© Н.Н. Касьян, А.О. Новиков, В.Л. Самойлов, Ю.А. Петренко, 2005

УДК 622.016.3.112.3

Н.Н. Касьян, А.О. Новиков, В.Л. Самойлов, Ю.А. Петренко

О РОЛИ МЕЖРАМНЫХ ОГРАЖДЕНИЙ В МЕХАНИЗМЕ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА КРЕПЬ

Семинар № 11

Механизм взаимодействий рамной крепи выработок с окружающим горным массивом является весьма сложным и не однозначным. Существующее представление о том, что отпор крепи распределяется по внутренней поверхности выработки на ширину, равную шагу установки крепи не отражает фактически наблюдаемую ситуацию в шахтных условиях, особенно при образовании зоны разрушенных пород. Практически отпор массиву крепью осуществляется только по поверхности контакта между ними. В межрамном пространстве величина отпора массиву определяется шагом установки крепи и жесткостью межрамного ограждения. При этом несущим элементом, оказывающим сопротивление смещающимся породам являются только рамы крепи.

Характер распределения нагрузки по периметру рамной крепи в настоящее время изучен достаточно глубоко.

Вместе с тем, крепь представляет собой пространственную конструкцию и вопрос о механизме взаимодействия рамной крепи с вмещающим породным массивом, с учетом влияния на него характера деформирования пород в межрамном пространстве до настоящего момента полностью не исследован.

Большинством исследователей, затяжка (межрамное ограждение) рассматривается как элемент крепи, предназначенный для защиты выработки от вывалов породы в промежутках между рамами крепи.

Вместе с тем результаты обследований горных выработок показывают, что состояние затяжки намного хуже состояния непосредственно рам крепи.

Поэтому в последние годы большее внимание стали уделять и грузонесущей функции затяжки, которая заключается в восприятии давления со стороны массива горных пород и передачи его на рамы крепи. При этом большинство разработанных шахтных затяжек представляют собой жесткие конструкции, несущая способность которых приближается к несущей способности крепежных рам. Это приводит к увеличению материалоемкости и трудоемкости крепления выработок. Такой подход к решению проблемы межрамных ограждений не отражает реального механизма работы рамной податливой крепи. В системе «массив – рама крепи – межрамное ограждение» основной отпор окружающему породному массиву создается рамами крепи, и его величина определяется технической характеристикой и плотностью их установки. Поэтому рассматривать роль межрамного ограждения в системе необходимо с учетом взаимодействия рам крепи с породным массивом.

Для решения поставленных задач в работе использовался метод физического моделирования на моделях из эквивалентных материалов и структурных моделях.

Моделировался слоистый горный массив с прочностью пород на одноосное сжатие 40-60 МПа. В моделях рамы крепи по длине выработки устанавливались с шагом 60; 40; 20 и 13 мм, что соответствует 1,5; 1,0; 0,5 и 0,33 м в натуре. Для изучения характера распределения напряжений в массиве горных пород в моделях на расстоянии 30 и 70 мм от контура выработки всплошную устанавливались датчики трения.

Анализ полученных данных показал, что в начальной стадии формирования зоны разрушенных пород (при величине внешнего пригруза от 0 до 10 кПа), податливость затяжки не оказывает существенного влияния на величину нагрузки на крепь. Начиная с величины внешнего пригруза в 10 кПа нагрузка на рамы с податливой затяжкой растет менее интенсивно и по величине (в 1,5–2,5 раза) меньше, чем на рамы с жесткой затяжкой. При увеличении внешнего пригруза более 30 кПа интенсивность нагружения рам с податливой затяжкой возрастает, а с жесткой – уменьшается. Но в целом, нагрузка на рамы с податливой затяжкой, как и было установлено ранее, на 30–40% меньше, чем на рамы с жесткой затяжкой.

Такой механизм формирования нагрузки на рамы крепи можно объяснить следующим. Начиная с величины внешней нагрузки в 10 кПа, податливая затяжка начинает прогибаться и при размере зоны разрушенных пород над выработкой более половины шага крепи между рамами образуется свод естественного равновесия. Свод полностью сформировался при величине внешней нагрузки 30 кПа. После этого, нагрузка на рамы крепи начинает возрастать, с увеличением внешней нагрузки более интенсивно. Нагрузка на рамы с жесткой затяжкой, с увеличением величины внешней нагрузки возрастает практически по линейной зависимости так как затяжка только перераспределяет нагрузку на рамы. Однако, при внешней нагрузке более 30 кПа, затяжка немного прогибается и нагрузка на крепь снижается. Образование свода естественного равновесия между рамами крепи вдоль выработки позволяет объяснить тот факт, что в шахтных условиях, даже при значительных деформациях податливой крепи с железобетонной затяжкой не наблюдается полного разрушения затяжки и обрушения пород между рамами крепи. При этом несущая способность затяжки значительно меньше, чем рамы крепи.

Выполненные исследования позволяют уточнить механизм формирования нагрузки на систему «крепь – межрамное ограждение» в процессе образования вокруг выработки зоны разрушенных пород, который заключается в следующем.

В начальный период формирования вокруг выработки ЗРП (размер ЗРП не превышает шага установки крепи) и отсутствии деформации затяжки, последняя только перераспределяет нагрузку от смещений контура выработки на рамы крепи, не оказывая существенного влияния на ее величину. При дальнейшем росте ЗРП вглубь массива и прогибе затяжки вследствие смещений пород в полость выработки, т.к. ее жесткость и несущая способность меньше чем у рамы крепи, между рамами, вдоль продольной оси выработки, начинают образовываться своды естественного равновесия. Затяжка прогибаясь воспринимает часть смещений контура выработки и тем самым снижает нагрузку на рамы. После завершения образования в межрамном пространстве сводов естественного равновесия, затяжка воспринимает нагрузку только от веса породы внутри этого свода. А так как эти своды опираются на рамы крепи, то при дальнейшем росте зоны разрушенных пород вокруг выработки, нагрузка ими перераспределяется только на рамы крепи и не передается на затяжку.

Установленный механизм позволяет сформировать требования к параметрам межрамного ограждения:

– податливость затяжки должна обеспечивать возможность образования сводов естественного равновесия внутри ЗРП в межрамном пространстве без ее разрушения;

– несущая способность затяжки должна приниматься такой, чтобы воспринимать нагрузку от веса пород в пределах свода естественного равновесия.

