© В.А. Матвеев, А.В. Матвеев, 2005

УДК 622.272

В.А. Матвеев, А.В. Матвеев

РАЗВИТИЕ ПРОЦЕССА ОБРУШЕНИЯ СЛОИСТОЙ КРОВЛИ НАД ВЫРАБОТАННЫМ ПРОСТРАНСТВОМ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ ПЛАСТОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Семинар № 11

Характер разрушения слоев кровли по мере подвигания очистного забоя, форма и размеры обрушающихся блоков определяют дискретно-динамическую составляющую проявлений горного давления как в очистном забое так и в подготовительных выработках, прилегающих к выработанному пространству.

Ставить задачу получения точного определения интересующих нас параметров этого процесса в общем виде не имеет смысла ввиду ее чрезвычайной сложности, поскольку в каждой отдельной структуре кровли каждый слой ведет себя не только обособленно в зависимости от собственных характеристик, но также влияет на поведение соседних слоев и, в свою очередь, подвергается подобному влиянию со стороны последних. Однако, построить логику решения таких задач для конкретных условий и получить представление о зависимости параметров разрушения от характеристик структуры кровли и форм обнажений над выработанным пространством в приближенной качественной форме весьма желательно.

В данной работе задача ставится с конкретизацией применительно к развитию процесса обрушения слоев кровли по мере отхода длинного очистного забоя от разрезной печи при отработке, например, угольного пласта, что существенно упрощает задачу. Для моделирования этого процесса целесообразно использовать методический подход и расчетные формулы, разработанные применительно к расчету бетонных и железобетонных плит методом предельного равновесия [1].

Геометрическая и силовая схема задачи сводится к следующему.

Очистной забой длиной, ориентировочно, 200 м движется от разрезной печи, образуя выработанное пространство в форме прямоугольника с меняющимся отношением сторон *а*/*в* (длинная – *а*, короткая – *в*). С целью упрощения задачи каждый слой рассматривается отдельно и нагружен распределенной нагрузкой от собственного веса. Необходимо определить: при какой максимальной толщине слоя может произойти самообрушение слоя и по какой схеме разлома на блоки в зависимости от размера выработанного пространства в направлении движения забоя.

Используется кинематический способ определения предельной несущей способности слоя кровли при первичном обнажении. Этот способ предполагает рассмотрение кинематически возможных схем расчленения слоя кровли в пределах первичного обнажения и отыскание той схемы, в которой ее реализация происходит при наименьшей нагрузке. Из наблюдений за разрушением бетонных плит в строительной практике и на объемных моделях для геомеханических исследований из эквивалентных материалов установлено, что плита кровли в стадии предельного равновесия расчленяется на отдельные участки (блоки), соединенные между собой по линиям излома линейными пластическими шарнирами.

Характерные схемы излома плит кровли на стадии первичных обнажений при разных размерах выработанного пространства показаны на рис. 1. При определенных схеме излома и характере нагрузки интенсивность последней, соответствующая несущей способности плиты, определяется из равенства работ внешних сил и предельных внутренних усилий, создающих противодействующие моменты на линиях шарниров. Приближенно можно считать, что пли-

*При финансовой поддержке Минобразования РФ по гранту Т02-04.1-1803.

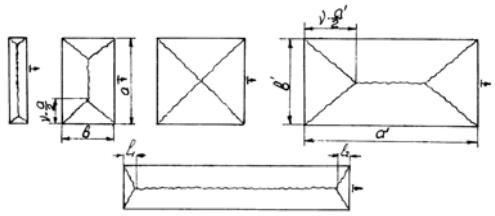


Рис. 1. Изменение схем разрушения слоя кровли при расширении выработанного пространства

ты породных слоев равномерно нагружены собственным весом.

Общее уравнение работ при равномерно распределенной нагрузке записывается в форме:

$$pV = \sum M_j Q_j \cos\left(M_j Q_j\right), \qquad (1)$$

где p – интенсивность предельной распределенной нагрузки; $V = \int_F y \; dF$ – объем, описанный при виртуальном перемещении блока плиты, на которую действует равномерно распределенная нагрузка; M_j – равнодействующая погонных предельных моментов, действующих на j-й блок плиты; Q_j – угол поворота j-го блока вокруг оси вращения.

Поскольку предельный противодействующий момент в шарнирах определяется толщиной плиты h и пределом прочности на растяжение $\sigma_{вр}$, а интенсивность нагрузки и работа внешних сил определяется толщиной h, объемным весом γ и площадью блока при разных значениях размеров обнажения a и $в$, то из общего уравнения работ (1) можно вывести зависимость максимальной толщины слоя, при которой он может обрушиться под действием собственного веса. Для этого воспользуемся готовыми решениями для определения максимальных моментов в шарнирах и параметров схем разрушения плит, нагруженных равномерно распределенной нагрузкой, которые приведены в работе [1].

Для первичных обнажений слоев кровли принята схема с защемлением плиты в массиве по всему контуру обнажения, обозначения элементов в которой приведены на рис. 1. Форма плиты характеризуется отношением сторон $\frac{a}{в} = \lambda$. В условиях настоящей задачи при движении очистного забоя до образования выработанного пространства квадратной формы a равно длине очистного забоя ($a = l_{оз}$), а после этого момента длина очистного забоя соответствует величине $в'$, а пролет выработанного пространства – величине a'.

В качестве параметра, определяющего геометрическую схему излома плиты – ν, принято отношение расстояния от короткой стороны прямоугольника до точки пересечения осевой и диагональных линий разлома плиты к полупролету большей стороны a:

$$\nu = l_{1,2} : \frac{a}{2} = \frac{2l_{1,2}}{a}.$$

Параметр схемы излома определяется по формуле:

$$\nu = \frac{1}{\lambda^2}\left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right).$$

Максимальный момент в линиях излома на единицу длины, создаваемый весом блоков разрушающейся плиты

$$\bar{M}_0 = \frac{p в^2 \left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right)^2}{48\lambda^2}.$$

Противодействующий предельный момент на единицу длины излома

$$M_{пр} = \sigma_{вр} W = \frac{\sigma_{вр} h^2}{6}.$$

Распределенная нагрузка $p = \gamma \quad h$, тогда

$$\bar{M}_0 = \frac{\gamma \quad h в^2 \left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right)^2}{48\lambda^2}.$$

Приравнивая внешний и противодействующий моменты $\bar{M}_0 = M_{пр}$, получим

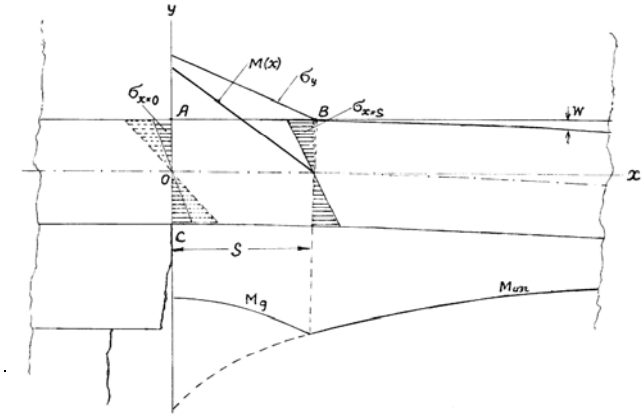
$$\frac{\gamma \quad h в^2 \left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right)^2}{48\lambda^2} \geq \frac{\sigma_{вр} h^2}{6},$$

как условие предельного состояния при разрушении плиты. Отсюда

$$h \leq \frac{\gamma \quad в^2}{8\sigma_{вр}} \cdot \frac{\left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right)^2}{\lambda^2}. \qquad (2)$$

Это выражение определяет максимальную толщину плиты, при которой может произойти ее самообрушение.

Для величины, определяемой только параметром формы обнажения, введем обозначение $T = \frac{\left(\sqrt{1+3\lambda^2} - 1\right)^2}{\lambda^2}$.



м), при $\sigma_{вр}$ = 6000 кПа γ =25 кН/м^3
чанистый сланец)
0,15
0,59
2,93
8,85
15,12
20,83
25,62
29,4
35,41

Тогда $\bar{M}_0 = \dfrac{pв^2}{48}T$; $h \le \dfrac{\gamma \ в^2}{8\sigma_{вр}} \cdot T$. (3)

Параметр T меняется во всем диапазоне увеличения выработанного пространства при движении очистного забоя, величина *в* – короткая сторона обнажения, увеличивается только до образования квадратной формы обнажения, а далее остается постоянной.

Рассмотрим как меняются предельный изгибающий момент в линиях излома и возможная максимальная толщина самообрушающегося слоя *h* при изменении параметров формы обнажения, когда увеличивается пролет выработанного пространства в направлении движения очистного забоя. Для этого воспользуемся табличными значениями вычисленных параметров разных схем разрушения прямоугольных плит в работе [1] и сведем расчеты в табл. 1.

В связи с тем, что результаты формальных расчетов указывают на быстрое увеличение мощности слоев, при которой может произойти самообрушение, необходимо проанализировать правомерность использования этих результатов. Уже при пролете выработанного пространства 200 м расчеты показывают возможность самообрушения плит кровли мощностью более 20 м, но расчеты базируются на теории тонких плит, а в данном случае отношение толщины плиты к меньшему ее размеру составляет более 1:10.

