. Die Sicherheit der Bauwerke und ihre Berechnung nach Grenzkraftenn anstatt nach zulassigen Spannungen. – Berlin: Springer-Verlag, 1926. – 48 S.

14. Балдин В.А. О надработке подготовительных выработок// Сб. ВНИМИ. – 1960 –Т. XXXVIII. – С. 32-38.

15. Келдыш В.М., Гольденблат И.И. Некоторые вопросы метода предельного состояния// Материалы к теории расчета по предельному состоянию. – 1948. – Вып. II. – С. 56-58.

16. Болотин В.В. Долговечность конструкций при квазистатических случайных режимах напряжений // Инженерный сборник. Изд-во АН СССР. – 1960. – Т. 29. – С. 115-119.

17. Болотин В.В. Некоторые обобщения теории суммирования усталостных повреждений и их приложения к анализу долговечности при действии случайных сил// Изв. вузов. Машиностроение. – 1995. – № 8 – С. 32–41.

18. Болотин В.В. Расчеты на прочность при случайных режимах переменных напряжений// Вестник машиностроения. – 1960. – №II. – С. 37–41.

19. Болотин В.В. Об оценке долговечности при стационарных случайных нагрузках// Изв. вузов. Машиностроение. – 1959. – № 9. – С. 32–40.

20. Болотин В.В. Применение методов теории вероятностей и теории надежностей в расчетах сооружений. – М.: Гостройиздат, 1971. – 255 с.

21. Болотин В.В. О накоплении остаточных деформаций при случайных перегрузках// Изв. АН СССР, ОТН. Механика и машиностроение. – 1960. – №6. – С.56–61.

УДК 622.28-192

А.В. Шмиголь

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ КРЕПЛЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Оцінена тенденція розробки конструктивно-технологічних рішень по підвищенню надійності штреково-го кріплення; наведені результати застосування різних кріплень в умовах вугільних шахт Західного Донбасу.

Состояние крепи горных выработок, ее надежность является одним из наиболее важных определяющих факторов устойчивой и эффективной работы шахты.

Поэтому задача проведения и поддержания горных выработок из категории чисто геомеханической трансформируется в экономическую. Подтверждением этому является величина удельной протяженности (м/1000 т) поддерживаемых выработок, которая возросла с 52 м в 1975 г. до 98 м в 1997 г.

Затраты на проведение и поддержание горных выработок для всех шахт различны, но в зависимости от усложняющихся условий колеблются от 10,9% в себестоимости 1 тонны добытого угля на шахте «Самарская», до 25% на шахтах «Западно-Донбасская» и им. Героев Космоса.

Рост технико-экономических показателей в области крепления и поддержания выработок сдерживается постоянным усложнением горно-геологических и горнотехнических условий, несоответствием крепей геологическим условиям, не выполнением технических условий при изготовлении крепи на заводах или на шахтах, а при установке в шахте при проходке или перекреплении выработок нарушением паспортов крепления из-за неукomплектованности крепи.

Западный Донбасс отличается довольно сложными геологическими, гидрогеологическими и горнотехническими условиями. Тонкие, весьма тонкие пласты, слабые вмещающие породы (предел прочности при одноосном сжатии изменяются в диапазоне 6-30 МПа, 7-40 МПа и 10-56 МПа соответственно для аргиллитов, алевролитов и песчаников, которые во вмещающей толще составляют 32,8%, 43,5% и 20%). Породы кровли пластов представлены аргиллитами и алевролитами с ослабленной послойной связью, с ярко выраженными кливажными трещинами различной ориентации. Почва представлена аргиллитами, алевролитами, для которых характерна «кучерявая» текстура. Месторождение изобилует тектоническими нарушениями. К числу специфических свойств горных пород региона относится потеря ими несущей способности во влагонасыщенном состоянии. Результаты исследований Павлоградской ГРЭ показали, что во многих случаях увлажненная порода разрушается без приложения внешних сил (90% аргиллитов, 60% алевролитов и 12% песчаников на глинистом цементе).