Обобщая результаты проведенных исследований можно отметить следующее:

– Затяжка, как жесткая, так и податливая, участвует в процессе формирования нагрузки на крепь при шаге установки рам крепи 0,5 м и более. При шаге установки рам крепи менее 0,5 м, роль затяжки сводится только к удержанию забутовочного материала;

– При жесткой затяжке нагрузка на рамы крепи уменьшается с увеличением плотности установки рам, т.е. жесткая затяжка только перераспределяет нагрузку от смещений контура на рамы крепи. При этом над рамами наблюдается концентрация давления и более интенсивное разрушение массива;

– При податливой затяжке нагрузка на рамы крепи при шаге их установки более 0,5 м и давления в глубине массива распределяются равномерно и существенно не зависят от расстояния между рамами. При ша-

ге установки рам крепи менее 0,5 м, нагрузка на рамы и давление в глубине массива распределяется аналогично, как и при жесткой затяжке;

– При податливой затяжке, по мере роста зоны разрушенных пород вокруг выработки вглубь массива и прогиба затяжки, между рамами крепи, вдоль выработки, образуется свод естественного равновесия. При этом, после завершения формирования свода естественного равновесия, нагрузка на рамы крепи, с увеличением внешнего давления, возрастает более интенсивно;

– При податливой затяжке и шаге установки рам крепи более 0,5 м, нагрузка на рамы на 30-40 % меньше, чем при жесткой затяжке.

Коротко об авторах

Касьян Н.Н. – доктор технических наук,
Новиков А.О. – кандидат технических наук,
Самойлов В.Л. – кандидат технических наук,
Петренко Ю.А. – кандидат технических наук,

ДонНТУ, Донецк, Украина.

© Д.И. Жмуровский, Ю.М. Максименко, 2005

УДК 622.232

Д.И. Жмуровский, Ю.М. Максименко

ПОВЫШЕНИЕ НАДЁЖНОСТИ ГОРНОШАХТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПУТЕМ ОПЕРАТИВНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЕГО СОСТОЯНИЯ

Семинар № 11

Эксплуатация современного горношахтного оборудования повышенной энерговооруженности требует своевременного предупреждения, обнаружения и устранения возможных неисправностей, главным образом скрытых, не выявленных внешним осмотром для сокращения затрат на ремонт и предотвращения аварийных ситуаций.

Методов для получения объективной информации о техническом состоянии оборудования много, но прежде всего, необходимо использовать информацию завода-изготовителя из карт технического обслуживания и встроенных дисплеев.

Необходимо использовать также диагностические средства, которые позволили бы не только определять неисправности, но и прогнозировать их на ближайшую перспективу, что позволит определить ресурс работы узлов или агрегатов в целом.

Машины, имеющие средства диагностирования узлов, имеют возможность сокращать за-

траты на техническое обслуживание и ремонт за счёт уменьшения времени их осмотра и анализа экспертами, сокращение времени на уменьшения количества плановых и неплановых ремонтов.

Средства диагностики подразделяются по способу диагностирования на тестовые и функциональные, по организации работ на автоматические и ручные, по функциональным возможностям на индивидуальные и унифицированные. По конструкции они подразделяются на встроенные, переносные и стендовые.

Диагностирование узлов производится для тех машин, которые имеют кратность к общему ресурсу. Это позволит экономично спланировать приобретение необходимых объёмов запасных частей и материалов, увязанного со временем эксплуатации.

Диагностирование машин кроме этого положительно влияют на общий уровень квалификации обслуживающего персонала.

Важным направлением совершенствования системы управления эксплуатацией шахтного стационарного оборудования являются диагностирование как с помощью автоматизированных систем, так и переносных приборов, используемых при оперативном проведении работ. Учитывая, что износ парка стационарных установок достиг-75%, актуальность диагностирования очевидна.

Автоматические средства диагностики позволяют получать с контрольных точек информацию о техническом состоянии с помощью специальных датчиков, сигналы которых подаются на цифровую индикацию. Аналогичные приборы диагностики могут быть переносными и использоваться эпизодически. Автоматические и переносные средства диагностики позволяют не только получить информацию о состоянии того или иного узла, но и найти неисправность и принять меры по ремонту.

Для диагностики гидрооборудования очистных механизированных комплексов на шахтах использовался метод дистанционного контроля за давлением в гидросистеме крепи при проведении технических операций с комплексом. Эта информация передается на пункт обработки мини ЭВМ и получают готовые отчёты. Кроме этого, для диагностирования гидрооборудования крепи в специализированных управлениях используется переносные приборы перетока жидкости ИПГ.

Эксплуатация современных очистных механизированных комплексов требует больших затрат на техническое обслуживание и ремонт для поддержания их в работоспособном состоянии.

Опыт проведения наладочных работ выявил ряд существенных недостатков.

Сегодня организацию технического обслуживания мы строим на жестком регламенте без учета действительного износа. Поэтому делаем наладку или слишком рано или слишком поздно.

Современные методы инструментальной наладки очень трудоемкие, и позволяют как правило определять только несущую способность гидростоек крепей (трудоемкость составляет от 50 до 100 чел/смен).

При проведении наладочных работ состояние насосных станций, гидрораспределителей, гидродомкратов определяется визуальным осмотром, интуицией и опытом обслуживающего и ремонтного персонала.

Все эти недостатки не позволяют производить эффективную ревизию и наладку ОМК и не предотвращают отказы гидрооборудования в добычные смены.

Достаточно сказать, что из-за отказов гидрооборудования крепи теряется до 20% добычи угля от всех потерь из-за отказов с крепями.

В связи с этим необходима техническая диагностика комплексов, которая давала бы полное представление о состоянии гидрооборудования.

В настоящее время известно несколько способов диагностирования.

Например, диагностирование гидроприводов машин с насосами постоянной производительности, когда непрерывно или через постоянные периоды времени работы гидропривода измеряют время сброса на слив избытка подачи рабочей жидкости, с одновременным контролем номинального давления.

Есть способ определения герметичности гидроцилиндров, заключающийся в том, что одновременно с изменением давления в гидроцилиндре измеряют другой параметр, например, положение поршня в цилиндре, также способ по определению времени нарастания давления, вибро акустические методы.

На крепях применяются индикаторы ИД-13, для оперативного контроля несущей способности крепи. Все эти способы имеют свои плюсы и минусы и не решают проблемы аг-

регатного диагностирования системы гидропривода комплекса.

В нашем представлении, когда трудовые и материальные ресурсы ограничены, важно делать наладку тогда, когда это необходимо, контролировать состояние комплекса без его остановки, получать готовую информацию о состоянии крепи.

На шахтах Кузбасса совместно с Кузбасским государственным техническим университетом произведена работа по определению технического состояния гидросистемы крепи. В этой работе определяющим параметром служит скорость выполнения технологическим операций.

Схема экспериментальной установки состоит из потенциометрического датчика, датчика метана (ДМЗ-ЗТ), аппарата сигнализации (АС-ЗУ), который расположен на платформе энергопоезда, информационной стойки (СПТ-ЗИ) в диспетчерской шахты. Потенциометрический датчик подсоединяется к напорной магистрали гидросистемы комплекса. Схема установки работает следующим образом.

Давление рабочей жидкости из напорной магистрали воспринимается плунжером, который через рычажную систему перемещает щетку реохорда. Тем самым изменение давления преобразуется в пропорциональное изменение сопротивления реохорда.