В вопросе правомерности использования теории тонких плит для решения задач об условиях разрушения плит такой толщины следует обратиться к мнению известных специалистов в области геомеханики и теории упругости. Проф. А.А. Борисов считал [2], что “точный учет влияния всех факторов … практически невозможен ни при каких методах расчета несущей способности кровли. Поэтому, имея в виду приложение теории плит к решению рассматриваемой задачи, можно удовлетвориться менее точным, но более удобным и простым разделением плит по отношению наименьшего размера плиты *в* к ее толщине *h*”.

При этом для оценки допустимого значения отношения *h*/*в*, при котором плиту можно считать тонкой, он приводит высказывание акад. Б.Г. Галеркина: “То, что имеется в литературе, и подсчеты, проведенные мною, показывают, что теория (тонких плит) дает весьма хорошие результаты в том случае, когда отношение толщины к наименьшему размеру плиты менее 1/10 и теория остается все же применимой, когда отношение это доходит до 1/5” [3].

Таким образом можно считать, что при толщине плиты кровли менее 1/6 ее меньшего пролета характер ее разрушения будет близок к приведенным схемам деления на блоки. В случаях, когда над выработанным пространством может зависать слой большей толщины, деформация его будет происходить не по расчетной схеме, а скорее в форме плавного прогиба. В этом случае будут играть большую роль силы поперечного распора в наметившихся плоскостях излома, которые могут удерживать плиту от обрушения даже при наличии трещин излома. Поэтому картину возможных обрушений мощных слоев основной кровли можно рассматривать как таковую до значений указанного отношения *h*/*в* не более 1/6÷1/7, что соответствует размеру обнажения в направлении движения очистного забоя до 300 м.

Однако, если рассматривать процесс обрушения плит кровли в развитии снизу вверх в связи с движением очистного забоя от разрезной печи, то следует учитывать то обстоятельство, что проле-

ты обнажений в вышележащих слоях могут существенно отличаться от их величин, определяемых выработанным пространством на уровне пласта. Для этого рассмотрим силовую схему защемления слоя кровли по контуру обнажения (рис. 2). В отличие от идеальной схемы защемления, когда максимальный изгибающий момент в месте заделки уравновешивается эпюрой нормальных напряжений в поперечном сечении плиты, в условиях нагружения плиты в толще пород кровли существуют сжимающие напряжения от веса налегающих слоев на участке, выходящем за линию кромки нижней опоры (рис. 2). Силы трения, которые возникают на поверхности контакта рассматриваемого слоя с вышележащим, участвуют в уравновешивании действующего изгибающего момента.

В связи с многообразием условий защемления плит кровли на границе обнажения выполним анализ последствий влияния сил трения на напряженное состояние плиты в этом месте по упрощенной схеме. На участке АВ силовой контакт прогибающейся плиты с вышележащим массивом может сохраняться в том случае, если прогиб плиты w будет менее деформации упругого восстановления плиты Δh вследствие освобождения ее от напряжений защемления: $w \le \Delta h$. Размер этого участка S может быть определен из условия равенства этих величин.

Нормальные напряжения в массиве в области заделки $\sigma_y = \gamma \quad H \cdot k_\sigma$, где H – глубина работ; γ – объемный вес пород массива и плиты (средний); k_σ – коэффициент концентрации напряжений.

Распределенная нагрузка от собственного веса плиты кровли $p = \gamma \quad h$. Момент инерции плиты единичной ширины $J = \dfrac{h^3}{12}$, где h - толщина плиты. Пролет плиты над выработанным пространством $в$. Приведенный модуль упругости $E_{пр} = \dfrac{E}{1-\mu}$, где Е – модуль упругости горной породы слоя при одноосном нагружении; μ – коэффициент поперечной деформации.

Расширение плиты от срединной плоскости вверх

$$\Delta h = \frac{k_\sigma \gamma \quad Hh}{2E_{пр}}.$$

Прогиб плиты

Рис. 2. Схема изгибающих моментов и напряжений в породном слое у места заделки слоя в массиве

$$w = \frac{p}{12E_{пр}J}\left(-\frac{в^2}{2}x^2 + вx^3 - \frac{x^4}{2}\right).$$

Приравнивая $w = -\Delta h$ и подставляя развернутые значения p и J, имеем:

$$\frac{12\gamma \quad h}{12E_{пр}h^3}\left(-\frac{в^2}{2}x^2 + вx^3 - \frac{x^4}{2}\right) = -\frac{k_\sigma \gamma \quad Hh}{2E_{пр}}, \text{ или}$$

$$x^4 - 2вx^3 + в^2x^2 = k_\sigma h^3 H. \qquad (4)$$

После подстановки заданных параметров, решая, например, графически полученное уравнение, найдем действительный корень x_1, который определит величину участка S: $S = x_1$.

Примем распределение нормального напряжения на участке S в форме треугольника

$$\sigma_y = \gamma \quad Hk_\sigma\left(1 - \frac{x}{S}\right).$$

Напряжения сопротивления сдвигу по поверхности AB

$$\tau_{xy} = \gamma \quad Hk_\sigma\left(1 - \frac{x}{S}\right) \quad f,$$

где f – коэффициент трения.

Момент сил сопротивления сдвигу в сечении AC

$$M_S = \int_0^S \tau_{xy} \cdot h \quad dx = h\int_0^S f\gamma \quad Hk_\sigma\left(1 - \frac{x}{S}\right) \quad dx =$$

$$= f \quad h\gamma \quad Hk_\sigma\left[x - \frac{x^2}{2S}\right]_0^S = f \quad h\gamma \quad Hk_\sigma\left(S - \frac{S}{2}\right) =$$

$$= \frac{f \quad h\gamma \quad Hk_\sigma S}{2}$$

В сечении x

$$M(x) = \frac{f \quad h\gamma \quad Hk_\sigma\left(S - x\right)}{2}.$$

На эту величину снижается изгибающий момент от веса плиты на участке AB, поскольку эти моменты имеют разные знаки. Остаточный действующий момент, который создает растягивающие напряжения в верхних слоях, равен $M_o = M_{изг} + M(x)$:

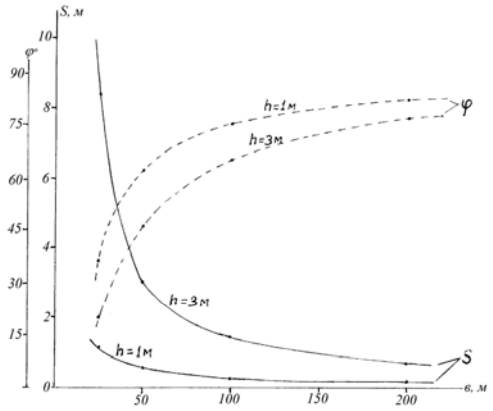


Рис. 3. Графики смещений S места излома слоев и углов наклона φ поверхности обрушения слоистой толщи

$$M_{\partial} = -\frac{\gamma\ h в^2}{12} + \frac{\gamma\ h в}{2}x - \frac{\gamma\ h}{2}x^2 + \frac{f\ h\gamma\ Hk_{\sigma}S}{2} - $$
$$-\frac{f\ h\gamma\ Hk_{\sigma}}{2}x$$

в пределах $x = 0 \ldots S$.

Перемещение максимума отрицательного значения изгибающего момента в точку B возможно при условии $M_{x=S} \le M_{x=0}$, т.е. $M_{x=S} - M_{x=0} \le 0$.

Запишем эту разность в развернутом виде.

$$\frac{\gamma\ h}{2}\left(-\frac{в^2}{6} + вS - S^2 + fHk_{\sigma}S - fHk_{\sigma}S + \frac{в^2}{6} - fHk_{\sigma}S\right)$$
$$= \frac{\gamma\ hS}{2}\left(в - fHk_{\sigma} - S\right) \le 0 \quad \text{или}$$
$$в - fHk_{\sigma} - S \le 0 \qquad (5)$$

Поскольку член (– S) в сравнении с пролетом плиты $в$ имеет очень малую величину, можно записать условие перемещения максимума отрицательного изгибающего момента и, следовательно, точки излома плиты от растягивающих напряжений в приближенном виде

$$в - fHk_{\sigma} \le 0. \qquad (5а)$$

В качестве примера были рассчитаны параметры смещения точек излома плиты кровли относительно створа заделки по большим сторонам a прямоугольника при ее защемлении по всему контуру при следующих исходных условиях:

Глубина работ H = 400 м, горная порода – песчанистый сланец с коэффициентом трения на межслоевых контактах $f \approx 0{,}4$ и объемным весом γ = 25 кН/м^3, коэффициент концентрации напряжений $k_{\sigma} \approx$ 1,8.

Расчеты произведены при толщине слоя кровли h = 1 м и h = 3 м для четырех размеров пролета $в$: 25; 50; 100 и 200 м. При этих параметрах во всех случаях выполняется условие (5) и это означает, что будет происходить смещение точки излома вблизи заделки на величину S.

Для определения величины S используем уравнение (4). Результаты расчетов приведены в табл. 2, там же приведены условные углы наклона контура обрушения $\varphi = arctg\dfrac{h}{S}$.

Приближенные зависимости величин смещений S и углов наклона контура обрушения φ от свободного пролета слоя $в$ показаны на рис. 3.

