ГЕОТЕХНОЛОГИЯ

УДК 622.83 + 622.86

А.В. Смирнов, А.В. Ремезов

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНУЮ ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОЧИСТНЫХ ЗАБОЕВ

Значительный технический прогресс за годы развития угольной промышленности достигнут в технологии горных работ. Широкое внедрение угольных комбайнов сопровождалось переходом от сплошных систем к системам разработки длинными столбами. Переход на системы разработки длинными столбами, удельный вес которых составляет до 85%, создает наиболее благоприятные условия для достижения высоких нагрузок и производительности труда в очистных забоях с комплексной механизацией и автоматизацией производственных процессов.

Но на эффективную и высокопроизводительную работу комплексномеханизированных лав большое значение оказывают различные горно-геологические, технологические, организационные и разные другие факторы. Поэтому для достижения высокой производительности труда и безопасной работы следует их учитывать [1].

Горно-геологические факторы

*Мощность пласта***.** Пласты средней мощности и мощные являются очень выгодными для разработки. Разработка пластов тонких и особенно весьма тонких сопряжена с трудностями. Традиционными способами можно разрабатывать пласты мощностью не менее 0,4м, т.к. существующая технология добычи угля требует размещения между кровлей и почвой оборудования и людей. Кроме того, затраты на разработку весьма тонких пластов могут оказаться гораздо больше, чем эффект, который можно получить от использования добытого из этих пластов угля.

Поэтому в различных угольных бассейнах и даже в отдельных угольных районах одного бассейна устанавливают так называемую кондиционную мощность пластов, т.е. минимальную вынимаемую мощность пласта, меньше которой пласт в данных условиях разрабатывать нецелесообразно. Если пласт является некондиционным по мощности, то при нынешнем уровне техники добычи угля его считают нерабочим [2]. Как правило, в Кузбассе пласты мощностью менее 1-1,2 м не отрабатываются

Отжим угля – смещение частиц призабойной зоны угольного пласта при ведении очистных работ в сторону выработанного пространства.

При отжиме в угольном пласте часто возникают трещины, как правило, перпендикулярные плоскости напластования и параллельные плоскости забоя. Глубина распространения трещин в зоне отжима обычно не превышает 0,6-0,7 мощности пласта. Величина смещений угля при отжиме составляет от единиц до нескольких десятков сантиметров (обычно не более 15-20 см). С увеличением вынимаемой мощности отжим возрастает. На мощных пластах отжим может быть столь значительным, что отжатые плиты угля могут откалываться от массива и произвольно обрушаться в призабойное пространство. Отжим угля уменьшается при уменьшении ширины призабойного пространства, увеличении жесткости и плотности установки крепи [2]. Для снижения влияния отжима угля на работу очистных забоев применяют разные технологические и технические меры. Наиболее распространенным является способ первоначального снятия наклонной стружки угля в верхней части забоя и механизм установки …….на секциях крепи в виде предохранительных щитков.

Трещиноватость оказывает большое влияние на ход процесса разрушения и размеры обрушающихся блоков. Наличие трещиноватости, в зависимости от ее пространственной ориентировки и степени ослабления пород, может по-разному влиять на ход процесса. В одних случаях трещиноватость определяет ход процесса разрушения – он может начаться с раскрытия трещин и образования разломов по трещинам с последующим разрушением межслоевых контактов. В других случаях трещиноватость влияет только на размеры блоков пород по простиранию и падению, на которые разламываются слои кровли после разрушения межслоевых контактов [3]. Для предотвращения влияния естественной трещиноватости на работу очистных забоев, на стадии еще проектирования пространственное расположение очистных забоев проектируют так, чтобы естественная трещиноватость не влияла отрицательно на

работу очистных забоев.

Горное давление. Ведение очистных работ приводит к нарушению начального напряженного состояния пород в большой области вокруг выработки. Горное давление проявляется в виде давления горных пород на крепь, толщи пород на целики, в виде всевозможных деформаций и сдвижений пород вокруг горной выработки.

Эти проявления горного давления зависят от геологических и производственно-технических факторов. К первым относятся свойства горных пород, угол падения и мощность разрабатываемого пласта, глубина залегания полезного ископаемого, геологические нарушения и т.д.

Ко вторым относятся форма и размеры выработки, срок ее поддержания, влияние соседних выработок, способ выемки полезного ископаемого, конструкция крепи и др.