Изменённое сопротивление реохорда включено в мост датчика ДМТ вместо постоянного резистора сопротивлением 7,06 Ома. Изменение сопротивления в зависимости от давления вызывает разбаланс моста ДМТЗТ, что приводит к появлению сигнала, который поступает в аппарат АС-ЗУ, затем сигнал по линиям связи поступает в диспетчерскую на информационную стойку (СПТЗИ) с самописцем. Непрерывный сигнал записывается на ленту, на ленте устанавливаются временные метки, через каждую минуту. Скорость ленты самописца ставится на максимальную - 5400 мм/час.

Перед началом работ согласовывается давление в гидросистеме со шкалой самописца при помощи контрольного манометра.

Предварительный анализ диаграмм изменения давления в гидросистеме ОМК позволил установить, что длительность выполнения операции технологического цикла по передвижке секций крепи зависит от срока эксплуатации (следовательно и износа гидрооборудования). Полученные диаграммы показывают, что каждой технологической операции соответствует определенное давление в гидросистеме: передвижке секции 170 кг/см^2 конвейера – 100 кг/см^2 и т.д. Это позволяет выделить отдельные технологические операции и проанализировать длительность их выполнения.

На первом этапе исследований состояния механизированной крепи предусмотрена обработка диаграммы давления на вычислительной машине М-6000, с помощью которой составляют временные ряды передвижки секций, пауз, передвижки конвейера, крепи сопряжения.

На втором этапе найдены законы распределения временных рядов.

На основании эксперимента выявлен характер изменения давления в гидросистеме при раздельных операциях по передвижке секций крепи, конвейерного става, крепи сопряжения и т.д. а также при их сочетании.

Найдены законы распределения времени передвижки, подсчитаны их допустимое время. Например, время на передвижку секции крепи в лаве №7 шахты им. Ярославского не должно превышать 31 секунду, длительность пауз 29 секунд, конвейерного става 14 секунд и т.д.

Имея аналоговые записи для новых комплексов, при периодической записи процессов передвижки крепи путем сравнения выявляются отклонения в гидросистеме комплекса.

Диаграммы позволяют проверять состояние комплекса и по сигналалам эксплуатационного персонала и в какой то мере выявлять недостатки в технологии передвижке секций крепи, конвейера. В настоящее время эта работа продолжается для набора данных и обработки на ЭВМ.

Для исследования подшипников различных машин широко используется акустический метод с применением приборов вибродиагностики, ультрозвуковой диаг-ностики, дефектоскопов УД2-12, толщиномеров «Кварц-6». Кроме этого применяется магнитная дефектоскопия – дефектоскоп ПМ-70.

Для диагностики широкого спектра оборудования находящегося в ревизии и наладке применяются различного рода стенды.

Для насосов и гидродвигателей применяется стенд ИС-320, при испытании гидрооборудования крепи применяют индикаторы

перетока жидкости ИПГ, для проходческого оборудования КИ-48-15м-03. Аналогичные стенды имеются для испытания электрооборудования, средств автома-тизации и газовой защиты.

На угольных предприятиях находят широкое применения инфракрасные термометры с пределами измерений от 18 ^{o}C до 400 ^{o}C «Кельвин», для дистанционного контроля температуры на расстоянии до 10 м. При этом возможно дистанционное измерение температуры нагрева контакторов электровозов, электрооборудования любого напряжения до десятых долей градуса без отключения напряжения.

В 80 % случаев нестабильность работы машин обусловлена не их отказами, а недостаточным уровнем надёжности других элементов системы оборудования участка. Таким образом правильно подобранной технологической схемой оборудования и его энерговооружённостью мы можем совершенствовать динамику работы, вскрывать дополнительные резервы повышения производительности участков.

На стабильности работы забоев при прочих равных условиях сказывается технология процесса добычи, надёжность техники, квалификация людей, обслуживающих и управляющих производственным процессом, а также надёжность рабочих мест и окружающей среды, которая может быть неодинаковой для людей и машин.

Последнему вопросу в угольной отрасли мало уделяется внимания на влияния так называемого человеческого фактора в человеко-машинной системе. Безусловно, оборудование с повышенной энерговооружённостью требует большей ответственности при работе и его обслуживании, в повышении общих профессиональных знаний обслуживающего персонала.

Результаты полученные при изучении режимов работы добычных участков подтверждают, что нестабильность и неравномерность функционирования оборудования весьма отрицательно сказывается на всех основных показателях работы шахты. Частые пуски и остановки машин, переходы на холостой ход или изменения нагрузки приводит к снижению производительности и надёжности оборудования из за пульсирующих нагрузок на детали и узлы машины, приводит к повышению утомляемости и нервному напряжению обслуживающего персонала. Современное оборудование очистного забоя в течение смены включается 30-40 раз, вместо рациональных 2-3 раза. Среднее время непрерывной работы на отдельных участках составляет 4-6 мин., вместо 2-3 часов.

Ресурсы очистного комбайна до первого ремонта, например в 3-3,5 раза меньше, чем крепи, в 2 раза меньше, чем лавного конвейера.

Работа такого комплекса оборудования не может быть эффективной. Поэтому комплектование современных новейших мощных комплексов оборудования должно осуществляется с учётом ресурсов наработки, что положительно сказывается на его работе, а комплексов бывших в работе, по остаточному ресурсу. При этом повышение остаточного ресурса возможно через текущие и капитальные ремонты.

Коротко об авторах

Жмуровский Д.И., Максименко Ю.М. – ДонНТУ, Донецк, Украина.

© А.В. Костенко, Н.Н. Гавриш,

УДК 622.831

А.В. Костенко, Н.Н. Гавриш

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМИРОВАНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Семинар № 11

Актуальной проблемой стоящей перед современной угольной промышленностью, является обеспечение высоких нагрузок на очистной забой. В условиях Донбасса это сопряжено с большими трудностями: малой прочностью и устойчивостью вмещающих пород, большой глубиной разработки, высокой газообильностью и опасностью пластов по внезапным выбросам угля и газа, высокой температурой вмещающих пород, склонностью углей к самовозгоранию, взрывчатостью угольной пыли и проч.

В таких условиях высокую скорость подвигания очистного забоя можно обеспечить, используя комбинированные системы разработки на базе столбовой с прямоточной схемой проветривания и обособленным разбавлением вредностей по источникам их выделения в шахтную атмосферу [1].

Для обеспечения нормального функционирования подобных систем разработки большое значение имеет удовлетворительное состояние подготовительных выработок на каждом из этапов их поддержания при отработке выемочного столба, а особенно позади очистного забоя. Устойчивость таких выработок можно достичь только с использованием целого комплекса мероприятий на всех стадиях существования выработки, начиная с момента её проведения и вплоть до погашения.