Таким образом, наличием большего количества водоносных горизонтов с активной гидравлической связью, слабые вмещающие породы с выраженной слоистостью пород не имеющей плотного контакта между слоями, склонные к незатухающему течению, характеризуют геологические и гидрогеологические условия как весьма своеобразные, а район как один из наиболее сложных по специфике горных работ [1].

Проблема повышения надежности крепи впервые в Западном Донбассе возникла в конце 70-х годов, когда необходимо было ввести в эксплуатацию шахту Западно-Донбасскую 6/42, 1 блок (ш. им. Героев Космоса). Высокий процент деформированных выработок препятствовал выводу блока в эксплуатацию. В течение 1977-78 г.г. все выработки, начиная от околовольных дворов, были перекреплены, с уменьшением шага крепи до 0,5-0,7 м, с подведением обратных сводов, с тампонажем закрепного пространства цементно-песчаным раствором.

На эти работы было затрачено свыше 17 млн. рублей (при общей стоимости строительства – 98 млн. рублей). После ввода в эксплуатацию шахта начала

с добычи 491 тыс. тонн в 1979 году, максимума добычи достигла в 1989 году – 1402 тыс. тонн. За эти 10 лет эксплуатации были отработаны первые группы очистных забоев на западе и востоке, выработки главных направлений: откаточные конвейерные и вентиляционные, гор.350м и 370м, оказались в зоне влияния очистных работ, деформация их достигла таких скоростей и абсолютных величин, что мероприятия по подрывке, перекреплению, рихтовке рельсовых путей не обеспечили эксплуатационное состояние выработок. Аварийность по магистральным штрекам превысила 50%. С большим трудом по магистральным конвейерным выработкам транспортировался уголь, а по магистральным откаточным доставлялись люди и материалы на добычные участки. Началось снижение добычи угля: 1990г. – 919 тыс. т, 1991г. – 827 тыс. т. Еще в худшем состоянии оказались горные выработки на шахте «Западно-Донбасская». Здесь, кроме того, что были разрушены магистральные выработки, была деформирована и разрушена крепь вертикальных стволов на сопряжениях с горизонтами, деформированы выработки околотвальных дворов. Депрессия вентилятора главного проветривания составляла в 1991 году 485 мм вод. ст. Шахта принята в эксплуатацию в декабре 1979 г. Динамика добычи такова: в 1980 г. – 559 тыс. т, в 1984г. – 1455 тыс. т, в 1990г. – 1082 тыс. т, в 1991г. – 546 тыс. т. Снижение добычи – результат ухудшения состояния магистральных горных выработок попавших в зону влияния очистных работ, интенсивного проявления горного давления, низкой надежности применяемых видов крепи, несоответствие их горно-геологическим условиям.

Не только на шахтах глубокого заложения, но и на шахте «Павлоградская» (гор.140 метров), на шахте «Днепровская» (гор.265 м) прослеживалось интенсивное проявление горного давления, были деформированы: камера приводов магистрального конвейерного штрека, вентиляционный ходок на главный ствол («Павлоградская»), магистральный откаточный и вентиляционный штреки, (ш. «Днепровская»), разрушена бетонная крепь околотвальных выработок, камеры ЦПП и ЦНС, крепление вспомогательного ствола на сопряжении с гор. 265 м. На действующих шахтах участились завалы горных выработок ежегодно в среднем 6-7 завалов. Особенно опасной оказалась крепь АП-3 сечением 11,2 м², Из всех завалов 73% приходилось на выработки этого сечения, а остальные – на крепи АП-9,2 и АП-15,5. Завалы происходили как на магистральных горных выработках, так и на участковых при эксплуатации и в проходке, что наиболее опасно, так как в тупиках выработок оставались люди.

Все это потребовало новых подходов к изучению проявлений горного давления, искать новые более надежные способы и средства управления этими процессами.