Изменяя производственно-технические факторы можно уменьшить деформации пород вокруг горной выработки и опасность их обрушения, уменьшить нагрузку на крепь, уменьшить влияние горных работ на здания и сооружения на поверхности, облегчить отбойку угля, уменьшить опасность горных ударов и внезапных выбросов угля и газа [4].

Сопротивляемость угля разрушению – способность угля противостоять механическим воздействиям.

Сопротивляемость угольного пласта разрушению зависит от природных и горнотехнических факторов. К природным факторам относят степень метаморфизма, трещиноватость угля, строение пласта, угол падения и др., к горнотехническим – способ отбойки угля, ширину призабойного пространства, тип, плотность и жесткость крепи, способ управления кровлей, скорость и направление подвигания забоя. Наибольшей сопротивляемостью к разрушению отличаются угли ранних стадий метаморфизма и высокометаморфизованные антрациты. Кливажные трещины значительно снижают сопротивляемость угля разрушению. На сопротивляемость разрушению большое влияние оказывает угол встречи главной системы трещин в пласте с линией очистного забоя. Наименьшая сопротивляемость пласта разрушению наблюдается при угле встречи, равном 45° [2].

Газоносность. При разработке метаноносных пластов формируемая в шахтной атмосфере взрыво- и пожароопасная концентрация метана ограничивает увеличение нагрузки на забой, делая нерентабельным применение высокопроизводительной техники. Для решения задачи кратного увеличения нагрузки на очистной забой при одновременном обеспечении безопасных условий работы выемочных участков необходимо рассматривать как сложную систему, в пределах которой наряду с отбойкой угля происходит выделение метана, и проводятся мероприятия по разбавлению его подаваемой струей воздуха до концентрации, допустимой ПБ. В этих условиях главным и определяющим процессом является выбор надежного и эффективного способа разбавления метана в выработках и недопущения локальных скоплений взрывоопасных концентраций в выработанном пространстве [5].

Склонность к самовозгоранию. Согласно современным воззрениям, уголь является высокопористым веществом, весьма сложным по составу и химической структуре, и представляет собой по существу систему “уголь – вода – метан”. При ведении горных работ равновесное состояние данной системы нарушается, вследствие чего уголь выделяет метан и сорбирует кислород.

Обязательны следующие особенности ведения горных работ на пластах с углем, склонным к самовозгоранию:

- максимальная полнота выемки угля, в том числе в местах переменной мощности и различных геологических нарушений, а также максимальная полнота выгрузки угля, добытого в очистном забое;
- отработка пластов без оставления целиков в пределах выемочного поля;
- полная и надежная изоляция целиков различного назначения;
- полевая подготовка пластов и обратный порядок отработки в пределах выемочного поля;
- максимальное сокращение утечек воздуха в выработанное пространство;
- надежная изоляция выработанного пространства и контроль за утечками воздуха в него при прямоточной схеме проветривания, особенно с подсвежением исходящей из очистного забоя вентиляционной струи;
- своевременная и надежная изоляция отработанных выемочных полей, участков и блоков;
- контроль за начальными признаками возникновения эндогенных пожаров и своевременное принятие мер по подавлению очагов самонагревания угля [2].

Внезапные выбросы угля и газа. Проблема предупреждения газодинамических явлений – одна из самых сложных проблем обеспечения безопасности работ в угольных и ряде рудных шахт. Разработаны технологические схемы, направленные на значительное повышение безопасности труда и эффективность добычи угля на пластах, опасных по внезапным выбросам угля и газа.

В основу разработки новых технологических схем положены следующие главные принципы:

- выбор пространственно-планировочных решений, позволяющих обеспечить проведение минимального числа и объемов подготовительных вы-

работок по выбросоопасному пласту, при проведении основных выработок полевыми;

- бесцеликовая отработка угольных пластов и охрана выемочных выработок;
- увеличение ширины и сечений выемочных выработок для обеспечения безнишевой или с минимальными длинами ниш очистной выемки;
- эффективные прямоточные и возвратноточные схемы проветривания с подачей в очистной забой свежего воздуха по двум примыкающим к нему выработкам и отводом исходящей струи – по третьей, а при невозможности такого решения – использование для подачи дополнительной свежей струи или для отвода металлических труб большого диаметра (0,8 – 1,0м);
- выбор длины и скорости подвигания лавы из условия образования ширины разрушений призабойной зоны не менее 1,8 – 2,0 м и эффективного применения противовыбросных мероприятий [6].