Существующие представления о состоянии подготовительных выработок в зонах влияния очистных работ основаны на результатах исследований, проведенных ВНИМИ, МГГУ, ДонУГИ, НГУ, ДПИ и ряда других институтов и организаций. Например, профессор И.Л. Черняк [2] выделил семь характерных этапов существования выработки: 1 – вне зоны влияния очистных работ, 2 – в зоне динамических проявлений опорного давления очистного забоя, 3 – в зоне динамических проявлений опорного давления позади забоя, 4 – в зоне статического состояния опорного давления, 5 – в зоне повторного динамического проявления опорного давления впереди лавы, 6 – в зоне повторного динамического опорного давления лавы и 7 – в зоне повторного статического состояния опорного давления второй лавы. В исследованиях закономерностей деформирования выработок, оформляемых позади очистного забоя [3], авторы выделяют две характерных зоны: зону активных смещений контура выработки и зону затухающих скоростей смещения контура.

С целью изучения особенностей деформирования подготовительных выработок под влиянием очистных работ производились наблюдения за их состоянием в условиях шахт Донбасса.

Наблюдательные станции были оборудованы в обслуживающих высоконагруженные лавы подготовительных выработках, проведенных в нетронутом массиве и сохраняемых позади очистного забоя, а именно: во 2-м южном конвейерном штреке пласта d_4 блока №5 и в 3-й южной бортовой выработке пласта d_4 блока №6 шахты «Красноармейская Западная №1», а также в 9-м западном конвейерном штреке пласта l_1 шахты им. А.Ф. Засядько [4].

Наблюдения производились способом массовых замеров на металлокрепи путем измерения высоты выработки по её центру от ключа крепи до почвы при помощи металлической мерной ленты (рулетка ВНИМИ) и вспомогательного телескопического стержня по центру сечения. Контрольные рамы крепи были выбраны с шагом 10 м (ПК), но в ходе замеров было решено уменьшить шаг замеров в зоне влияния очистного забоя до 2 м (3-4 рамы крепи). Также отмечалось расстояние от замерного сечения до створа лавы на момент замера.

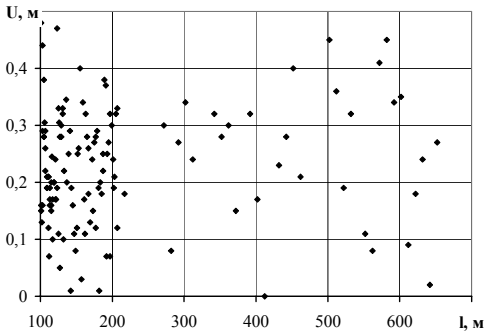

Рис. 1. Вертикальная конвергенция (U) контура выработки вне зоны влияния очистных работ: l - расстояние от лавы (в сторону нетронутого массива)

Во всех выработках наблюдалась качественно-подобная картина. Была установлена существенная неравномерность величины вертикальных смещений (разницы проектной и текущей высоты выработки) по длине выработки вне зоны влияния очистных работ. На наш взгляд, эту неравномерность можно пояснить неоднородностью горно-геологических и качеством ведения проходческих работ. В качестве примера представлены результаты измерений для 2-й южной лавы бремсбергового поля блока №5 шахты Красноармейская Западная №1 (рис. 1).

Неравномерность вертикальных смещений по длине подготовительной выработки отмечали и другие авторы. Однако в работах МГГУ [2] неравномерность смещений в зоне опорного давления связывалась с периодичностью обрушения основной кровли, а в работах ДонНТУ [3] исследования проводились в выработках, оформляемых позади очистного забоя. В исследованиях ИГД им. А.А. Скочинского и концерна «Интауголь» в выработках используемых повторно была выявлена неравномерность конечных смещений (после пребывания выработки во всех геомеханических зонах) [5].

На рис. 2 приведена обобщённая картина реализации смещений в зоне влияния очистного забоя.

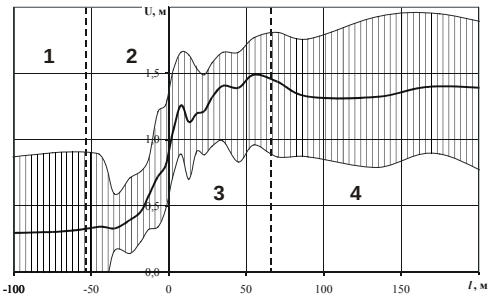

Рис. 2. Вертикальная конвергенция (U) контура выработки в зоне влияния очистных работ: l – расстояние от лавы до замерного сечения. Штриховка – область измеренных значений смешений, сплошная линия – среднее значение. Вертикальные пунктирные линии – границы геомеханических зон пребывания выработки: 1 – вне зоны влияния очистных работ, 2 – в зоне динамических проявлений опорного давления очистного забоя, 3 – в зоне активных смещений контура выработки, 4 – в зоне статического состояния опорного давления

К сожалению, учесть ремонтные работы, в частности подрывку почвы, не представлялось возможным, поэтому вид зависимости несколько искажен. Однако, как видно из рисунка, неравномерность смещений сохранялась на всех этапах поддержания выработки, несмотря на «нивелирующее» влияние ремонтных работ в зоне активных сдвижений пород.

Причём следует отметить, что на участках с большими начальными смещениями U_0 (до попадания сечения в зону временного опорного давления), величина смещений, реализовавшихся в зоне влияния очистного забоя $U_{оч}$ также выше.

То есть, конечные смещения можно представить в виде:

$U = U_0+U_{оч}$,

где $U_{оч} = f(U_0)$, причём $f'(U_0)>0$,

На рис. 3 приведены графики зависимости вертикальных смещений (U) от их величины до воздействия опорного давления от движущейся лавы (U_0). Измеренные значения разделяли на диапазоны в зависимости от положения замерных сечений относительно очистного забоя.

На основании установленной закономерности представляется возможным производить прогнозирование участков с вероятными смещениями, превышающими допустимые по условиям эксплуатации выработки на основании результатов замеров высоты до начала влияния очистных работ (h_0-U_0), где h_0 – проектная высота выработки.

Критерием оценки состояния выработки вне зоны влияния движущейся лавы предлагается считать такую высоту $h_{крит}$, при которой в результате развития очистных работ в конкрет-

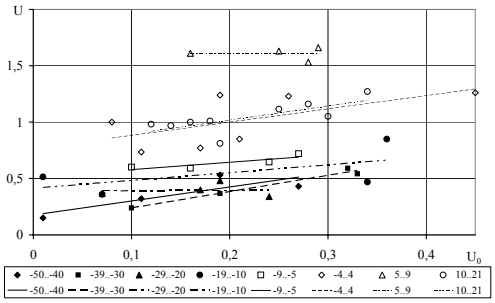

Рис. 4. Связь вертикальных смещений с состоянием выработки вне зоны влияния очистного забоя для различных этапов существования выработки

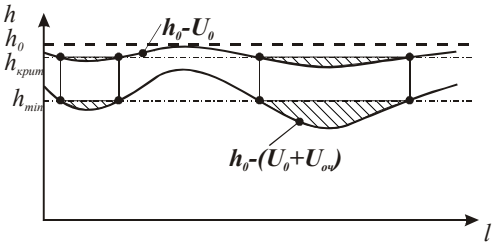

Рис. 3. Схема закономерностей развития смещений в различных геомеханических зонах

ных условиях высота выработки достигнет минимально допустимого для нормального функционирования добычного участка значения h_{min}. Величина $h_{крит}$ устанавливается опытным путём для каждого определённого случая по опыту отработки смежного поля, либо части этой же выработки, ранее подвергшейся влиянию очистных работ (рис. 4).