Полученные результаты дают возможность описать качественную картину развития обрушения слоистой кровли по мере увеличения площади выработанного пространства. Поскольку при обрушении каждого последующего слоя происходит смещение линии излома по отношению к кромке излома предыдущего нижележащего, и общая граница обрушения имеет наклон в сторону образующегося свободного пространства, пролеты по мере развития обрушения вверх сокращаются, при этом

Таблица 2

Свободный пролет кровли $в$, м	**Толщина слоя h = 1 м**		**Толщина слоя h = 3 м**	
	Смещение точки излома S, м	**Угол наклона контура обрушения φ, град.**	**Смещение точки излома S, м**	**Угол наклона контура обрушения φ, град.**
25	1,12	42	8,4	20
50	0,54	62	2,96	46
100	0,27	75	1,41	65
200	0,134	82,4	0,7	77

интенсивность такого сокращения резко возрастает при малых остающихся пролетах. Это приводит в выполаживанию линии контура обрушения с подъемом вверх, которая приобретает форму, близкую к своду (рис. 4). Таким образом получено теоретическое доказательство образования сводообразных областей в слоистых структурах горных пород и объяснение причины наклонного положения поверхностей свободного их обрушения. Форма линии свода определенно не описывается какой-либо элементарной функцией (парабола, эллипс и др.), но образуется в зависимости от структуры слоистой толщи горных пород, геомеханических характеристик и форм первичных обнажений. Обращаясь снова к задаче о максимальной толщине плит кровли, которые способны к самообрушению по мере развития этого процесса вверх при движении очистного забоя, следует обратить внимание на следующее.

Помимо повышения устойчивости слоев кровли значительной толщины от действия сил поперечного распора при определении возможности самообрушения расчетным методом следует учитывать сокращение реальных свободных пролетов по мере развития вверх самообрушения слоев. Это приводит к тому, что

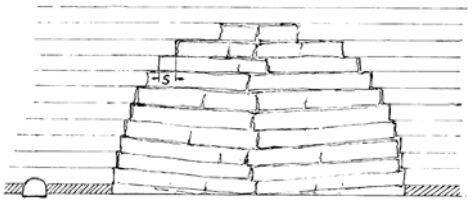


Рис.4. Возможная форма границы зоны обрушения слоистой кровли над выработанным пространством (схема)

толщина слоев, способных к самообрушению, интенсивно уменьшается, и растет вероятность появления слоев так называемых “породмостов”, выше которых обрушение слоев не распространяется.

Разработанная логическая схема и математическая модель определения параметров разрушения слоев кровли в пограничной зоне между выработанным пространством и нетронутым массивом угольного пласта позволяет обоснованно задавать исходные параметры и силовые схемы при исследовании напряженно-деформированного состояния горных пород вокруг подготовительных выработок при структурах КД и Д [4].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по теории упругости. Под редакцией Варвака П.М. и Рябова А.Ф. “Будівельник”. Киев, 1971. 420 с.
2. *Борисов А.А.* Расчеты горного давления в лавах пологих пластов. “Недра”. М, 1964. 279 с.
3. *Галеркин Б.Г.* Упругие тонкие плиты. Госстройиздат, М. 1933.
4. *Матвеев В.А.* Геомеханические проблемы управления кровлей пластового месторождения на выемочном участке. (При финансовой поддержке Минобразования РФ по гранту ТО2-04.1 – 1803). Статья принята к публикации в ГИАБ в 2005, – М.: Изд-во МГГУ.

Коротко об авторах

Матвеев Валентин Александрович – доктор технических наук, профессор, Заслуженный деятель науки РФ,
Матвеев Александр Валентинович – вед. инженер,

Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета.

© А.В. Лиманский, 2005

УДК 622.272

А.В. Лиманский

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЕМКИ ТОНКИХ ПОЛОГИХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Семинар № 11

В Российской Федерации имеются значительные запасы высококачественных углей, сосредоточенные в пластах мощностью от 0,9 до 1,5 м. Анализ показывает, что только в Восточном Донбассе на долю шахт, отрабатывающих пласты данной мощности приходится более 70 % от общего количества действующих шахт, а это около 250 млн т вскрытых запасов. В Кузбассе на балансе действующих шахт находится около 110 млн т угля в тонких пластах (около 12% от общего числа запасов, отрабатываемых подземным способом). В Печорском бассейне – около 36 млн т угля.

Анализ механизации очистных работ на шахтах Российской Федерации при отработке тонких пологих пластов показывает, что преобладающее применение в настоящее время имеют узкозахватные шнековые комбайны российского (украинского, 1ГШ-68, К-101У, К-103, РКУ-10, КШ1КГУ и др.) и импортного (KGS-245, KSW-460 и др.) производства.

Следует отметить, что если в Восточном Донбассе, где большая часть отрабатываемых угольных пластов относится к тонким, вопросы выемки пластов угля с мощностью более 1,2 м в какой-то степени технически и технологически решены, то для выемки пластов с мощностью 0,8÷1,2 м практически ничего нет.

Большинство пластов данного диапазона мощностей отрабатываются с подрывкой пород кровли или почвы. Выпускаемые механизированные комплексы МК-88(98) имеют низкую несущую способность. Очистные забои, оборудованные данными комплексами, в первые месяцы достигают нагрузок 800-1000 т/сутки, но уже через 5-6 месяцев требуется замена комплекса в целом. Комплексы на основе крепи М103 в настоящее время серийно не выпускаются, а приобретаются старые на шахтах Украины с дальнейшим их ремонтом. Выпускаемые на Украине комбайны К103 и 1К101У имеют малый ресурс-наработка до капитального ремонта составляет от 80 до 160 тыс. т, чего явно недостаточно.

В мировой практике комбайновая выемка считается целесообразной на пластах мощностью от 1,5 м. Практика отработки тонких пологих угольных пластов шнековыми комбайнами показала ряд серьёзных недостатков, которые снижают экономичность горных работ и ухудшают условия труда в очистном забое. К ним относятся:

- высокое пылеобразование и связанное с ним усиление риска для здоровья горнорабочих и опасности взрывов пылеметановоздушных смесей;
- высокий удельный расход электроэнергии;
- излишнее переизмельчение угля приводит как к более интенсивному пылеобразованию, так и снижает экономический эффект от добычи угля;
- невозможность полной автоматизации работ и как следствие зависимость скорости подачи от скорости передвижения по лаве машиниста комбайна;
- применение комбайнов с поперечным расположением основных электродвигателей при малой мощности обслуживаемых пластов приводит к нерациональному использованию двигателя одного из исполнительных органов и др.

Нагрузка на очистной забой при комбайновой выемке угольных пластов рассматриваемого диапазона мощностей является недостаточно высокой. Анализ показывает, что среднесуточная нагрузка на очистной забой на шахтах Восточного Донбасса составляет от 500 до 1200 т/сут.

Применение струговых установок позволяет устранить некоторые из указанных выше недостатков, присущих комбайновой выемке угля. Быстроходные германские струговые установки фирм "Вестфалия - Люнен", "Хальбах и Браун" и советские струговые установки типа УСБ в свое время нашли ограниченное применение при выемке антрацитовых углей Донбасса. Там же на некоторых пластах успешно применялись и струговые установки скользящего (СО) и отрывного (СН) типов созданные ШахтНИУИ. Но при эксплуатации в постоянно усложняющихся горно-геологических условиях струговые установки старого типа (как советские, так и немецкие) не нашли широкого применения на угольных шахтах по причинам:

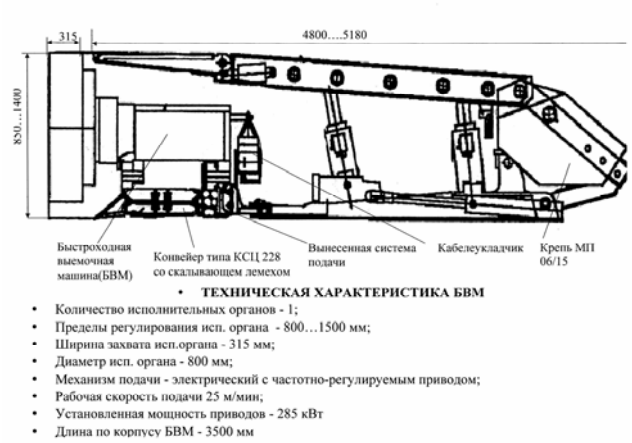


Рис. 1. Общий вид комплекса с БВМ

- недостатков конструкции струговых установок;

- несовершенства технологии струговой выемки;

- невозможности достижения приемлемых с экономической точки зрения показателей при выемке крепких и вязких углей и др.

В начале 90-х годов прошлого столетия, фирмой ДБТ предложена система дозированной струговой выемки, которая позволила устранить ряд серьёзных недостатков присущих струговой выемке ранее. Выемка стругом с заданной глубиной стружки технологически оптимизирована таким образом, что сохраняет установленную глубину с высокой точностью независимо от блокировок или люфта направляющих. Таким образом, можно выбрать глубину стружки в зависимости от сопротивления угольного забоя или нагрузки на конвейер. Это предотвращает холостые ходы струга и его блокировку. Повышается глубина стружки и площадь выемки. Весь блок приводов нагружается равномерно, что повышает срок эксплуатации. Однако, струговые установки нового типа также не лишены недостатков:

- горно-геологические условия должны быть благоприятными - выдержанное залегание пластов без значительных нарушений;

- стоимость струговой установки без мехкрепи составляет 200-250 млн руб.;

- требуется исключительная квалификация персонала при работе с высококомпьютеризированным очистным оборудованием и др.

