

МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ РАБОТЫ ШАХТ

Наведені результати досліджень та науково-методичні підходи до забезпечення надійності роботи шахт України при застосуванні технологій і видобувного обладнання нового технічного рівня.

Применение технологий опорно-анкерного крепления (ТОАК) в шахтах ряда ведущих европейских и американских стран привело к своеобразному качественному скачку в развитии их угольных отраслей. Это связано с новым принципом крепления пород, оконтуривающих выработку, при котором породы вместе с анкерами представляют собой высокопрочную грузонесущую оболочку, которая, в свою очередь, «встроена» в нетронутый горными работами массив.

Реализация нового принципа крепления позволила существенно увеличить скорость, уменьшить фондоемкость проходческих работ, улучшить практически все их показатели. Основные технические проблемы проходки в шахтах вышеуказанных стран решены.

В Украине накоплен первый опыт промышленного применения ТОАК, причем наиболее показательные испытания выполнены в условиях крайне неустойчивых боковых пород – ГОАО «Шахта Павлоградская» ГХК «Павлоградуголь». Полученный по результатам опытно-промышленного применения богатый научный и практический материал свидетельствует о следующих особенностях и перспективах развития ТОАК в Украине:

технология опорно-анкерного крепления естественно вписывается в жизненный цикл шахты, не требуя больших материальных, энергетических, трудовых и других затрат;

вместе с этим, ТОАК требует определенных трудовых навыков в работе от непосредственных ее исполнителей, педантизма, высокого уровня технологической дисциплины, технической подготовленности всей производственной инфраструктуры «от завода до штрека»;

качество всех проводимых в штреке работ должно быть очень высоким, что является необходимым компонентом высокоскоростной и низкозатратной проходки - это определяет необходимость целевого узкоспециализированного обучения не только самих проходчиков, но также всех причастных к процессу работников технических, коммер-

ческих, конструкторских и других служб в системе «производитель-потребитель»;

в специальной части проекта распределения анкеров по контуру выработки необходим учет особенности отработки лавы, так как выработка служит для обеспечения последующей высокопроизводительной угледобычи;

себестоимость проходческих работ уменьшается на 10-15% по сравнению с традиционной технологией за счет затрат на материалы, электроэнергию и заработную плату.

Кроме испытания ТОАК авторами выполнены работы в направлении обеспечения надежности работы шахты в целом как единого технологического комплекса. В них даны теоретическое обобщение и новое решение актуальной научной проблемы разработки методологических основ обеспечения надежности функционирования угольной шахты, как единого технологического комплекса с компьютеризованной системой управления для научного обоснования государственных программ развития угольной отрасли Украины и создания шахт нового технического уровня, что имеет важное народнохозяйственное и социальное значения.

Учитывая вышеизложенное, можно заключить, что ТОАК является одним из приоритетных путей интенсификации горных работ на шахтах Украины при соблюдении необходимых и достаточных условий для его реализации.

Количество лав в шахтах Украины ежегодно уменьшается со скоростью до 70 единиц в год. Учитывая, что существующая комплексномеханизованная лава работает 9-15 месяцев и, исходя из средней плотности подготовительных выработок в пределах шахтных полей, требуемые объемы проходческих работ также уменьшаются – до 100 км в год по отрасли в целом.

Вместе с этим, организованы и работают высокопроизводительные 1,5 – 3-х тысячные лавы с высокими скоростями подвигания. Поэтому при уменьшающемся объеме проходческих работ возрастает потребность в высокоскоростных подготовительных забоях, не требующих большой материалонасыщенности. В этих условиях ТОАК становится единственно перспективной технологией, способной интенсифицировать и одновременно удешевить угледобычу в отрасли.

Опыт применения ТОАК свидетельствует о том, что эффективная область его применения – комбайновые проходческие забои. По мере развития технологий буровзрывных работ, которые способны минимально нарушать целостность породного массива, например, путем

локализации и направленности взрывных волн, область применения ТОАК расширяется.

Однако, даже современные проходческие комбайны способны разрушать массивы с прочностью пород до 9 по шкале проф. М. М. Протодякова. Поэтому практически на всех перспективных шахтах Украины ТОАК целесообразна, аргументирована и эффективна.