Данный метод позволяет ещё задолго до приближения очистного забоя к «проблемному» участку, то есть в наиболее благоприятных условиях производить мероприятия направленные на снижение последующих проявлений горного давления, например: применение крепи усиления, анкерной крепи, упрочнение массива и т.п.

Это даст возможность:

- сократить общий объём ремонтных работ, а особенно в окрестности сопряжения выработки с лавой, а значит избежать помех основным производственным процессам;
- сконцентрировать мероприятия направленные на снижение смещений только на участках, требующих этого согласно прогнозу.

Выводы:

1.Установлен экспериментально неравномерный характер смещений по длине выработки расположенной не только позади очистного забоя, но и в нетронутом очистными работами массиве.

2.Экспериментально установлена связь состояния выработки и величины вертикальных смещений контура выработки вне зоны влияния очистных работ и в зонах динамических проявлений опорного давления очистного забоя и активных смещений контура выработки. На базе этого предложен простой и малотрудоёмкий метод прогнозирования смещений выработке после прохода лавы. Анализируя прогнозируемые смещения на протяжении выработки можно оперативно определить участки, требующие применения дополнительных мероприятий по сохранению устойчивости выработки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Зборщик М.П., Костенко А.В.* Сохранение устойчивости подготовительных выработок высоконагруженных лав при отработке пологих пластов. – Уголь Украины, №4, 2003, с.7-11.

2. *Черняк И.Л., Бурчаков Ю.И.* Управление горным давлением в подготовительных выработках глубоких шахт. – М.: Недра, 1984. – С. 304.

3. *Гавриш Н.Н., Стулишенко А.Ю.* Особенности процесса конвергенции кровли и почвы выработок, проводимых и поддерживаемых вслед за лавой. – Геотехнологии на рубеже XXI века. / под общ. ред. С.С. Гребенкина, Ю.В. Бондаренко – Донецк: ДУНПГО. Т.2. – С. 56-60.

4. *Ильяшов М.А., Костенко В.К., Костенко А.В., Грицай В.Ф., Бокий Б.В.* Практика охраны подготовительных горных выработок литыми полосами при интенсивной отработке угольных пластов. - Проблемы горного давления, 2003, №9 с. 40-74.

5. *Старосельцев Л.М., Мининберг В.Я.* О разбросе смещений по длине выработки. – Уголь, 1992, №3, с.7-9.

Коротко об авторах

Костенко А.В., Гавриш Н.Н. – Донецкий национальный технический университет, Донецк, Украина.

© В.Г. Ефимов, 2005

УДК 622.06

В.Г. Ефимов

ТЕХНОЛОГИЯ ВЫЕМКИ ВЕСЬМА ТОНКИХ ПОЛОГИХ ПЛАСТОВ

Семинар № 11

В Донецком Национальном техническом университете разработана технология безлюдной выемки весьма тонких пологих пластов угля постоянной мощности с резко изменяющейся устойчивостью кровли.

Выемка и доставка угля осуществляются скрепероструговой установкой. В качестве призабойной крепи используются протяжённая секционная пневноопора, которая фронтально перемещается на забой по мере выемки угля скерепероструговом [1]. Перемещение пневмоопоры производится специальным передвижным устройством, установленным на одной из секций скрепероструга. Управление кровлей осуществляется дистанционным возведением в выработанном пространстве за пневмоопорой опорных полос из рядовой породы при помощи транспортно-формирующей приставки, установленной на свободной ветви тягового органа скрепероструговой установки.

Состояние кровли в призабойном пространстве существенно зависит от геомеханических процессов на значительных участках околозабойной части массива, в том числе и в выработанном пространстве. В связи с этим большое практическое значение имеет определение минимально необходимой несущей способности пневмобаллонной крепи, а следовательно, и минимального давления воздуха в ней, еще не нарушающего механизм плавного опускания кровли на породные опоры.

В результате обнажения кровли при подвигании очистного забоя, как показано в работе [2], под действием нормальных и касательных напряжений от массива пород кровли отделяется плита мощностью 4-8 м в зависимости от состава вмещающих пород. Плита жестко защемлена по краям и опирается на выложенные в выработанном пространстве породные полосы и на призабойную пневмокрепь.

С достаточной степенью точности расчет такой плиты можно заменить расчетом балки единичной ширины, лежащей на дискретном упругом основании, в качестве которого по краям балки служит угольный пласт, на некотором расстоянии от забоя — пневмобаллонная крепь и далее по длине балки — расположенные в выработанном пространстве породные опоры (рис. 1).

Для решения данной задачи использовался метод начальных параметров.

Сущность метода заключается в следующем. Для каждого участка балки составляются уравнения для определения начальных параметров — величин прогиба, угла поворота, изгибающего момента и поперечной силы. При этом начало каждого последующего участка по длине балки принимается за новое начало координат. В этом случае величина каждой из четырех постоянных в конце

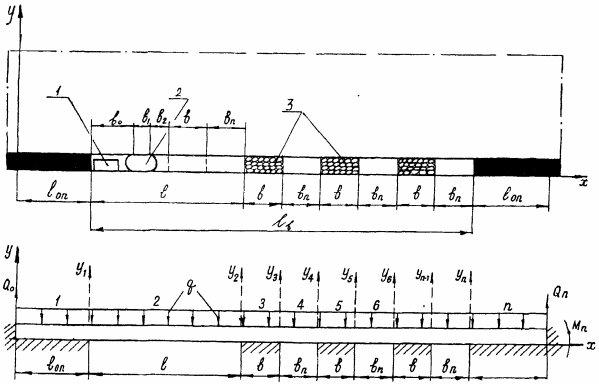

Рис. 1. Расчетная схема: *1* — скрепероструг, *2* — пневмобалонная крепь, *3* — породные опоры

каждого участка равняется величине соответствующей постоянной в начале последующего участка. В результате образуется система уравнений, которая решается методом Гаусса.

Для решения полученной системы уравнений и определения влияния призабойной пневмобаллонной крепи на поведение пород кровли пласта с помощью ЭВМ разработана программа напряженно-деформиро-ванного состояния пород кровли.

В расчетах принимались наиболее рациональные параметры закладочного массива, обоснованные в работах [3,4] и полученные на практике во время промышленных испытаний в шахтоуправлении «Холодная Балка» ПО «Макесвуголь». Ширина породных опор, возводимых в «шахматном» порядке, принималась равной 1,5 м, расстояние между ними — 2,0 м.