Последние указанные факторы затрудняют массовое внедрение струговых установок нового технического уровня. В России за последнее десятилетие струговая технология выемки практически сошла на нет. Уменьшение струговых лав объясняется, прежде всего, ухудшениями горно-геологи-ческих условий разработки, которые струги старого типа преодолеть не смогли, а внедрение немецких стругов нового технического уровня практически не проводилось по вышеуказанным причинам.

Учитывая вышеизложенную ситуацию с механизацией выемки тонких пологих угольных пластов, Национальный научный центр горного производства – институт горного дела им. А.А. Скочинского совместно с ОАО «ПНИУИ» разработал новую технологию выемки этих пластов, заключающуюся в следующем: выемка угольного пласта осуществляется путём отделения от массива узкой ленты шириной 0,24÷0,33 м быстроходной выемочной машиной (БВМ), передвигающейся по очистному забою со скоростью до 30 м/мин. В качестве исполнительного органа БВМ применяется специальная фреза.

Значительный эффект в результате применения предлагаемой технологии может быть получен за счет снижения энергоемкости разрушения угля, почти приближающейся к показателям при струговой выемке, а также принципа качения, применяемого в БВМ, вместо применяющегося в узкозахват-

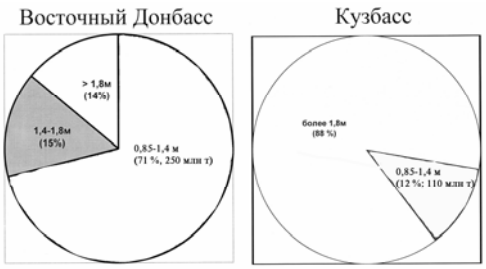


Рис. 2. Запасы угля в тонких угольных пластвх (на балансе действующих шахт России (на 01.01. 02)

Комплексная механизация и средняя нагрузка на очистной забой на шахтах Восточного Донбасса, разрабатывающих угольные пласты мощностью 0,85 ÷1,4 м

№ п/п	Наименование шахты (отрабатываемого пласта)	Число действующих забоев	Средняя нагрузка на забой (на 08. 2004г.), т/сут	Тип комплекса (выемочной машины) на 1.01.2004
1	ш. Октябрьская ($k_{5^н}$; $k_{5^н}$)	1	-	1МКД-80 (1К101У)
2	ш. Аютинская (i_3^H)	1	-	2МКД-90 (2ГШ-68)
3	ш. им. М.П. Чиха (i_3^{H-1})	2	110; 288	Дон-Фалия (1К103), Дон-фалия (1СН-99)
4	ш. Гуковская (k_6 ; k_5^{1B})	2	2950; 517	3МКД90Т(КШ1КГУ), МП-06/15(1К101У)
5	ш. им. 50-летия Октября (l_6- l_6^H ; l_2- l_2^B)	4	1260; 1042; 397; 573	2МКД-90Т (1ГШ-68) 2МКД-90Т (1ГШ-68) 2МКД-90Т (1ГШ-68) 2МКД-90Т (1ГШ-68)
6	ш. Ростовская ($к_2$; i_3^{1H})	2	1262; 1267	1МК-103 (К-103Т); 1МК-103 (К-103Т)
7	ш. Алмазная ($l_6 - l_6^H - l_6^{HHП}$)	2	2021; 2243	3МКД-90Т (1ГШ-68), 3МКД-90Т (1ГШ-68)
8	ш. Замчаловская (k_2^H)	1	722	1МК-103 (К-103М)
9	ш. Дальняя ($к_2$)	2	1200; 166	2МКД-90Т (1ГШ-68) 2МКД-90Т (1ГШ-68)
10	ш. Западная(i_3 ; k_2^H)	2	508; 539	3МКД-90Т (КШ1КГУ), 1МКД-90 (1К101У)
11	ш. Обуховская (i_3^H ; k_2)	5	132; 1100; 1000; 1100; 1000	ДФ-5 (1К101У) ДФ-5 (1К101У) КМ-88 (1К101У) КМ-88 (1К101У) КМ-88 (1К101У)

ных комбайнах и стругах способа перемещения трением по скребковому конвейеру. БВМ может быть хорошо взаимоувязана практически со всеми видами отечественных и зарубежных мехкрепей при минимальных затратах. Применение БВМ в составе очистных механизированных комплексов позволяет более эффективно переходить очистными забоями мелкоамплитудную внутристолбовую нарушенность, особенно в случае создания исполнительного органа типа «фреза» со сменным режущим инструментом, предназначенным для выемки достаточно крепких пород в зоне выявленной нарушенности в процессе ведения очистных работ.

Следует отметить, что аналогичные работы по созданию технологии выемки угольных пластов с применением БВМ с малым захватом 0,24-0,3 м велись в России с большими перерывами на протяжении последних 30-35 лет, но так и не были завершены из-за недостаточного финансирования и внимания к ним со стороны бывшего Минуглепрома СССР.

В мировой практике использование одношнековых комбайнов с малым захватом имеет место на шахтах США и Австралии, где с начала 90-х годов применяют одношнековые комбайны типа «Колмил» с захватом 0,3 м и ЕСА–60 с захватом 0,4 м. Комбайн «Колмил» с электродвигателем 300 кВт, вынесенной системой подачи и скоростью до 30 м/мин обеспечивал нагрузку на длинную лаву до 4000 т/сут.

Одношнековый комбайн с малым захватом, как и струг, работает в зоне отжима, что существенно снижает усилие на отбойку уг-

ля от массива, а следовательно снижает энергоемкость разрушения угля в 2–2,5 раза. Уменьшается запыленность воздуха, что увеличивает безопасность ведения горных работ. Значительно повышается выход сортовых углей, что увеличивает экономический эффект от добычи. Стабилизируется динамика выделения метана из отбитого угля и угольного массива. Одношнековый комбайн по сравнению с двушнековым имеет более компактный размер, что позволяет ему, как и стругу, зарубываться «в лоб» забоя, избегая косых заездов. Трудоемкость работ на концевых участках уменьшается в 2 раза, что соответственно сокращает численность персонала в забое и существенно повышает уровень производительности труда. В отличие от струга одношнековый комбайн мобилен, благодаря чему он легче преодолевает геологические нарушения. Таким образом, отличительной особенностью выемочных комбайнов с малым захватом является то, что они сочетают в себе достоинства струговой и комбайновой выемочной техники. Следовательно, применение этих выемочных машин для отработки тонких пологих угольных пластов является перспективным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Артемьев В.Б., Меркулов А.В.* Состояние и развитие угольной отрасли Гуковского региона // Уголь. - 2002. - №8.
2. *Буссманн Х., Нинхаус К.* Перспективы комбайновой выемки угля на тонких пластах// Глюкауф. - 2000. - №2(3). - С. 19-25.
3. *Измалков А.В., Лаврухина Л.Я., Попов С.Ф., Лиманский А.В.* Перспективы развития высокопроизводительных энергосберегающих технологий выемки пологих пластов на шахтах России // Сборник научных сообщений ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского. – 2004. - №328. - С. 65-73.
4. *Разумняк Н.Л., Мышляев Б.К.* Основные направления развития технологий и средств комплексной механизации очистных работ для отработки пологих угольных пластов// Уголь. - 2001. - №6.
5. Прогнозный каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических и горнотехнических факторов на 1995 и 2000 г.г., М., 1991.
6. Прогнозный каталог шахтопластов Кузнецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических и горнотехнических факторов на 1995 и 2000 г.г., М., 1991.
7. Обобщение и систематизация производственно - технической отчетности по акционерным обществам, компаниям и государственным предприятиям угольной промышленности за 2004 год. М., Росинформуголь.

Коротко об авторах

Лиманский А.В. – мл. научный сотрудник лаборатории «Технология и механизация горных работ»), инженер, (ННЦ ГП – ИГД им А.А. Скочинского.