Специалисты объединения и шахт постоянно занимались этими проблемами с институтами ДонУГИ, ВНИМИ, ИГТМ, Национальной горной академией. Были в свое время созданы и плодотворно работали лаборатории по изучению и решению проблем Западного Донбасса в ДонУГИ и ДГИ им. Артема под руководством Шумейко Владимира Ивановича и Гришко Николая Трофимовича. На глубине разработки более 300 м резко усложнились условия работы, и параметры крепей, предлагаемые нормативными документами для угольной про-

мышленности, стали не соответствовать реальным условиям, зачастую даже при введении поправочных коэффициентов. Учитывая это, Минуглепром СССР и Украины в 1981 году в «Правилах охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок на угольных месторождениях» были вычленены разделы для условий Западного Донбасса: по углам сдвига подрабатываемых толщ и по оценке времени продолжительности процесса сдвига и опасных деформаций.

В 1986 году на шахте им. Героев Космоса была создана группа горного давления и несколько позже на шахте «Западно-Донбасская».

Работа этих групп позволила создать четкую систему наблюдений и анализа результатов. Уже через год были даны рекомендации по расположению выработок, определены разгруженные зоны, а через 2 года вышли на крепь нового технического уровня [2].

В результате постановки и анализа шахтных экспериментов по оценке смещений пород в выработках главных направлений и участков, установлено: в условиях шахт Западного Донбасса мощность вовлекаемых пучением слоев пород, которая достигает 6-7 м. Этот параметр установлен по нарушенности пород при проведении выработок по нижнему надработанному пласту. Замечено, что по нижнему пласту имеют место разрывы его сплошности, с поднятием слоев вверх.

Осуществлены инструментальные наблюдения в процессе проходки в выемочных штреках со смещенной подрывкой пород кровли и почвы по падению, восстанию угольных пластов. Для оценки характера смещений пород по контуру выработок определялась доля пучения пород почвы (U_n) в общем сближении кровли и почвы ($U_n + U_k$), а также соотношение величин пучения пород почвы и смещений боков выработок U_n/U_b . Оказалось, что в интенсивном периоде деформации величины смещений кровли и почвы близки по значению. В установившемся периоде деформации доля пучения пород почвы в общем сближении кровли и почвы выработок составляет 60-78%. Для интенсивного периода деформирования соотношение U_n/U_b составляет 2,4-3,8. В первом периоде после проведения выработок, когда на смещение боковых пород крепь не оказывает существенного отпора, величина U_b составляет 0,3-0,4 от величины пучения пород почвы.

Во втором периоде U_n/U_b возрастает до 3,2-5,0, то есть смещение пород боков выработки составляет 0,2-0,3 от величины пучения. Это означает, что скорость боковых смещений уменьшилась в 1,3-1,5 раза по сравнению со скоростью пучения почвы. Это объясняется тем, что при развитии процесса пучения почвы в полость выработки, нижняя часть стоек крепи «зашемляется» деформированными породами почвы, и это «зашемление» создает дополнительный отпор боковым смещениям. Таким образом, основным видом деформации пород на контуре выработок, определяющих их устойчивость и объемы ремонтных работ, является пучение пород почвы, величина которого достигает 70-80% от общего сближения пород кровли и почвы.

Обработка 1500 замеров пучения пород почвы выработок по рабочим горизонтам 11 действующих шахт показала, что ее величина изменяется в диапа-

зоне от 50-1500 мм. Характерной особенностью поведения, вмещающих угольные пласты пород, является их интенсивное пучение вне зоны влияния очистных работ. Для прохождения участковых подготовительных выработок длиной 1200 м и выше иногда дважды приходится делать отход проходческим комбайном и проводить подрывку почвы с полной перестилкой рельсового пути и конвейерной линии, вести частичное перекрепление и замену затяжек.