Расчеты производились для наиболее неблагоприятного случая, в момент, когда за пневмобаллонной крепью еще не выложен очередной ряд породных опор и ширина незакрепленного пространства позади пневмокрепи до предыдущей породной опоры является максимальной.

В результате реализации программы получены зависимости максимальных нормальных напряжений в кровле от длины выработанного пространства в процессе развития работ на выемочном участке для различных типов пород непосредственной кровли (рис. 2).

При этом варьировались величина давления воздуха в пневмобаллонной крепи и высота отделяющегося слоя пород непосредственной кровли. Далее сравнивались полученные значения максимальных нормальных напряжений с предельными напряжениями на растяжение для соответствующего типа пород. Как показано в работе [5], предельные напряжения на растяжение для глинистого сланца, песчаного сланца, песчаника и известняка соответственно составляют 6,6; 7,9; 9,0; 10,0 МПа.

Установлено, что уровень давления сжатого воздуха в пневмокрепи оказывает не-

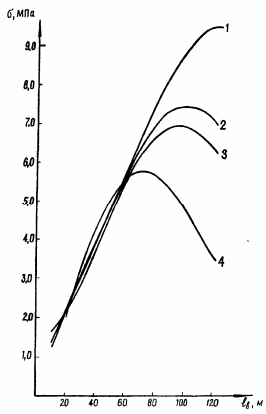

Рис. 2. Зависимость максимальных напряжений от длины выработонного пространства при залегании в непосредственной кровле соответственно: *1* — известняков, *2* — песчаных сланцев, *3* — глинистых сланцев, *4* — песчаников

одинаковое влияние на процесс плавного опускания кровли, представленной разными типами пород. Максимальные нормальные напряжения, возникающие в кровле, не превышают предельных напряжений, если непосредственная кровля представлена известняками, песчаниками или песчаными сланцами при давлении в пневмокрепи на уровне, обеспечиваемом при питании от шахтной пневмосети (до 0,5 МПа). Если в кровле залегают глинистые сланцы, максимальные нормальные напряжения оказываются несколько выше (6,9 МПа) предельных напряжений при давлении 0,5 МПа.

Таким образом, уровень давления в пневмобаллонной крепи, обеспечиваемый питанием от шахтной пневмосети, является достаточным для плавного опускания кровли, если последняя представлена известняками, песчаниками или песчаными сланцами. Распространение технологии выемки с применением длинномерной пневмокрепи и частичной закладки выработанного пространства для различных пород непосредственной кровли, включая и глинистые сланцы, предполагает увеличение давления в пневмоопоре до 0,7-0,8 МПа, например, за счет использования шахтных передвижных компрессорных установок.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бондаренко Ю.В., Голембиевский П.П., Ефимов В.Г.* Разработка способа крепления кровли протяженными пневмоопорами при безлюдной выемке весьма тонких пологих пластов // Разработка месторождений по-

лезных ископаемых: Республ. межвед. научн.- техн.сб. — Киев: Техника, 1990. — Вып.87. — С. 69-74 с.

2. *Беляев А.Н.* Теоретические основы расчета горного давления в комплексно-механизированных очистных забоях пологих пластов: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1978.

3. *Гомаль И.И.* Разработка и выбор рациональных параметров безлюдной скреперостругoвой выемки весьма тонких пологих пластов с закладкой выработанного пространства: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1985.

4. *Макеев А.Ю.* Обоснование рациональных параметров технологии возведения породных опор при безлюдной скреперостругoвой выемке: Автореф. ... канд. техн. наук. — Донецк, 1989.

5. *Сапицкий К.Ф., Бондаренко Ю.В., Гомаль И.И., Чучко Д.Я.* Технология выемки весьма тонких угольных пластов скреперостругами. – Киев: Техника, 1989. – 191с.

Коротко об авторах

Ефимов В.Г. – доцент, кандидат технических наук, Донецкий Национальный технический университет.

© С.А. Сузинь, 2005

УДК 622.33

С.А. Сузинь

АНАЛИЗ РАБОТЫ АО «ГУКОВУГОЛЬ» ПОСЛЕ РЕСТРУКТУРИЗАЦИИ

Семинар № 11

Шахты АО «Гуковуголь» находятся в Каменско-Гундоровском и Гуково-Зверевском угольных районах. Шахты Каменско-Гундоровского района разрабатывают коксующиеся угли и характеризуются как опасные по внезапным выбросам угля и газа. Шахты Гуково-Зверевского района разрабатывают антрацитовые пологие пласты тонкой и средней мощности и как правило не газовые.

Промышленные запасы на действующих шахтах составляют около 300 млн т, большинство из них антрациты. Большая часть запасов залегает в пластах мощностью не свыше 0,81 м.

Из-за высокого качества, угли добываемые предприятиями АО «Гуковуголь» пользуются широким спросом. В 1985–1990 годах шахтами добывалось свыше 10–11 млн т угля в год.

Девяностые годы характеризуются сложнейшим периодом в организации добычи угля. Происходящее в народном хозяйстве Российской Федерации процессы, связанные со становлением рыночных механизмов усугубили и без того трудное положение, в котором оказалась угольная промышленность. Технико-экономические показатели работы угольных шахт стали снижаться.

	1975	1980	1985	1990	1995	2000	2003
Кол-во шахт (технических единиц)	20	20	18	17	16	7	7
Годовая добыча угля, тыс. тонн	9910	10460	11800	10350	5914	4514,5	4161
Среднединамическая мощность пласта, м	1,27	1,24	1,25	1,29	1,38	1,46	1,61
Среднединамическое количество очистных забоев	60,6	70,5	62,9	56	33	14,3	13,7
Среднесуточная нагрузка на очистной забой, т	482	438	477	467	447	1004	870
Производительность труда, т	48,4	41	41,1	39,2	29,2	-	-

Резко снизились дотационные средства, что сказалось на техническом положении шахт. Недостаточный объем господдержки не позволил не только наращивать уровень производства посредством введения новых мощностей шахт или их реконструкции и технического перевооружения, но и сохранить достигнутый.

С 1993 года начался процесс реструктуризации шахтного фонда АО «Гуковуголь», основной целью которой являлось значительное улучшение основных технико-экономических показателей работы АО «Гуковуголь» на основе закрытия неперспективных и особо убыточных шахт.

Всемирным банком было предложено оставить в работе только три наиболее перспективные шахты («Гуковская», «им. 50-летия Октября», «Алмазная»). Поэтому варианту предусматривалось закрытие 12 шахт и резкое сокращение добычи угля (до 2,9 млн т в 2000 году).

ИТР АО «Гуковуголь» был разработан свой вариант реструктуризации шахтного фонда. Он предусматривал: ликвидацию неперспективных шахт («Комиссаровская», «Октябрьская», «Центральная», «Гундоровская», «Донецкая»); концентрацию горных работ за счет роста нагрузки на очистной забой; сокращение протяженности горных выработок; отказ от отработки запасов, где применить современную технику и технологию нового поколения не представляется возможным. Как показало время этот вариант оказался правильным, он позволил сохранить производственный потенциал шахтного фонда при его качественном изменении, сохранить занятость населения и исключил социальное напряжение в регионе.