Раньше 75-80% проходческой техники поставлялось из России. Теперь отечественные машиностроители интенсивно разрабатывают собственную и совершенствуют имеющуюся технику. Созданы комбайны П-110, П-220 со встроеными пылеулавливающими агрегатами. Эти комбайны уже обеспечивают темпы проходки до 330 м в месяц. Взамен комбайнов серии ГПКС созданы новые – КСП21, КСП32, усовершенствован хорошо зарекомендовавший себя 4ПП2.

Комбайны нового технического уровня охватывают диапазоны площади сечения выработок 7 – 25м² при пределах прочности пород 70-90 (100) Мпа и углах наклона выработок до 12°. Значительно усовершенствованы ленточные конвейеры, в том числе для проходческих работ, а также вспомогательные техника и оборудование. ТОАК является завершающим элементом во всей технологии проходческих работ, базирующихся на технологических линиях вида «комбайн – перегружатель - скребковый, ленточный конвейеры – бункер – скип – бункер – автосамосвалы - отвал».

Дальнейшее развитие проходческих технологий в целом и ТОАК в частности, по всей вероятности, будет идти в направлении создания проходческих полуагрегатов, при которых механизированы процессы бурения шпуров и монтажа анкеров. Роль проходчиков при такой технологии будет заключаться в монтаже сетчатого или другого перекрытия, ручной зачистке машинной дороги, в выполнении других мелких операций. Естественно, основными критериями при создании полуагрегатов является безопасность труда и фондоемкость проходческих работ в целом.

Учитывая дороговизну и дефицитность металлических анкеров и других элементов ТОАК-оборудования, в перспективе появятся композитные, а затем полимерные и другие материалы, в том числе из отходов высокотехнологических производств.

По результатам выполненных работ получены такие результаты:

1. Генеральным путем интенсификации горных работ на шахтах Украины является применение высоких технологий. Одной из таких технологий является комбайновая проходка с использованием технологии опорно-анкерного крепления (ТОАК). Об этом свидетельствуют

результаты ее применения в развитых европейских и американских странах: темпы проходки – 600-1000 м в месяц, фондоемкость (для украинского потребителя) – до 2000 грн/м; человеконасыщенность технологических линий – до 12 человек в смену; минимальные уровни трудоемкости и травматизма; эргономически благоприятные условия труда (пылеотсос, небольшой вес отдельных грузов).

2. Установлено, что первый промышленный опыт применения ТОАК позволил снять «психологический барьер» у специалистов по возможности эффективного ее использования в отечественных шахтах и на практике подтвердил эффективность и перспективность нового направления развития проходческих работ в шахтах Украины.

3. Дано научное обоснование нового научно-методического подхода к решению комплекса проблем обеспечения стабильности и надежности функционирования отдельных шахт и отрасли в целом, исходя из современных потребностей государства в угольной продукции. В основу подхода положено представление о шахте как о сложной технической системе с периодической потерей и восстановлением работоспособности. Авторами впервые предложены показатели интенсивности изменения работоспособности шахты во времени, которые позволяют количественно оценивать эффективность управления надежностью функционирования шахты в целом, ее отдельных подсистем и аппарата управления в частности:

α - показатель интенсивности уменьшения работоспособности шахты, ед./ед. вр. (скорость уменьшения надежности работы шахты);

β - показатель скорости устранения отказов (скорость восстановления системной надежности);

T – периодичность восстановления системной надежности (уровень непрерывности функционирования);

Δ - разница между максимальным $K_{Г\max}$ и минимальным $K_{Г\min}$ значениями коэффициентов готовности шахты в период T_0 .

4. Впервые разработана методология управления надежностью функционирования угольной шахтой, как сложной технической системой, которая заключается в контроле текущего значения интегрального показателя α , прогнозировании тенденций изменения работоспособности шахты во времени и обоснованном выборе воздействий, позволяющих ее поддерживать в необходимых и достаточных пределах. Показатель α измеряется в долях единицы от величины коэффициента готовности K_r процесса "добыча – реализация угля – развитие производства". При этом для лучших отечественных шахт значение

показателя α достигает 0,05 ед/ч, а для лучших зарубежных, например, английских, - 0,008 ед/ч при одинаковых пределах изменения K_r – от 0,99 до 0,5, но при наработках на отказ и продолжительностях их восстановления, соответственно, 18 и 6 и 60 и 12 ч.