*Горные удары***.** При разработке угольных пластов горные удары происходят наиболее часто в целиках, в подготовительных и очистных выработках в зонах опорного давления от ведения очистных работ.

Научный прогноз горных ударов отражает объективно существующую реальность, базируется на выявлении закономерностей ее развития и при этом предусматривает осуществление мероприятий, направленных на:

- установление удароопасности месторождений;
- региональный прогноз удароопасности в пределах шахтного поля;
- прогноз степени удароопасности отдельных участков угольных пластов, рудного и породного массива [7].

*Глубина разработки***.** При ведении горных работ значительное влияние на работу машин, механизмов, аппаратов, а также людей большое влияние оказывает глубина.

Глубина ведения горных работ оказывает непосредственное влияние на напряженное состояние массива горных пород, а значит и на горное давление [7].

Глубина ведения горных работ также оказывает влияние на температурный баланс воздушной среды в горных выработках. Это связанно с тем, что при увеличении глубины, увеличивается температура горных пород, т.к. под действием эндогенных процессов она возрастает. Это особенно становится заметно на шахтах в странах, расположенных в субтропическом, тропическом и экваториальном поясах Земли.

Угол падения пласта. При ведении горных работ, угол падения оказывает влияние на технологию ведения горных работ, технику. Для достижения эффективной очистной выемки угля и высокой производительности труда следует учитывать технические возможности выбираемого механизированного комплекса. Так как у каждого механизированного комплекса свои возможности по применению их на пластах с разными углами падения. Если угол падения пласта слишком велик для данного комплекса, то при работе секции крепи начнут падать на бок, а лавный конвейер будет сползать [4].

Технологические факторы

Система разработки должна обеспечивать безопасность ведения работ, их экономичность, минимальные потери полезного ископаемого и наибольшую его добычу.

Разнообразие горно-геологических условий залегания угольных пластов и технических средств их выемки предопределяет и многообразие вариантов и разновидностей систем разработки, которые характеризуются различными признаками.

Опыт работы показывает, что применение дорогостоящих механизированных комплексов, оборудования оказывается эффективным только при достижении относительно высокой нагрузки на очистные забои. Наиболее благоприятные условия создаются при работе от границ панелей или выемочных полей и применении систем разработки с обратным порядком отработки очистных забоев.

Системы разработки с подвиганием очистных забоев по восстанию (падению) оказываются более эффективными в сравнении с системами разработки длинными столбами по простиранию, прежде всего на пластах с углом падения до 10˚, особенно при наличии сложной гипсометрии и геологических нарушений, большой обводненности угольных пластов или (и) их газоносности [1].

*Геометрические размеры столба, очистного забоя***.** При системах разработки с делением этажа (яруса) по простиранию на выемочные поля главным параметром системы является размер выемочного поля. С изменением длины выемочного поля одни затраты, отнесенные к 1 т его запасов, будут возрастать другие уменьшаться, а третьи останутся неизменными. Следовательно, при некоторой длине выемочного поля суммарные удельные затраты будут минимальными. Та длина, при которой обеспечивается минимум затрат, является оптимальной, т.е. наивыгоднейшей из всех возможных.

Длина лавы и скорость подвигания забоя тесно связанны между собой, так как они совместно предопределяют нагрузку на забой, а поэтому их оптимальные параметры также должны определяться совместно. Известно несколько методов решения этой задачи. Наиболее логичный из них метод, предложенный В. М. Зыковым, состоящий в том, что расчет ведется по максимально возможной, по технологическим факторам, нагрузке на забой $A_д$, а

так как

$$A_л = l_л V_{сут} PC,$$

то достаточно найти оптимальное значение только одной величины, например, $l_л$, а вторая, суточное подвигание $V_{сут}$, определяется из выражения:

$$V_{сут} = A_л / (l_л PC) \cdot$$

Здесь $A_л$ – нагрузка на очистной забой (лаву), т/сут.; $l_л$ – длина очистного забоя (лавы), м; $V_{сут}$ – скорость подвигания очистного забоя (лавы) м/сут.; P – производительность угольного пласта ($P=m\gamma$), т/м^2; где в свою очередь m – мощность пласта, м; γ – плотность угля, т/м^3; C – коэффициент полноты выемки, который зависит от применяемой технологии.