© Г.И. Соловьев, 2005

УДК 622.831

Г.И. Соловьев

О НОВОЙ КОНЦЕПЦИИ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫЕМОЧНЫХ ВЫРАБОТОК В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

Семинар № 11

Разработка угольных пластов в сложных условиях глубоких шахт Донбасса сопряжена с необходимостью выполнения значительных объемов ремонтных работ из-за несоответствия параметров применяемых способов и средств обеспечения устойчивости подготовительных выработок специфике проявлений горного давления в зоне влияния очистных работ. Характерными проявлениями горного давления в этих выработках, наряду со значительными выдавливаниями почвы, являются неравномерные и интенсивные смещения пород кровли и боков выработки. Существенное влияние на общее состояние выемочных выработок, поддерживаемых в зоне вредного влияния очистных работ, оказывает неравномерность и асимметричность проявлений горного давления в продольно-поперечном направлении в различных технологических зонах их эксплуатации. Кроме того, применяемые в настоящее время арочные податливые крепи даже при использовании спецпрофилей с повышенной несущей способностью (например, Р-27 или Р-33) отличаются низкой сопротивляемостью изгибным деформациям как профиля крепи, так и всего ее комплекта. Отсутствие эффективных продольных связей между комплектами крепи по длине выработки приводит к тому, что в зоне влияния очистных работ 2/3 всех полосовых стяжек по кровле и бокам выработки разорваны и каждая рама крепи, воспринимая повышенные нагрузки, работает как самостоятельная пространственная конструкция. Анализ результатов исследований поведения комплектов арочной крепи в продольно-поперечном направлении подготовительной выработки показывает [1, 2], что во многих случаях арки нагружены и перегружены лишь на отдельных участках своего периметра и простирания, что весьма негативно сказывается на характере их работы за счет образования точечных концентрированных нагрузок и изгибных или крутильных моментов. Для создания

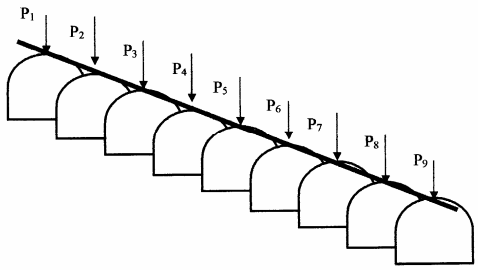


Рис. 1. Схема распределения нагрузки на 9 соседних комплектов крепи

благоприятных условия работы комплектов крепи необходимо усиливать продольную связь между комплектами с целью объединения их в пространственную конструкцию для перераспределения повышенной нагрузки между рамами по длине выработки. Основная идея обеспечения устойчивости интенсивно деформирующихся выемочных выработок глубоких шахт в зоне влияния очистных работ заключается в использовании возможности управления протеканием синергетическими процессами в приконтурном породном массиве для создания в нем зон с пониженным горным давлением за счет консолидации и стабилизации работы разрозненных комплектов основной крепи

Продольно-жесткая крепь усиления (рис. 1), разработанная сотрудниками ДонНТУ [3-5], представляет собой сложную пространственную и статически неопределимую конструкцию, характер работы которой в различных горно-геологических условиях еще недостаточно изучен. В настоящее время эта крепь усиления проходят широкую апробацию на шахтах “Южнодонбасская №3”, им. Е.Т. Абакумова (ГП «Донецкая угольная энергетическая компания»), им. А.А. Скочинского, им. М.И. Калинина (ГП «Донецкая угольная коксовая компания»). Наряду с натурными наблюдениями, продолжаются аналитические исследования совместной работы основной и усиливающей крепей в различных условиях поддержания выемочных выработок.

В основу теоретических исследований [3, 4], выполненных с использованием метода сил, была положена математическая модель крепи усиления, как (n-2) раза статически неопределимой конструкции (где n - число элементов крепи), решаемой на основе метода сил. Проведенные исследования позволили изучить характер и особенности работы элементов продольно-жесткой крепи усиления при различных нестационарных режимах нагружения и выяснить механизм перераспределения горного давления на менее нагруженные секции [3]. В целом результаты экспериментальных наблюдений и теоретических исследований имели хорошее согласование.

При проведении натурных исследований было установлено, что применение продольно-жесткой крепи усиления позволяет в 2–2,5 раза

снизить смещения крепи при значительном улучшении состояния и целостности пород кровли.

С геомеханической точки зрения подобный эффект можно объяснить изменением механизма взаимодействия породных отдельностей приконтурной части непосредственной кровли с основной крепью выработки при наличии жестко-каркасной связи ее комплектов.

Механизм “выключения” из работы отдельных элементов и перераспределения нагрузки можно объяснить на основе механики разрушения пород кровли. Первоначально целостные породы непосредственной кровли по мере проседания опор крепи разрушаются и растрескиваются на отдельные соизмеримые по величине элементы, которые можно рассматривать как дискретную распорную или с некоторым допущением псевдосыпучую среду. Подобное положение подтверждается гипотезами Г. Лабасса и К.В. Руппенейта [5]. Одной из особенностей движения сыпучих материалов является образование и разрушение со временем естественных сводов над просевшими участками.

В арочной крепи при достижении внешней нагрузкой “пороговых” значений отдельные элементы крепи получают значительные разовые смещения (проседания), в результате чего породы непосредственной кровли растрескиваются, превращаясь в дискретную среду и образуют естественный свод, опирающийся на ближайшие соседние элементы и перераспределяющий на них дополнительную нагрузку. В результате эти элементы крепи также оказываются перегруженными и, если нагрузка на них превышает “пороговые” значения, также проседают, вызывая перераспределение нагрузки на другие элементы.

Таким образом, подобное превышение “порога” внешней нагрузки в одном элементе крепи вызывает цепную реакцию разрушения во всей крепи. Механизм данной цепной реакции можно проследить на следующем примере.

Рассмотрим работу участка крепи из девяти секций (рис. 1). Величина первых двух “пороговых” значений внешней нагрузки в долях P приведена в таблице. Пренебрегая упругими деформациями и предполагая, что величина проседания элементов пропорциональна значениям “пороговых” нагрузок, нагрузим на первом этапе элементы крепи равными внешними нагрузками 0,85P. При этом элементы 3, 7 и 9 для которых внешняя нагрузка превысила “пороговые” значения проседают соответственно на 0,85d, 0,85d и на 0,8d. Породы над этими комплектами со временем разрушаются, превращаясь в сыпучую среду и образуют естественные своды, перераспределяющие нагрузку на соседние элементы. Таким образом, на втором этапе внешняя нагрузка превысит “пороговые” значения для 2, 4, 6 и 8 элементов, что вызовет их проседание. Причем для второго элемента внешняя нагрузка превысит два “пороговых” значения. После аналогичного перераспределения на третьем этапе выключаются из работы элементы 2, 4, 6, 7 и 9, а на четвертом - 3, 5 и 8. Величина перераспределения нагрузок и проседания элементов крепи для четырех этапов нагружения приведены в таблице. Очевидно, что каждый этап занимает определенный промежуток времени, величина которого определятся в основном скоростью разрушения пород кровли. Таким образом, в результате превышения “пороговых” значений лишь для отдельных элементов арочной крепи происходит лавинообразное проседание всех элементов. Для предотвращения этого необхо-

Нагрузки и смещения комплектов крепи

		Номер элементов крепи								
		1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
$P_{1\,min}$		1,1P	0,95P	0,85P	1,15P	1,05P	0,95P	0,85P	1.3P	0,8P
$P_{2\,min}$		1,4P	1,25P	1,15P	1,35P	1,3P	1,35P	1,25P	1,5P	1,2P
1	P_1	0,85P	0,85P	0,85P	0,85P	0,85P	0,85P	0,85P	0.85P	0,85P
	Δ_1	0	0	0,85d	0	0	0	0,85d	0	0,8d
2	P_2	0,85P	1,27P	0	1,27P	0,85P	1.27P	0	1.27P	0
	Δ_2	0	2,2d	0,85d	1,15d	0	0,95d	0,85d	0	0,8d
3	P_3	1,49P	0	1,27P	0	2,34P	0	0	2.34P	0
	Δ_3	2,5d	2,2d	2,0d	1,15d	2,35d	0,95d	0,85d	2,8d	0,8d
4	P_4	0,85P	0,85P	0	2,34P	0	1,27P	1.27P	0	1.27P
	Δ_4	2,5d	2,2d	2,0d	2,5d	2,35d	1,9d	2,2d	2,8d	2,0d

димо, чтобы внешняя нагрузка ни в коем случае не превышала “пороговых” значений ни для одного из элементов крепи, что не всегда целесообразно экономически. Подобный эффект цепной реакции проседания элементов крепи можно назвать “гипотезой слабых звеньев”.

В отличие от обычной крепи продольно-жесткая усиливающая крепь не допускает значительных смещений отдельных элементов, поддерживая “слабые звенья” за счет жесткого продольного стержня. Поэтому при достижении “пороговых” значений в этих элементах происходят лишь минимальные смещения, равные изгибным деформациям продольного стержня. В результате после нескольких этапов перераспределения нагрузки при минимальных смещениях продольная ось каркасной крепи принимает оптимальное положение, при котором нагрузка ни на один из элементов не превышает “пороговых” значений. Расчет продольно-жесткой крепи в условиях предыдущей задачи показал, что даже при значениях внешней нагрузки равной P, (что в данном случае соответствует среднему значению первого “порога” для девяти элементов) после 5-6 этапов перераспределения достигается равновесие, при котором нагрузка на каждый элемент меньше или равна первому “пороговому” значению. При этом проседания отдельных элементов крепи оказываются минимальными и не превышают 0,3 [3].

Таким образом оказывается возможным объяснить и спрогнозировать эффект значительного уменьшения проседания элементов каркасной крепи по сравнению с обычной крепью в равных условиях.

В работе [6] отмечено, что соединение автономных комплектов крепи балкой с различной жесткостью уменьшает деформацию и скорость деформации кровли выработки. Наличие большого числа замеров позволило получить зависимости средних смещений h и скоростей смещений v контура кровли выработки от одного из параметров каркасно-балочной крепи – жесткости балки IE на различных расстояниях от лавы (рис 2, 3).

Из графиков рис. 2 и 3 видно, что при увеличении жесткости балки (IE) значения смещения и скорости смещений кровли уменьшаются, причем максимального эффекта уменьшения скорости смещений мы достигаем на самом технологически важном участке – в створе с лавой, (т.е. там, где обычно скорость смещений максимальна). За лавой скорость смещений смещается вперед по ходу лавы в сторону “недогруженных” комплектов крепи, тогда как на контрольном участке аналогичные комплекты крепи в силу их обособленной работы еще не вступили в работу (рис. 4).