Это было достигнуто за счет технического перевооружения. Если в 80-е – 90-е годы добыча осуществлялась механизированными комплексами КМ-87УМП, КМ-88, КМК-97, КМТ, то в настоящее время очистные забои оснащены механизированными комплексами типа КД-90, КМ-103 и КМ-137

Резко была увеличена нагрузка на очистной забой с 447 т в сутки в 1995 году до 900–1000 т в 2000–2004 годах. Это привело к значительному улучшению технико-экономических показателей АО «Гуковуголь».

Намеченные цели предусмотренные программой реструктуризацией шахтного фонда полностью выполнены. В настоящее время это безубыточное предприятие, не имеющее долгов по зарплате и уплате налогов.

Коротко об авторах

Сузинь Сергей Анатольевич – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (НПИ).

© А.А. Обухов, В.Ф. Мельниченко, 2005

УДК 622.33

А.А. Обухов, В.Ф. Мельниченко

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ОБЪЕМОВ ПРОВЕДЕНИЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК W_o В ПРЕДЕЛАХ ПАНЕЛИ ДЛЯ ШАХТ ВОСТОЧНОГО ДОНБАССА

Семинар № 11

Формирование коэффициента совершенства горного хозяйства

Под коэффициентом совершенства горного хозяйства шахт $K^a_{СШ}$ понимается величина, учитывающая степень непрерывного соответствия направленности технических решений по всему комплексу горного хозяйства, росту производительности труда, нормам и ограничивающим условиям во всем многообразии влияющих факторов.

Таким образом, коэффициент $K^a_{СШ}$ характеризует “скелетно-сосудистую” сторону горного хозяйства – его сложность, емкость, качественные характеристики и геологическую среду. Исходя из этого, коэффициент совершенства горного хозяйства шахт $K^a_{СШ}$ является отображением множества *M* влияющих факторов и показателей.

Если весь информационный массив, то есть множество $\{M\}$, разбить на подмножества $\{D_i\}$ и задаться условием $D_i \in M$, тогда все многообразие влияющих факторов и параметров на совершенство горного хозяйства шахт можно представить следующим образом

$$K^a_{СШ} : \{M\} = \{D_1\} \vee \{D_2\} \vee \{D_3\} \vee \{D_4\},$$

где $\vee$ - дизъюнкция (логическое сложение элементов) в отношении множеств D_i.

Разбив подмножества D_i по факторам, получим:

$\{D_1\}$ - определяет группу геометрических параметров горного хозяйства;

$\{D_2\}$ - определяет группу горно-геологических факторов;

$\{D_3\}$ - определяет группу технических параметров;

$\{D_4\}$ - определяет группу технологических факторов.

В группу геометрических параметров входят:

протяженность выработок активная, км;

протяженность выработок пассивная (поддерживаемые), км;

сечение выработок, м^2;

удаленность мест доставки, км;

количество выработок очистных;

количество проходческих забоев;

длина проветриваемых путей, км;

число стволов;

длина лав, м;

коэффициент подрывки боковых пород.

В группу горно-геологических факторов включаются:

углы падения пластов, град.;

мощность пластов, м;

число пластов;

коэффициент крепости угля;

коэффициент крепости пород;

газоносность пластов, м^3/т;

нарушенность шахтного поля, наруш./км;

температура пород, град., °С;

обводненность горных выработок, м^3/ч;

глубина залегания пластов, м.

Группу технических параметров составляют:

производительность очистного оборудования (т/сут);

производительность проходческого оборудования (м/сут);

производительность транспортного оборудования, т/сут;

потенциальные возможности подъемов, т/сут;

Таблица 1

Вероятность направленности влияния факторов

Наименование факторов	Направленность изменения значений фактора	Направленность изменения значений производительности труда	Количество рассмотренных случаев		Вероятность соответствия	
			рост фактора “$P_{ост}$ произв. труда”	рост фактора “Падение произв. труда”	положит. $P_{пол}$	отрицат. $P_{отр}$
Геометрические параметры						
Протяженность выработки активная	$P_{ост}$	$P_{ост}$	125	25	0,83	0,17
Протяженность выработки пассивная	$P_{ост}$	уменьш.	25	130	0,16	0,84
Сечение выработки	$P_{ост}$	$P_{ост}$	200	20	0,91	0,09
Удаленность мест доставки	$P_{ост}$	уменьш.	20	120	0,14	0,86
Количество выработок очистных	$P_{ост}$	уменьш.	35	150	0,19	0,81
Количество проходческих забоев	$P_{ост}$	уменьш.	20	150	0,12	0,88
Длина путей проветривания	$P_{ост}$	Снижение	0	30	0,00	1,0
Число стволов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	35	7	0,83	0,17
Длина лав	$P_{ост}$	снижение	20	120	0,14	0,86
Коэффициент подрывки пород.	$P_{ост}$	снижение	20	200	0,09	0,91
Горно-геологические факторы						
Углы падения пластов	$P_{ост}$	снижение	15	50	0,23	0,77
Мощность пластов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	30	2	0,94	0,06
Количество пластов	$P_{ост}$	снижение	5	35	0,12	0,88
Коэффициент крепости угля	$P_{ост}$	снижение	2	110	0,02	0,98
Коэффициент крепости пород	$P_{ост}$	снижение	1	110	0,01	0,99
Газоносный пласт	$P_{ост}$	снижение	3	30	0,09	0,91
Нарушенность шахтного поля	$P_{ост}$	снижение	0	135	0,00	1,0
Температура пород	$P_{ост}$	снижение	1	38	0,03	0,97
Обводненность горных выработок	$P_{ост}$	снижение	4	50	0,08	0,92
Глубина залегания пластов.	$P_{ост}$	снижение	3	30	0,09	0,91
Технические параметры						
Производительность очистного оборудования	$P_{ост}$	$P_{ост}$	130	6	0,96	0,04
Производительность проходческого оборудования	$P_{ост}$	$P_{ост}$	130	5	0,96	0,04
Производительность транспортного оборудования	$P_{ост}$	$P_{ост}$	70	1	0,98	0,02
Потенциальные возможности подъемов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	70	3	0,96	0,04
Потенциальные возможности вентиляторов	$P_{ост}$	$P_{ост}$	56	2	0,96	0,04
Потенциальные возможности вспомогательного оборудования.	$P_{ост}$	$P_{ост}$	75	8	0,90	0,1
Технологические факторы						
Число квершлагов	$P_{ост}$	снижение	15	50	0,23	0,77
Число уклонов	$P_{ост}$	снижение	15	78	0,16	0,84
Направления развития работ по простиранию	$P_{ост}$	снижение	25	55	0,31	0,69
Направление развития работ по падению	$P_{ост}$	снижение	21	55	0,28	0,72
Число ступеней транспортирования по падению	$P_{ост}$	снижение	12	120	0,09	0,91
Число ступеней транспортирования по простиранию.	$P_{ост}$	снижение	12	120	0,09	0,91

потенциальные возможности вентиляторов, $м^3$/мин;

потенциальные возможности вспомогательного оборудования, $м^3$/ч.