С ростом глубины разработки интенсивность пучения возрастает. Если на глубинах 140-200 м пучение пород составляет 200 ± 80 мм, на глубинах 200-300 м – 280 ± 80 мм, то на глубине 300-600 м – 580 ± 270 мм. Расчет выполненный по методике ВНИМИ показывает, что ожидаемые величины пучения пород почвы составляют 15-250 мм вне зоны влияния очистных работ и 38-357 мм в зоне их влияния. Причем, по этому расчету трения до глубины 300 м составляет – 15-121 мм и 38-210 мм, а на глубинах свыше 300 м – 195-250 мм и 311 – 357 мм, вне зоны и в зоне влияния очистных работ соответственно. Оценивая абсолютные величины смещений пород почвы в подготовительных выработках шахт Западного Донбасса в соответствии со СНиП 2-94-80, только по величине пучения их следует относить к 3 и 4 категориям устойчивости (по фактически полученным величинам): неустойчивые (смещения 200-500 мм) и сильно неустойчивые (смещения свыше 500 мм). Кроме того, существует большой диапазон условий, когда величины только пучения почвы превосходят в 2-2,5 раза пучения пород 4 категории устойчивости.

Для укрепления пород почвы применяют различные способы: анкерование, разгрузочные щели, камуфлетное взрывание с обработкой образующихся полостей ингибиторами и цементно-песчаными растворами, замкнутые крепи (обратный свод, кольцо). Самый распространенный способ борьбы с пучением – подрывка почвы. Но при подрывке почвы обычно нарушается опора крепи, и в большинстве случаев интенсифицируется процесс, со сведением стоек крепления внутрь выработки теряются зазоры, и приходится выработку перекреплять.

Применение обратного свода не предотвращает пучения в зоне влияния очистных работ, извлечение деформированных лежней создает такие помехи в работе, которые полностью приостанавливают ведение очистных работ, если это на сборном штреке, а если на откаточном – останавливает доставку материалов и людей.

Все это привело нас к необходимости совершенствования крепей, но для обеспечения их стабильной и надежной работы недостаточно в широко применяемых металлических крепях увеличить несущую способность, применить новые узлы податливости, создать новые межрамные соединения и ограждения.

В процессе обобщения и анализа результатов шахтных замеров и наблюдений, оценки работоспособности и надежности опытных партий новых крепей, была создана металлическая арочная крепь КШПУ [2].

Разработанный типовой ряд шатровой крепи отличается от известных арочных крепей: увеличением высоты за счет удлинения прямолинейной части стоек, что компенсирует пучение почвы, наклоном стоек крепи под углом к горизонтальной плоскости для повышения отпора боковому давлению пород;

укороченной длиной и уменьшенным радиусом верхняка для уменьшения верхнего пролета и повышения отпора давлению пород кровли.

Эта крепь проста в изготовлении, в ней отсутствуют сварочные работы, т.к. убрана из конструкции диафрагма, которая в крепях типа АП-3 вваривается в желоб стойки крепи для сопротивления вдавливания в почву. В крепи КШПУ вдавливание в почву используется как дополнительный элемент податливости. Параметрический ряд крепи шести типоразмеров до осадки 9,5; 10,5; 11,7; 12,1; 14,4; 17,7 м² охватывает все условия, позволяет производить незначительную до 20-30 см подрывку почвы и с нормальными параметрами эксплуатировать горные выработки. На шахтах неглубокого заложения эта крепь успешно используется и на магистральных горных выработках, попадающих в зону влияния очистных работ.

На глубоких шахтах Западного Донбасса эта крепь на магистральных горных выработках оказалась малоэффективной. Крепление этих выработок с 1986 года перевели на кольцевую крепь с диаметром от 3,2 до 5,08 метра КМП-К4(П) и кольцевые сопряжения выработок КМПСКВ-6(П). Эти крепи сыграли свою положительную роль. Предотвращена деформация выработок главных направлений в зонах влияния очистных работ. Вся крепь установленная с 1986 года эффективно работает, ее деформации отсутствуют.