Это позволяет сделать вывод о том, что предлагаемая крепь усиления обладает достаточными силовыми характеристиками для перераспределения нагрузок между соседними комплектами крепи и влияния на деформационные процессы, происходящие вокруг выемочной выработки.

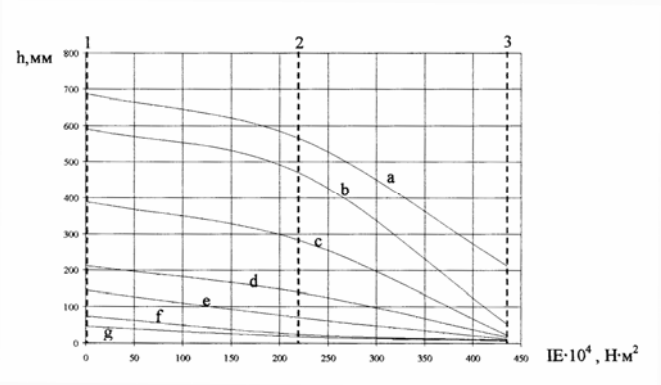


Рис. 2. График зависимостей смещений кровли h выемочной выработки от жесткости балки IE при различных расстояниях L от места замера до лавы; за лавой: a - L=40м, b - L=20м, c - L=0м;перед лавой: d - L=-20м, e - L=-40м, f - L=-80м, g - L=-100м; 1 – IE=0, 2 – IE=218·10^4 Н·м^2, 3 – IE=436·10^4 Н·м^2.

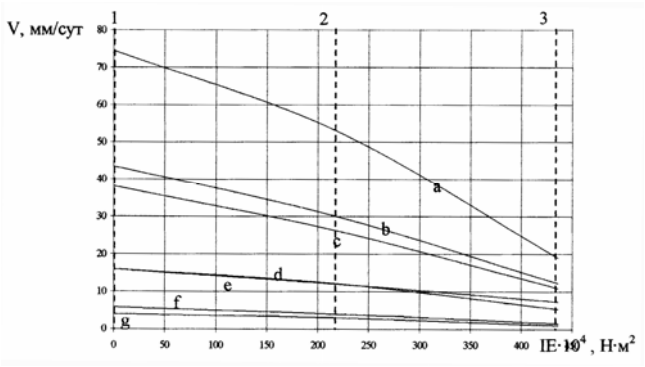


Рис. 3. График зависимостей скоростей смещений кровли выемочной выработки Vот жесткости балки IE при различных расстояниях L от места замера до лавы; за лавой: d - L=40м, b - L=20м, a - L=0м; перед лавой: c - L= -20м, e - L= -40м, f - L= -80м, g - L= -100м; 1 – IE=0, 2 – IE=218·10^4 Н·м^2, 3 – IE=436·10^4 Н·м^2.

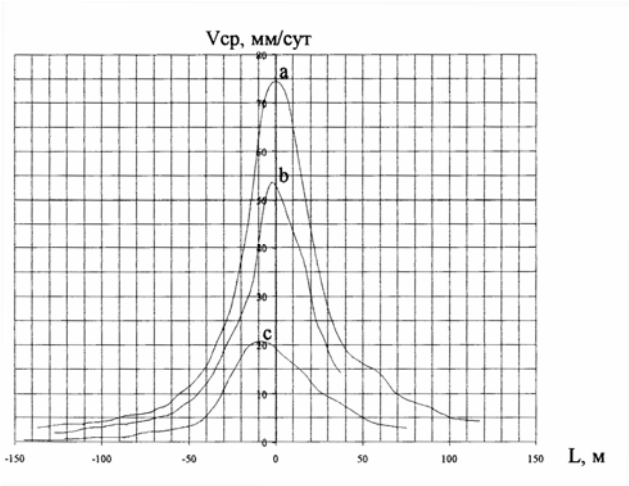


Рис. 4. Графики средних скоростей смещений контура кровли выработки: V по длине выработки – L на контрольном (a), 1-м экспериментальном (b) и 3-м экспериментальном (c) участках

Применение жесткой связи комплектов крепи изменяет характер ее взаимодействия с породами зоны неупругих деформаций вокруг выработки, которая идентифицируется как дискретная распорная среда. Физическая модель этого взаимодействия заключается в перераспределении поддерживающего ресурса недогруженных комплектов крепи за счет съема жесткой балкой повышенных нагрузок с перегруженных комплектов и равномерной передачи их на недогруженные комплекты крепи.

Это свидетельствует о положительном эффекте консолидации работы автономных комплектов крепи при их продольно-жестком усилении и объясняется подавлением неравномерности опускания кровли на ее соседних участках.

Успешная опытно-промышленная проверка новой крепи усиления позволяет рекомендовать ее для сохранения устойчивости выемочных выработок в зоне влияния очистных работ глубоких шахт, что создает предпосылки для эффективной и безопасной работы современных механизированных комплексов

Дальнейшие исследования будут направлены на установление функциональных зависимостей между параметрами основной и усиливающей крепей для рационального управления синергетическими процессами самоорганизации отдельностей породного контура выемочной выработки для обеспечения ее устойчивости в зоне влияния очистных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каретников В.Н., Клейменов В.Б., Нуждихин А.Г.* Крепление капитальных и подготовительных горных выработок. Справочник. – М.: Недра, 1989. – 571с.

2. *Долгун А.И., Сдобников П.В.* Исследование напряженного состояния металлической арочной крепи пространственной конструкции // Шахтное строительство. 1990. №11. –С. 23-24

3. *Бондаренко Ю.В., Татьянченко А.Г., Соловьев Г.И., Захаров В.С.* Разработка математической модели процесса деформирования контура выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института. 1998. №2. – С. 92-97.

4. *Соловьев Г.И., Сытник А.Ф., Кублицкий Е.В.* Экспериментально-аналитический метод определения параметров усиливающей крепи // Сборник трудов VII-й международной научно-технической конференции “Машиностроение и техносфера на рубеже XXI века”. Донецк-Севастополь. 2000. – С. 186-191.

5. *Руппенейт К.В.* Некоторые вопросы механики горных пород. М.; Углетехиздат, 1952.

6. *Бондаренко Ю.В., Соловьев Г.И., Захаров В.С.* Изменения деформаций контура кровли выемочной выработки при использовании каркасной крепи усиления // Известия Донецкого горного института. 1999. №1. – С. 66-70.

Коротко об авторах

Соловьев Г.И. – доцент, кандидат технических наук, ДонНТУ.

© В.А. Потапенко, М.Н. Серебряный, 2005

УДК 622.272

В.А. Потапенко, М.Н. Серебряный

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СЕТЕВАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ОТРАБОТКИ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ ШАХТ РФ МЕХАНИЗИРОВАННЫМИ КОМПЛЕКСАМИ

Семинар № 11

В ОАО ПНИУИ разработана компьютерная программа "Автоматизированной информационной сетевой системы мониторинга отработки угольных пластов шахт РФ механизированными комплексами"

Функционально система представляет собой разделенную сетевую систему с общей для всех рабочих станций базой данных, в которой осуществляется накопление вводимых данных, и интерфейсная программа, посредством которой производится ввод, корректировка и анализ собираемой информации.

Оптимально для обеспечения сохранности данных общую базу устанавливают на сетевой диск общего доступа (файл-сервер), а интерфейсная программа копируется на рабочие станции локальной сети, с которых предполагается производить ввод и анализ данных. Число рабочих станций, одновременно участвующих в обработке данных, ограничивается только возможностями локальной сети.

Автоматизированная система обеспечивает сбор, накопление, передачу и обработку информации на иерархических уровнях (шахта – акционерное общество – центр сбора информации). При этом формируются и обрабатываются обобщенные базы данных информации на уровне локальных сетей, формирование и передача информации между которыми от уровня к уровню осуществляется в автоматическом режиме средствами электронной связи.

Автоматизированная сетевая система электронных баз данных обеспечивает ввод, обобщение и анализ информации по работе оборудования очистных забоев за весь период его эксплуатации (наработки по добыче, подвиганию, нагрузкам, капитальным ремонтам, паспортным данным), планирование очистных работ на уровне шахт, акционерных обществ, угольных регионов и отрасли. Фиксируются паспортные данные очистного оборудования шахты– тип, завод поставщик, заводской и инвентарный номер, количество, вес, цена, даты поставки и списания, движение оборудованияю. Обеспечивается ввод и распечатка основных горно-геологических и горнотехнических параметров отрабатываемых и планируемых к отработке лав (таблица).

В базах данных анализа работы очистных забоев и оборудования собирается, накапливается и обрабатывается информация по следующим параметрам: наименование акционерного общества, шахты, индекс пласта, горно-геологические характеристики и параметры отрабатываемого или планируемого выемочного столба, наименование лавы, оборудование лавы по типам, количеству единиц и инвентарным (заводским) номерам, стоимость оборудования, дата поступления оборудования на шахту, дата ввода оборудования в эксплуатацию, даты начала и окончания отчетного периода, фиксируются состояния оборудования (работа, ремонт, местонахождение) по периодам от поставки оборудования до списания, дата и стоимость капитального ремонта, длительность капитального ремонта, объемы добыто угля и горной массы, подвигание, нагрузка на лаву и на работок оборудование при его эксплуатации.