Идеальным является случай, когда длина очистного забоя стремится к бесконечности, т.е. $l_л \to \infty$, но ограничена технической длиной забойного конвейера. Длина очистного столба идеально так же стремится к бесконечности, но ограничена техническими возможностями фактора проветривания и наработкой механизированного комплекса до капитального ремонта [1].

Состав, производительность механизированного комплекса. Анализ развития комплексной механизации очистных работ по показателям нагрузки на забой и производительности труда не дает полной характеристики эффективности технического перевооружения. Важное значение в исследовании имеют формирование банка данных об условиях и результатах работы мехкомплексов на пластах пологого залегания с начала их эксплуатации и до списания. Технический уровень механизированных комплексов непрерывно рос. Улучшалась конструкция крепей, увеличился диапазон раздвижности, появились более мощные очистные комбайны и конвейеры с технологией работы без выемки ниш. Технический уровень мехкомплексов постоянно рос, что обеспечило повышение нагрузки на забой и производительности труда в среднем в 1,5-2 раза [8]. В настоящее время производительность механизированных комплексов возросла в несколько раз. Очистные забои, оборудованные современными механизированными комплексами, могут за сутки добывать до 5-6 тыс. т угля.

Отработка выемочных полей с разворотом лав. При планировании горных работ в пределах этажа, панели или горизонта необходимо учитывать возможность частичного поворота комплекса на угол менее 180˚; одноразового полного разворота на 180˚ и, наконец, многоразового разворота, когда забой два (или более) раза меняет направление перемещения, совершая при этом два (или более) полных разворота, а также поворота.

Основная цель при внедрении технологии с разворотом механизированных комплексов – улучшение технико-экономических показателей работы добычных участков и шахт в целом за счет сокращения затрат на монтажно-демонтажные работы, увеличения длины выемочного столба. При этом экономический эффект достигается без дополнительных вложений, благодаря применению серийно выпускаемой отечественной забойной горной техники и использования внутренних ресурсов, заложенных в конструкции механизированной крепи и конвейера, позволяющей производить их разворот на 180˚ с одновременной выемкой угля и переводом оборудования в смежный столб [8].

Дегазация. Дегазацию разрабатываемых угольных пластов производят подготовительными выработками и скважинами. Подготовительные выработки используют для дегазации при пластовой подготовки и столбовой системе разработки. Срок дегазации оконтуренного выработками угольного массива составляет 6 – 8 мес. Эффективность дегазации возрастает с увеличением проницаемости угольного массива и характеризуется коэффициентом $k_{Э.Д.}$*=0.2-0,3*.

Дегазацию разрабатываемых угольных пластов скважинами, пробуренными из подготовительных выработок, осуществляют при всех системах разработки. Расположение скважин бывает параллельное, веерное, кустовое и комбинированное.

При выборе схемы дегазации разрабатываемого пласта исходят из следующих условий: если дегазация участка возможна восстающими и нисходящими скважинами, то предпочтение отдают восстающим скважинам; веерное расположение скважин применяют при невозможности бурить параллельные скважины, отсутствии необходимой длины выемочных выработок и в зонах геологических нарушений; диаметр пластовых скважин применяют равным 80 – 150 мм, а угол их наклона – равным углу падения пласта; длину параллельных скважин устанавливают на 10 – 15м меньше длины лавы или равной ей и на 15 – 20м больше длины лавы, если вентиляционная выработка не пройдена [2].

Основными факторами, определяющими необходимость применения дегазации, являются ожидаемая (фактическая) газообильность участков и подача воздуха в выработку при соблюдении максимально допускаемой Правилами безопасности скорости его движения.

Обычно необходимость применения дегазации устанавливается по коэффициенту дегазации, определенного по формуле:

$$k_д = 1 - Q / (Дk_н g),$$

где Q – возможная подача воздуха в лаву, м^3/мин.; $Д$ – плановая добыча из лавы, т/сут.; $k_н$ – коэффициент неравномерности газовыделения; g – ожидаемая газообильность участка по прогнозу, м^3/т.