В связи с применением в Западном Донбассе кольцевых крепей прежде был изучен опыт, наработанный на шахтах по добыче марганца. Затем на шахте "Западно-Донбасская" был закреплен опытный участок 300 метров западного откаточного магистрального штрека гор.485 м. Даже после подхода 812 лавы выработка потеряла 600 мм диаметра по 300 мм на сторону и нормально выполняет свои функции, обеспечивая все необходимые зазоры. Результат оказался более высоким, чем ожидали. После этого все выработки главных направлений на этой шахте крепятся и перекрепляются на кольцевые крепи. Разработаны и применяются кольцевые крепи сопряжений. На шахте им. Героев Космоса на трассе будущих магистральных выработок готовятся и отрабатываются разгрузочные лавы, а затем в разгруженной зоне проходятся магистральные выработки, крепятся кольцевой крепью, которая в условиях первоначальной разгрузки работает надежно.

Таким образом, применением двух видов крепей нового технического уровня, выполнением значительных ремонтных работ стволов, выработок околовольных дворов, камер, магистральных откаточных, конвейерных и вентиляционных выработок обеспечено восстановление горизонтов шахты им. Героев Космоса и «Западно-Донбасская». С 1996 года эти шахты перешагнули миллионный рубеж годовой добычи и имеют хорошую перспективу развития.

Нашли применение другие виды крепей: на шахте «Западно-Донбасская» в камерах – многослойные крепи, кольцевые двутавровые крепи с твердеющим заполнением, на выемочных штреках – полигональная крепь. На шахте им. Героев Космоса – блочные крепи конструкции Картавых Г.И. в водосборниках околовольного двора и в камерах пересыпы на магистральных конвейерных выработках. На шахте «Днепровская» – крепь КВТ. Блочные крепи ВНИОМ-

ШСа на магистральных штреках шахт им. Героев Космоса и «Западно-Донбасская».

Ужесточение крепей в условиях Западного Донбасса способствует переводу разрушенных пород в связанное состояние дополнительным подпором на фронте разрушения, как со стороны связанных пород, так и со стороны крепи. Пригрузка границы фронта разрушения приводит к уменьшению разницы компонент напряжений, что обеспечивает условия обобщенного сжатия, т.е. ограничивается раскрытие трещин и дальнейшего разрушения, повышается устойчивость массива, создается консолидирующая оболочка по контуру выработки. (Открытие UA-054 от 10 декабря 1996 года «Закономерность разрушения горных пород в приконтурной области выработки»).

Такое многообразие применяемых крепей позволяет выбрать лучшие и осуществлять более надежное крепление горных выработок шахт.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Усаченко Б.М. Свойства пород и устойчивость горных выработок. Киев "Наукова Думка", 1979г.

2. Усаченко Б.М., Кириченко В.Я., Шмиголь А.В. Охрана подготовительных выработок глубоких горизонтов шахт Западного Донбасса. Москва, ЦНИЭИуголь, 1992г.

УДК 622.831

С.Б. Тулуб, С.В. Кужель

НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРОДНОГО МАССИВА В ОКРЕСТНОСТИ КАМЕРЫ С КОМПЕНСАЦИОННЫМИ ВЫРАБОТКАМИ

Наведено результати аналітичних досліджень пружного стану масиву порід навколо камер великого перерізу. З аналізу різноманітних варіантів розміщення компенсаційних виробок встановлено найбільш оптимальний, який дозволяє значно підвищити конструктивну стійкість камери.

Ранее в работах [1,2] было показано, что с переходом шахт на более глубокие горизонты устойчивость выработок существенно снижается. В особенности это обстоятельство отражается на выработках с большим сроком службы, в которых по техническим условиям невозможно производить ремонт по мере необходимости. Такими выработками являются камеры подъемных машин, сооружаемые при вскрытии нижележащих горизонтов капитальными уклонами. Эта схема вскрытия принята на шахтах ГХК «Добропольеуголь» и, в частности, на шахте «Белозерская». Характерной особенностью разрушения выработок такого типа, является пучение пород почвы, что приводит к перекосу фундамента подъемной машины. Поэтому задача исследований заключалась в оценке напряженного состояния породного массива в окрестности выработки с целью разработки способа повышения ее устойчивости.

Одна из гипотез возникновения пучения пород почвы [2] состоит в том, что породный массив в окрестности выработки теряет упругопластическую ус-