В процессе разработки программного обеспечения были разработаны модули по анализу работы очистного оборудования шахт РФ, планирования работы очистных забоев, выбора и формирования поставок очистного оборудования.

База данных по объединениям, шахтам и поставщиков оборудования подключается к базе данных информации по лавам "Ввод общих данных по лавам" в Форме ввода информации "Новая лава" – формируемой за счет ввода исходной информации или исправления скопированной информации по аналогичной лаве, "Ввод оперативных данных по лавам", "Ввод данных по поставкам оборудования очистных забоев", а также встроена команда «Переброска данных по учету добычи очистным оборудованием» в окно «Анализ».

Шахта Распадская
Период отработки с 5/1/2002 по 11/1/2004

№ п/п	Наименование показателя	Ед. изм.
1	Наименование лавы	
2	Наименование пласта	
3	Вынимаемая мощность пласта	м
4	Длина лавы	м
5	Вид очистного забоя	
6	Длина выемочного столба	м
7	Угол падения пласта	град.
8	Направление отработки	
9	Система разработки	
10	Гипсометрия пласта	
11	Конвейерный штрек	
	Размеры в свету:	
	сечение (до осадки)	кв.м
	> ширина (по почве)	м
	> высота	м
12	Вентиляционный штрек	
	Размеры в свету:	
	> сечение (до осадки)	кв.м
	> ширина (по почве)	м
	> высота	м
13	Подготовленные промышленные запасы	тыс.т
14	Приток воды в лаву	куб.м/ча с
15	Тип кровли пласта:	
	> основная	
	> непосредственная	
16	Тип почвы	
17	Несущая способность почвы	МПа
1	Сопротивляемость пласта резанию	кгс/см
19	Категория по газу	
20	Категория по пыли	
21	Категория по горным ударам	
22	Категория по самовозгоранию	
23	Глубина залегания пласта (средняя)	м
24	Тип крепи механизированного комплекса	
25	Тип выемочной машины	
26	Тип конвейера в лаве	
27	Среднемесячная нагрузка	т/мес

Ввод общих данных по лавам осуществляется в трех взаимосвязанных окнах- вставок «Перечень лав для выбранной шахты и их горногеологические и горнотехнические характеристики»; "Оборудование лав" и "Ввод информации по добыче, подвиганию за отчетный период";

В верхней части окна располагаются фильтры, активизирующиеся при выборе соответствующего наименования:

"Объединение"– (фильтрация в соответствии с названием) – активизация фильтров автоматическая, по лавам в соответствии с нахождением визира в окне «Перечень лав для выбранной шахты»;

- "Шахта" – наименование шахты (фильтрация в соответствии со справочником объединений и шахт);

Фильтры "Объединение", "Шахта" активны в трех динамических окнах – (вставки), в которых производится ввод данных с учетом наименования объединения и шахт.

Фильтр "Лава" - наименование лавы, активизируется в соответствии с перемещении визира (мышкой) в окне "Перечень лав для выбранной шахты".

Кнопка «Закрыть» - перейти в другое окно меню «Данные»

В окне "Перечень лав для выбранной шахты" вводятся и просматриваются горногеологические и горнотехнические параметры лав.

«Карточка» используется при необходимости печати данных по лаве окна- вставки «Перечень лав для выбранной шахты».

Заполняемые в карточке данные активны для «Отчетов»

«Перечень лав для выбранной шахты»

Окна- вставки "Оборудование лав" и "Ввод информации по добыче" используются для ввода фактической и плановой информации. В соответствии с фильтром расположенным над окном вставки "Оборудование лав" производится поиск и ввод из справочника поставок оборудования на шахту по инвентарному номеру а при смене оборудования, ставятся соответствующие даты и инвентарный номер нового оборудования, количество единиц оборудования, дата ввода оборудования в эксплуатацию, дата окончания отчетного периода, количество капремонтов

В окне вставке "Ввод информации по добыче" вводятся: дата сведений, даты начала и окончания отчетного периода, добыча угля, горной массы подвигания за отчетный период, горно-геологические условия. Рассчитывается нагрузка в отчетном периоде. В соответствии с фильтрами "Объединение", "Шахта", "Тип оборудования" (Крепь, комбайн, конвейер) вводятся данные: тип оборудования, поставщик, заводскому номеру, инвентарному номеру, дате изготовления, даты поставки на шахту, количеству и т.д.

Целью анализа является мониторинг эффективности работы по инвентарным номерам оборудования очистных забоев (крепь, комбайн, конвейер, комплекс) по шахтам и угольным пластам, наработок по добыче, подвиганию, нагрузкам, длительности работы, вынимаемой мощности пласта, капитальным ремонтам

Распечатываемые документы

Сводные отчеты по конвейерам, крепи, комбайнам, комплексам содержат информацию: тип обоудования, инвентарный номер, мощность пласта, отработано месяцев, добыто горной массы, угля, подвигание, нагрузка, количество капитальных ремонтов.

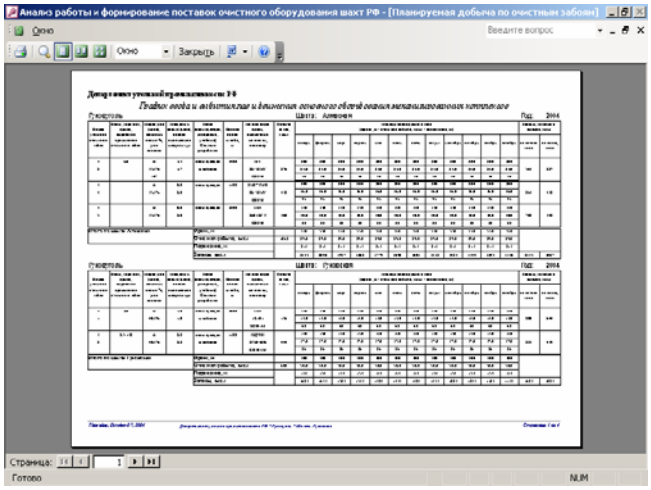


Рис. 1. График ввода и выбытия лав и движения основного оборудования механизированных комплексов

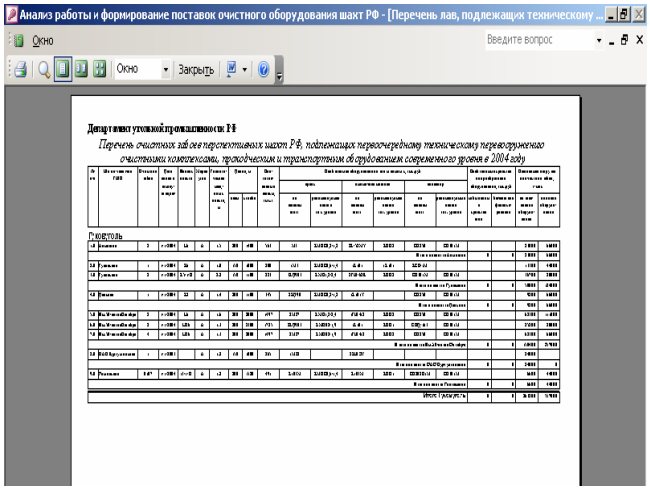


Рис. 2. Перечень вводимых лав подлежащих техническому перевооружению механизированными комплексами нового технического уровня

С целью обеспечения подробного анализа по работе оборудования сводные отчеты формируются в зависимости от активных фильтров: Фильтр по 1-му объединению; шахте, Дата начала (окончания) работы не менее 01.01.2003 г. (01.10.2004 г.); Год поступления оборудования не менее (не более) 1999 (2002); Количество кап. ремонтов от 1 до 2; Отработано месяцев от 5 до 100; Срок службы, мес. от 5 до 100; Общ.длит.кап.рем., месяцев от 0 до 6; Добыча угля, т не менее 2000000; Добыто горной массы, т не менее 2000000; Нагрузка, т/мес не менее 50000; Подвигание, м не менее 2000;

Формируются также отчеты (крепь, комбайн, конвейер, комплекс) в разрезе пластов, которые позволяют анализировать эффективность работы оборудования при отработке конкретных пластов.

Программа позволяет формироать- "Годовой отчет по планируемым лавам» в разрезе шахт и объединений" (рис. 1) и "Перечень вводимых лав подлежащих техническому перевооружению механизированными комплексами нового технического уровня" (рис. 2)

Коротко об авторах

Потапенко В.А. – доктор технических наук,
Серебряный М.Н. – кандидат технических наук,
ОАО "ПНИУИ".

Д И С С Е Р Т А Ц И И

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	*Название работы*	*Специальность*	*Ученая степень*
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ ПРИРОДНЫХ ГАЗОВ И ГАЗОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ – ООО «ВНИИГАЗ»			
СЕМЕНОВ Александр Михайлович	Оценка и минимизация технологических рисков при проектировании разработки морских нефтяных и газовых месторождений	25.00.18	к.т.н.