Организационные факторы

Численность и расстановка рабочих комплексно-механизированных лав. Основной формой организации труда является сменная и суточная комплексная бригада. В лавах работу ведут комплексные бригады, которые выполняют все производственные процессы цикла. В связи с сокращением числа работающих значимость каждого члена бригады неизменно возросло. Поэтому для успешной работы комплексной бригады очень важно, чтобы любой член не только обладал достаточным диапазоном профессиональных знаний и навыков, но и мог вовремя применять их на практике, имел высокий общеобразовательный уровень. Примером могут служить бригады – миллионеры на шахтах Кузбасса [4].

*Количество рабочих дней и количество рабочих смен***.** На большинстве угольных шахт принята 6 часовая рабочая смена, всвязи с тяжелыми условиями работы. Т.е. в сутки 4 рабочих смены. На добычных участках обычно одна смена является ремонтно-профилактической, а остальные три добычные. В такой организации графика труда имеется определенный недостаток. Имеется ввиду: при сдаче-приеме смены теряется эффективное время работы, а также еще оно затрачивается на перемещение горнорабочих. Из этого следует, что нужно стараться уменьшить количество смен, а чтобы это сделать, увеличить продолжительность рабочей смены. Так на некоторых шахтах применяется 3-сменная организация работы. Продолжительность смены 8 часов. А за границей даже применяется 12 часовая рабочая смена, т.е. две смены в сутки.

Количество рабочих дней в неделе должно быть равным пяти. Для отдыха трудящихся в неделе должно быть не менее 2 выходных дней.

Тщательное изучение природных и других осложняющих работу очистных забоев факторов, совершенствование технологии, правильный подбор очистной техники способствует достижению значительной нагрузки на очистной забой.

Количество очистных забоев, добыча угля в которых составляет 1,0 млн. т и более в год постоянно растет и составляет: в 2001 г. – 15, в 2002 г. – 18, в 2003 г. – 20 очистных забоев. В 2004 г. уже из 26 лав добыча превысит 1,0 млн. т, из них четыре бригады добыли по 2,0 млн. т и более, девять бригад по 1,5 млн. т и более. Бригада В. Щербакова с шахты «Распадская» из одного забоя добыла в 2004 г. 3,2 млн. т угля.

С ростом нагрузки на очистной забой объемы добычи в Кузбассе с каждым годом растут:

в 2000 г. – 115,0 млн. т;
в 2001 г. – 127,7 млн. т;
в 2002 г. – 137,7 млн. т;
в 2003 г. – 144,2 млн. т;
в 2004 г. – 158,0 млн. т;
в 2005 г. ожидается добыть 160,0 млн. т.;
к 2020 г. объем добычи в Кузбассе планируется довести до 180,0 млн. т.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология подземной разработки месторождений полезных ископаемых. Учебник для вузов / Под общ. ред. А.С. Бурчакова. 3-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 1983. 487 с.
2. Горное дело: Учеб. для техникумов. – М: Недра, 1990. – 512 с.:ил.
3. *Набоков А.И., Зайнулин Р.Р.* Влияние трещиноватости пород на производительность комплексно-механизированных забоев // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых, 2003. - №20 – С. 119-122.
4. Подземная разработка пластовых месторождений / А.И. Баранов, В.А. Охрименко, С.Д. Сонник и др. – Москва: Госгортехиздат, 1961. – 655 с.
5. *Микунин Е.И.* Горные удары на шахтах субра // Безопасность труда в промышленности. – 2001. - №10. – С. 9-10
6. Прогноз и предотвращение внезапных выбросов угля и газа в очистных забоях угольных шахт / В.С. Зыков, П.В. Егоров, П.В. Пожаров др. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003. – 198 с.
7. Геомеханика: Учеб. пособие / П.В. Егоров, Г.Г. Штумпф, А.А. Ренев, Ю.А. Шевелев, И.В. Махраков, В.В. Сидорчук; Гос. учреждение Кузбас. гос. техн. ун-т. – Кемерово, 2002. – 339 с.
8. *Хомченко В.Н., Гордиенко Б.В.* Эффективность внедрения и эксплуатации очистных механизированных комплексов на пологих пластах Кузбасса // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых, 2000. - №16 – С. 134-140

Авторы статьи:

Смирнов
Александр Владимирович
– студент гр. МГД-041

Ремезов
Анатолий Владимирович
– докт.техн.наук, проф. каф. РМПИ