В группу технологических факторов входят:

число квершлагов;

число уклонов (бремсбергов);

направление развития работ по простиранию;

направление развития работ по падению;

число ступеней транспортирования по падению;

число ступеней транспортирования по простиранию.

Поскольку, исходя из вышеизложенного, $K^a_{СШ}$ определяет степень соответствия направленности технических решений росту или снижению производительности труда по шахте, а значения факторов и параметров и производительности труда имеют флуктуацию в ту или иную сторону и носят случайный характер, то для определения направленности влияния факторов используем принцип соотношения изменчивости параметров и производительности труда по наибольшему числу совпадений. Для этого используем математический аппарат теории вероятностей. Анализ изменения каждого фактора в сторону увеличения его значений является основой принятия решений. Если при этом растут значения и производительности труда, то фактор имеет положительную направленность, если, наоборот - отрицательную. Но как было отмечено, эти изменения носят стохастический характер, поэтому для количественной оценки направленности влияния факторов используем величину наибольшей вероятности P_i попадания фактора в положительное или отрицательное влияние.

Данные для выполнения исследования были собраны по шахтам с охватом всех изменений условий на протяжении 20-летнего периода работы шахт.

Табл. 1 отражает выборку значений вероятностей соответствия положительной или отрицательной направленности влияния изменения факторов на изменение производительности труда. Выбирая наибольшие значения вероятностей $P_{пол}$ и $P_{отр}$, получим направленность влияния факторов.

В результате выделяется 10 факторов положительной направленности с соответствующими значениями вероятностей $P_{пол}$ = 0,83-0,98 и 22 фактора - отрицательной направленности с вероятностью $P_{отр}$ = 0,69-1,0. Два фактора (длина путей проветривания и нарушенность шахтного поля) дают вероятность отрицательной направленности 1,0.

Оценка количественного влияния факторов и определение W_o.

На основании данных, приведенных в предыдущем параграфе, представим положительную и отрицательную направленность изменения факторов в виде числовой оси с положительным и отрицательным направлением и разобьем ее на равные интервалы.

Тогда увеличение значений в положительном или отрицательном направлении будет показывать увеличение или уменьшение влияния. В нашем случае все числовые значения факторов и параметров приводятся в порядке их возрастания, охватывая таким образом все условия ведения работ на шахтах объединения “Ростовуголь”.

К примеру, из группы геометрических параметров возьмем такой фактор, как “протяженность выработок активная”. Значения принимаются следующие: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12. Все значения факторов в порядке их возрастания.

Здесь значения самого фактора и порядковый номер в строке этих значений совпадают, то есть для значения 1 см соответствует порядковый номер 1 и т.д., а если это будут мощности пластов, м - 0,6; 0,65; 0,7, ..., то номера порядковые не будут по значениям совпадать с абсолютным значением самого фактора. Таким образом, при представлении ряда значений факторов в порядке их возрастания в виде числовой оси, нас будут интересовать порядковые номера значения в строке фактора, характеризующие удаленность этого значения на числовой оси от минимального или максимального, а, следовательно, и величину вклада в положительное или отрицательное влияние на состояние горного хозяйства шахт. Подобным приемом мы ставим различные по природе, единицам измерения факторы и параметры в условия сравнимости “возрастания” - ‘убывания’, а порядковый номер в числовой последовательности значений фактора покажет степень “возрастания” или “убывания”.

Поскольку $K^a_{СШ}$ - является отображением множества факторов с определенной вероятностью, то в алгебраическом виде его можно представить следующим образом:

Таблица 2

Годы	1999	2000	2001	2002	2003	2004
m	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
W_o	5,389	5,389	5,377	5,371	4,921	4,843
m	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
W_o	4,467	4,467	4,457	4,443	4,079	4,014
m	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
W_o	3,884	3,884	3,876	3,864	3,547	3,491
m	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
W_o	3,496	3,496	3,488	3,477	3,192	3,141
m	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
W_o	3,237	3,237	3,230	3,220	2,956	2,909
При l_o	200	200	200	200	220	220

$$K_{СШ}^{a} = \sum_{n=1}^{10} q_{пол} \cdot i - \sum_{n=1}^{22} q_{отр} \cdot i \ ,$$

где $q_{пол}$ и $q_{отр}$ - весовые коэффициенты при факторах соответственно с положительным и отрицательным направлением влияния; i - порядковые номера значений в строке фактора; n - число факторов с положительной и отрицательной направленностью.

Знаки алгебраической суммы коэффициентов наиболее полно отвечают логическому выводу о том, что, если бы было другое действие, то значение $K_{СШ}^{a}$ не имело бы смысла, так как достаточно одно из значений факторов приравнять нулю, коэффициент $K_{СШ}^{a}$ также становился бы равным нулю, а это лишено смысла.

Исходя из анализа $K_{СШ}^{a}$ и направленности факторов объем проведения выработок W_o в метрах на 1000 т запасов в пределах панели для шахт Восточного Донбасса является основным для характеристики горного хозяйства шахт.

Объем проведения горных выработок на 1000 т угля в пределах панели определяется, в основном, оптимальной длиной очистного забоя l и оптимальной длиной панели по простиранию - x_o и может быть выражен следующей формулой:

$$W_{опт.} = \left(\frac{x_o \cdot n + 3L_n}{z_{пан.} \cdot c} \right) \cdot 1000 \text{ , м/1000т}$$

где $W_{опт}$ - оптимальный объем проведения подготовительных горных выработок в пределах панели на 1000 т добычи угля, м; L_n = 1000 м- длина панели по падению, м; z - промышленные запасы угля в пределах панели

$$z = x_o \cdot L_n = p \cdot c = x_o \cdot 1000 \cdot n \cdot 1{,}52 \cdot m$$

где n - число ярусных штреков в пределах панели.

Тогда

$$W_{опт.} = \frac{658{,}6 + 0{,}656 l_o}{m\left(l_o + 4\right)} + \frac{1970}{x_o \cdot m} \text{ , м/1000 т}$$

Взяв первую производную по x в ЭММ и приравняв ее нулю, получим x_o = 2000 м, т.е. для условий разработки пластов антрацита на шахтах Восточного Донбасса оптимальную длину панели по простиранию можно принять равной x_o =2000 м.

Подставляя в эту формулу соответствующие значения m, l_o и x_o в зависимости от времени t получим табл. 2, где определены W_o, по которым можно делать соответствующий прогноз.

Коротко об авторах

Обухов Анатолий Афанасьевич – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института).
Мельниченко Владимир Федорович – шахта им. Октябрьской революции ОАО “Голдуголь”.