© В.М. Феоктистов, 2005

УДК 622.33: 001.2:658:511

В.М. Феоктистов

О РЕЗУЛЬТАТАХ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РАБОТЫ АНТРАЦИТОВЫХ ШАХТ

Семинар № 11

Сложившаяся в угольной отрасли Восточного Донбасса после ее реформирования ситуация (сокращение объема добычи угля с 30 до 9 млн т за период с 1990 по 2004 гг.; резкое уменьшение потребления антрацитов на тепловых электростанциях; ликвидация 50 шахт; потеря значительного числа рабочих мест и связанное с ними ухудшение социально-экономичес-кого положения большой группы населения; уменьшение налоговых поступлений в местные бюджеты) вынуждает исследователей искать решение нескольких проблем, основные из которых:

– рост экономического потенциала Восточного Донбасса, позволяющий выйти на стабилизацию и последующее улучшение социального положения населения шахтерских городов региона;

– улучшение технико-экономических показателей (ТЭП) работы остающихся в эксплуатации угледобывающих предприятий. Причем речь идет не об обычном эволюционном улучшении ТЭП работы, какое имело место ранее, а о необходимости скачкообразного повышения эффективности производства;

– разработка принципиально новых технических и технологических решений эксплуатации угольных пластов, реализация которых могла бы позволить предприятиям работать не только с требуемыми показателями, прежде всего – с достаточной для инвесторов и производства прибылью, но и устойчиво функционировать в условиях переменного спроса на уголь.

Перечисленные выше задачи столь сложны, что их решение может быть осуществлено только при использовании системного анализа как методологии реализации междисциплинарных проблем. В частности, первая проблема решается в настоящее время именно этим методом в Шахтинском институте ЮРГТУ (НПИ): установлены цель, принуждающие связи, критерии, разрабатывается необходимый инструментарий [1].

Применительно к условиям действующей шахты системный анализ, выполненный на кафедре “Разработка пластовых месторождений” ШИ ЮРГТУ (НПИ), позволил четко определить пути улучшения их ТЭП работы за счет повышения уровня концентрации горных работ [2].

Что касается новых технических и технологических решений по отработке запасов шахт, то для установления основных концепций их проектирования системный анализ предполагал следующее:

Проблема: обеспечить переход от традиционно используемой технологии добычи угля на антрацитовых шахтах к более совершенной, позволяющей улучшить конечные результаты угледобывающего предприятия в условиях неопределенности спроса на уголь.

Цель: рост конкурентоспособности добываемого антрацита как топлива и сырья для других видов продукции.

Критерии: степень связности элементов внутри системы; стоимость; надежность; время; требования к обслуживанию; гибкость.

В качестве инструментариев при выполнении системного анализа использовались математические методы (теория вероятностей), экономико-математическое моделирование, экспертная оценка, анализ и синтез, теория циклов [3].

Исследования рассматриваемой проблемы позволили установить:

1. Существенным фактором повышения эффективности подземной разработки пологих антрацитовых пластов является переход от типичных для рассматриваемых условий схем вскрытия запасов и подготовки их к выемке к технологии отработки, предусматривающей вертикально-горизонтальное построение топологии сети горных выработок.

2. Вскрытие запасов угля и раскройка шахтных полей должны осуществляться по схемам, предусматривающим сооружение концентрационных горизонтов на принятых отметках и бурение из главных выработок восстающих скважин и слепых стволов для последующей интенсивной отработки запасов.

3. Рациональными по условиям безопасного и эффективного функционирования шахт оправданными значениями параметров технологии отработки запасов антрацитовых пластов, предусматривающей сооружение концентрационных горизонтов, являются: длина выемочного столба – 1700 – 1800 м; длина очистного забоя – 220 –270 м.

4. Устойчивая работа антрацитовой шахты при использовании забойного оборудования современного технического уровня и рекомендованной топологии горных работ может быть обеспечена при высокоэффективной работе двух-трех очистных забоев.

Установление необходимого числа очистных забоев с целью достижения оптимального уровня концентрации горных работ и обеспечения высокопроизводительного функционирования предприятия должно осуществляться на базе учета стохастического характера влияющих факторов и технического уровня производства.

На базе результатов исследования предложены варианты прогрессивной технологии отработки запасов антрацитовых пластов, позволяющие по сравнению с традиционными схемами вскрытия и раскройки шахтных полей в сопоставимых условиях снизить эксплуатационные расходы в 1,07 – 1,20 раза, резко повысить производительность труда рабочих по добыче.

Вариант 1. В центре шахтного поля до его нижней отметки проводят два центрально-сдвоенных вертикальных ствола. После сооружения околоствольного двора, из его выработок осуществляют подготовку откаточного (концентрационного) горизонта: проводят магистральные откаточный и вентиляционный штреки, участковые квершлаги. Выход из выработок откаточного горизонта на пласты выполняют посредством слепых стволов, оборудованных клетевым подъемом, и серии вертикальных скважин, предназначенных для спуска горной массы, спуска-подъема людей и вспомогательных материалов, вентиляции (патент РФ № 2120551).

Подготовку выемочных столбов к выемке и очистные работы в пределах образованных таким образом блоков ведут традиционными способами. Транспортирование горной массы осуществляют по ярусным штрекам ленточными конвейерами, с которых она попадает в углеспускные скважины-бункеры, затем по выработкам откаточного горизонта в вагонетках электровозами подается к скиповому стволу;

Вариант 2. Вскрытие запасов, сооружение концентрационного горизонта, выемочные работы в блоке ведут описанными выше способами. Вместе с тем, в группе блоков по падению проводят пластовую наклонную выработку, соединяемую с блоковым стволом, имеющим выход на земную поверхность (патент РФ № 2183272);

Вариант 3. Вскрытие запасов осуществляют тремя центрально-строенными стволами, два из которых (главный и вспомогательный) проводят до отметки нижней границы шахтного поля, третий (скиповый ствол) – до отметки промежуточного горизонта. После сооружения концентрационных горизонтов на нижней и промежуточной отметках, работы по вскрытию, подготовке и собственно выемке полезного ископаемого ведут в описанной выше последовательности

Экспериментально, в условиях бывшей шахты “Несветаевская” ОАО “Ростовуголь”, проверена идея подготовки выемочных участков с использованием серии восстающих скважин.

Показатели работы добычного участка, вскрытого и подготовленного к выемке по данной схеме, подтвердили правильность выбранного направления совершенствования горных работ. Эксплуатационные затраты на добычу 1 т угля на участке были в 2-2,5 раза ниже, чем на производствах с традиционным способом отработки запасов.

Очевидно, что выполнение системного анализа по рассматриваемой проблеме должно быть продолжено при объединении всех трех указанных выше проблем в одну с привлечением квалифицированных специалистов по всем вопросам в той или иной мере попадающим в их сферу. Принуждающими связями здесь должны быть: в качестве основного заказчика системы – Администрация Ростовской области или руководство угольной компании, проектные или научно-исследовательские институты; законодательная база регионального и федерального уровня; инвестиционные и кредитные

возможности для решения проблемы; природные ресурсы (участки угольных пластов) Восточного Донбасса; достижимые в заданный отрезок времени технологии добычи, переработки и использования углепродукции.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Хазанович Г.Ш.* О подготовке системной концепции решения проблем угольной отрасли в Восточном Донбассе. Эколого-экономические проблемы природопользования в горной промышленности: Сб. науч. трудов. – Шахты: Изд-во ЮРО АГН, 2002. – С. 33-40.

2. *Феоктистов В.М.* Концентрация горных работ на шахтах российской части Донбасса: проблемы и пути их решения/ Южно-Российский гос. техн. ун-т (НПИ). – Новочеркасск : УПЦ “Набла” ЮРГТУ (НПИ). – 2002. – 110 с.

3. *Спицнадель В.И.* Основы системного анализа: Учеб. пособие. – СПб.: “Изд. дом “Бизнесс-пресса”, 2000. – С. 238-318.

Коротко об авторах

Феоктистов Вячеслав Михайлович – Шахтинский институт (филиал) Южно-Российского государственного технического университета (Новочеркасского политехнического института).

ДИССЕРТАЦИИ

ТЕКУЩАЯ ИНФОРМАЦИЯ О ЗАЩИТАХ ДИССЕРТАЦИЙ ПО ГОРНОМУ ДЕЛУ И СМЕЖНЫМ ВОПРОСАМ

Автор	Название работы	Специальность	Ученая степень
СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ГОРНО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ			
БУТЮГИНА Лариса Витальевна	Оценка и прогнозирование экологических аспектов эксплуатации хранилищ хвостов обогащения в криолитовой зоне (на примере Норильского промышленного района)	25.00.36	к.т.н.
ГАЛИШЕВСКАЯ Виктория Викторовна	Охрана окружающей среды при эксплуатации хранилищ хвостов обогащения в криолитовой зоне	25.00.36	к.т.н.
СЕРГЕЕВ Вячеслав Васильевич	Развитие теоретических основ создания и конструирования камерных пневмозарядчиков для заряжания шпуров и скважин непатронированными взрывчатыми веществами	05.05.06	д.т.н.
СТЕПАНОВА Светлана Васильевна	Повышение качества окружающей среды снижением экологической нагрузки природно-технической системы с горно-перерабатывающей составляющей	25.00.36	к.т.н.
ХУБАЕВА Галина Петровна	Охрана окружающей среды утилизацией отходов горно-металлургического производства	25.00.36	к.т.н.
ЛУЗИН Борис Степанович	Научно-технические основы повторной добычи золота из отходов обогащения руд	25.00.22	д.т.н.