5. По результатам научно-методических разработок показано, что управление шахтой «на упреждение» более перспективно, особенно для шахт с высоконагруженными забоями, чем по конечному результату, но в обоих случаях компьютеризация управления, в том числе автоматизация выдачи и контроля исполнения наряд-путевок, детальные количественные анализ и прогноз жизнедеятельности каждой подсистемы, в частности, и шахты в целом, автоматизация систем мониторинга, расчета траекторий развития системы "добыча – потребление – инвестиции", мотивация труда и других необходимых и достаточных для нормальной работы шахты процессов, является эффективным и современным инструментом воздействия на работоспособность шахты.

6. Впервые установлено, что показатель α скорости уменьшения надежности работы шахты во времени увеличивается в зависимости логарифмического вида от планового уровня, линейно уменьшаясь с ростом фактического уровня добычи. Установлено, что показатель α изменяется в параболической зависимости от количества элементов в технологических линиях угледобычи, линейно уменьшаясь с ростом усредненного коэффициента готовности отдельного элемента этих линий, при этом зависимость изменения интегрального показателя α во времени имеет синусоидальный характер с амплитудой, равной разности между стартовым и минимальным текущим значениями K_{rs} и периодом, равным суммарному времени наработки на отказ и его восстановления.

7. Впервые установлены зависимости интегрального показателя α от суммарной скорости V подвигания проходческих забоев и усредненной длины L лав на шахте. Полученные по результатам компьютерного моделирования работы шахт данные свидетельствуют о линейном характере этих зависимостей, а также о тесной корреляции α , V и L при различных соотношениях между плановым и фактическим уровнями нагрузки на шахту.

8. Впервые для анализа технико-экономического состояния шахты, как единого технологического комплекса, использована модель Кобба-Дугласа, что позволило разработать методологию выбора оптимальных соотношений различных компонент в смете затрат для

осуществления эффективной производственной деятельности шахты и совместно с данными о поведении показателя α во времени представляет собой информационную базу управления надежностью шахты.

9. Доказано, что разветвленные, многоэлементные структуры производств отечественных шахт для обеспечения их системной надежности необходимо сворачивать до комплексов вида "горизонт: подъем – 3-5 магистральных – 4-5 выемочных штреков – минимум вспомогательных выработок – 1-2 лавы – поверхностный комплекс – система управления качеством продукции – система реализации угля". Это приведет к значительному росту структурной и системной надежности при одновременном существенном сокращении условно-постоянных расходов на: поддержание, ремонт, погашение, проветривание, водотлив, управление пыле-газовыми режимами, ремонт и содержание оборудования, материалы, управление, реализацию социальных программ и другие вспомогательные и обеспечивающие процессы, удельный вес которых в общешахтном объеме всех работ составляет 60-80 % в зависимости от уровня добычи. Такой подход при компьютеризации управленческой деятельности обеспечивает переход отечественных производств вида "много лав – много проблем" к системе вида "шахта – лава", которая в условиях угольных пластов мощностью 1,7 – 2,0 м и с применением оборудования НТУ может приводить к нагрузкам на лаву до 1,5 млн.т угля в год при рентабельности производства 30-50 %.

10. Показано, что структура и параметры хозяйства каждой перспективной шахты целесообразно оптимизировать посредством уменьшения и поддержания на минимально необходимом уровне интегральной плотности выработок в объеме шахтного пространства, создания условий для ведения всего комплекса работ в соответствии с утвержденными регламентами, повышения качества и совершенствования нарядной системы. Впервые установлено, что плотность, а следовательно, трудо-, материало-, энергоемкость проходческих работ, формирующие их себестоимость, находятся в гиперболической зависимости от вынимаемой мощности пласта и монотонно снижается с ростом усредненной длины лав, обрабатываемых в пределах горизонта шахтного поля. Показано, что кроме оборудования нового технического уровня каждая перспективная шахта должна быть обеспечена современной информационно-технической базой. База должна включать автоматизированные рабочие места директора и его ближайших помощников, что обуславливает их обязательное обучение работе на ПЭВМ, в том числе с отрывом от производства.

11. Показано, что кроме организации шахты в виде малоэлементной структуры необходимо повышать коэффициент готовности K_r каждого элемента основных технологических линий угледобычи - по приоритетам:

- 1) подсистема дегазации и транспорта газа по выработкам;
- 2) транспортно-технологическая цепочка очистной выемки пласта;
- 3) подсистема проходки выемочных и магистральных штреков;
- 4) служба мониторинга основных и вспомогательных процессов;
- 5) ремонтно-восстановительная и
- 6) материалообеспечивающая подсистемы;
- 7) коммерческо-экономическая и
- 8) контрольно-рекомендующие службы.

О необходимости этого свидетельствует установленный рост фактической производительности шахты Q_{ϕ} в параболической зависимости при уменьшении последовательно соединенных элементов технологической линии угледобычи. Кроме этого установлено, что Q_{ϕ} линейно увеличивается с ростом усредненного K_r всех элементов линии.

12. Теоретическое обобщение полученных результатов свидетельствуют, что по уровню надежности функционирования отечественные шахты естественным образом подразделяются на следующие группы:

а) **высоконадежные** с позиций производственной прибыльной деятельности – которые имеют активный дееспособный аппарат управления и располагают развитой экономической и технико-технологической базами, что позволяет осуществлять эффективную во всех отношениях добычу в благоприятных или ограниченно-благоприятных горно-геологических условиях и за счет собственной хозяйственной деятельности поддерживать производственную мощность и другие параметры функционирования на протяжении длительного периода времени;

б) **стремящиеся к надежному** функционированию – которые не располагают отвечающим современным требованиям аппаратом управления и новой техникой, но имеют подготовленные к выемке значительные запасы ценного угля, сосредоточенного в благоприятных или ограниченно-благоприятных для разработки пластах, а для поддержания производственной мощности и других параметров функционирования требуют периодической государственной поддержки;

в) **с ограниченной надежностью** функционирования – которые не располагают достаточными запасами угля в пластах, благоприятных для разработки и не привлекательны с позиций инвесторов, но

для решения ряда экономических и социальных проблем региона и отрасли им необходима государственная поддержка в доработке запасов угля.

13. Обобщение результатов проведенных работ позволяет аргументировано утверждать, что техническая политика в угольной промышленности Украины должна базироваться на установлении приоритетов в развитии шахтного фонда.

Приоритеты должны устанавливаться в зависимости от мощностей, количества и качества промышленных запасов угольных пластов и базироваться на возможностях угольного предприятия обеспечивать надежное функционирование с параметрами, установленными, исходя из потребностей государства в угольной продукции.

14. Показано, что применение на шахтах групп а) и б) (п. 12) высокопроизводительных технологий угледобычи и способов проходки выработок с опорно-анкерным видом крепления позволит достигнуть высокого уровня добычи и ее прибыльности только в единственном варианте - при обеспечении надежности работы шахты в целом и отдельных элементов в частности. Для этого шахта должна располагать готовыми к выемке пластами мощностью 1,15-2,5 м с углами падения до 35°, она должна быть привлекательной для инвесторов по качеству угля, иметь удобное географическое местоположение для интенсивной его реализации, постоянно уделять внимание вопросам технологической дисциплины, иметь дееспособный аппарат управления, основанный на компьютеризованных системах сбора, анализа и прогноза основных характеристик жизнедеятельности шахты.

УДК 622.281.74

В.Г.Красник, Д.И.Аверкин

НОВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В УГОЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ИХ РЕАЛИЗАЦИИ

Проаналізовано нові технології та прилади, які застосовуються у вугільній промисловості України за останні роки.

В настоящее время большие запасы высококачественных углей Донбасса сосредоточены в тонких забалансовых пластах мощностью от 0,5 до 0,8 м, разработка которых с использованием существующих технологий крайне затруднена. Данная задача может быть решена с использованием бурошнековой технологии выемки угля, которая позволяет разрабатывать эти пласты. При этом решаются важные