

УДК 622.031.14

В.Г. Виткалов, Нгуен Ань Туан, Фам Чунг Нгуен

**АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
ПО ОБОСНОВАНИЮ УГЛА ДИАГОНАЛЬНОГО
ПОЛОЖЕНИЯ ЛИНИИ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗРАБОТКИ
МОЩНЫХ НАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ**

Рассмотрены технологические решения отработки мощных наклонных угольных пластов. Разработана принципиальная схема для расчета зависимостей уменьшения угла наклона угольного пласта вдоль очистного забоя и наклона забоя от угла диагонального положения очистного забоя при различных углах падения пластов. Предложены технологические решения обеспечивающие повышения эффективности горных работ и необходимого уровня безопасности при отработке мощных наклонных угольных пластов.

Ключевые слова: пласт, технология, наклон, забой, угол.

Угольная промышленность Вьетнама имеет среди отраслей ТЭК наиболее обеспеченную сырьевую базу. Геологические запасы каменных углей и антрацитов СРВ составляют около 20 млрд т. Балансовые запасы, оценены до глубины -300 м. от минимальной мощности угольных пластов 0,8 м, составляют 3728 млн т., из которых примерно 90 % сосредоточены в месторождении Куагнинь [1]. Учитывая значительные запасы угля он и в перспективе останется одним из важнейших топливных ресурсов страны.

Угленосные отложения представляют собой сложную складчатую систему, состоящую из пликативных дислокаций, осложненных разрывными нарушениями – надвигами и сбросами. Пласты в пределах шахтного поля имеют сложное строение, не выдержаны по мощности, а непосредственная и основная кровля сложена породами средней крепости.

Значительная часть запасов (77,27 %) сосредоточены в пластах мощно-

стью более 3,5 м, из них основная часть запасов (49,23 %) находится в пластах свыше 4,5 м и около 90,17 % сосредоточено в пластах с углом падения от 20 до 35°.

Распределение балансовых запасов сосредоточенных в наклонных мощных угольных пластах в зависимости от технологических параметров выемочных участков и находятся в следующих соотношениях,- около 36,20 % запасов сосредоточено с длиной выемочных участков по пространию (700-1000), а 21,09 % с длиной более 1000м, при этом запасы с длиной поля по падению более 200 м составляют 50,60 %.

В целом на шахтах Вьетнама используется ручной труд при разработке мощных наклонных угольных пластов. Уровень механизации при добыче угля низкий,- в основном применяется буровзрывной способ отбойки угля и ручная погрузка на скребковый конвейер. Добыча угля добываемого с пластов более 3,5 м и

углом падения от 18 до 35° с использованием средств комплексной механизации составляет не более 5 %. [2].

В известных, освоенных практикой технологических схемах разработки мощных наклонных угольных пластов предусмотрено перпендикулярное или близкое к нему примыкание очистного забоя к подготовительным выработкам. Рекомендации подобных конструкций технологических схем содержатся в нормативных документах и технологических схемах очистных и подготовительных работ на угольных шахтах, утвержденных министерством угольной промышленности СССР и действующих по настоящее время [3, 4, 5].

При расположении очистного забоя близком к перпендикулярному к подготовительным выработкам приводит к формированию нависающего забоя угольного пласта. Это обстоятельство при некоторых типах кровель может привести к динамическому удару, разрушению призабойной части пласта, усиленному отжиму угла и вывалам породы, что негативно сказывается на ведении очистных работ и техники безопасности. Для предотвращения подобных явлений необходимо нависающий забой перевести в слабонаклонный.

В мировой практике накоплен незначительный опыт отработки мощных (>6 м) наклонных угольных пластов одним слоем с выпуском угля из подкровельной толщи, длинолавыми комплексно-механизированными системами, которые соответствовали бы мировым показателями по нагрузке на очистной забой и высокой степени безопасности.

Это связано прежде всего с трудностями по поддержанию призабойной кровли и обеспечению устойчивости забоя, а также сложностью управления мехкомплексом в плоскости пласта.

Изучая технологические схемы разработки пологих и наклонных угольных пластов Кузнецкого угольного бассейна, которые были разработаны творческими коллективами на основе опытной эксплуатации различных схем подготовки и отработки комплексно-механизированных очистных забоев в разнообразных горно-геологических условиях, а также обобщения анализа передового опыта и данных научно-исследовательских институтов (КузНИУИ, ННЦ ГП - ИГД им. А.А. Скочинского, КузГТУ, ПНИУИ, ИПКОП РАН, МГТУ) не дают адекватного ответа на технологию отработки мощных наклонных угольных пластов с необходимым уровнем безопасности и эффективности горных работ [6, 7, 8].

Выявленные в процессе освоения технологии очистной выемки с выпуском угля недостатки (устаревшее очистное оборудование, неэффективные решения по разупрочнению и выпуску угля и связанные с этим высокие потери полезного ископаемого, пожароопасность и др.) во многом явились причиной свертывания работ этого прогрессивного направления.

В мировой угольной промышленности, где решением проблемы отработки мощных наклонных угольных пластов одним слоем занимаются в течение длительного времени, в инженерно-технических работников сложилось мнение, что подобное эффективное технологическое решение, это проблема реального будущего, в связи с трудностью поддержания призабойного пространства и низкой эффективностью управления комплексом в плоскости пласта.

При выемке мощных (более 6 м) наклонных угольных пластов наклонными слоями по простиранию в качестве главных препятствий являются:

- проблема устойчивости призабойной кровли и угольного пласта;
- проблема поперечной и продольной устойчивости механизированного комплекса относительно элементов залегания пласта;
- сложность контроля отжима угля и горизонта почвы угольного пласта;
- трудность поддержания примыкающих штреков нижнего слоя;
- опасность нахождения людей в рабочих зонах лавы.

Длительное время мощные пласты в основном обрабатывались многослоевыми системами, которые в настоящее время стали не приемлемы по условиям организации пожарной безопасности, низкого коэффициента извлечения угля и высокой себестоимости [8, 9].

Необходимо отметить, что в мировой практике положительный опыт отработки мощных наклонных угольных пластов с необходимым уровнем безопасности и современным уровнем производительности – более 1 млн. т угля в год отсутствует [7].

Отработка мощных наклонных угольных пластов с применением средств комплексной механизации, предназначенных для работы в условиях пологих пластов, связана с рядом особенностей и проблем, главными из которых являются:

- сползанием и разворотом секций механизированной крепи и базы забойного конвейера при выполнении технологического цикла по выемке угля;
- повышенным отжимом пласта угля с формированием нависающего забоя и снижением устойчивости призабойной кровли;
- скатыванием по лаве кусков угля и попаданием его в рабочее пространство;
- проблема доставки по лаве оборудования;

Попытки перенесения успешного опыта применения в российской и зарубежной практике механизированных комплексов предназначены для работы на пологих пластах в условиях выемки мощных наклонных угольных пластов привело к тому, что средства комплексной механизации стали металлоёмкими и как следствие дорогими, с невысокой нагрузкой на очистную забой.

Попытка усовершенствования механизированных комплексов путем создания защитных устройств от скатывающихся кусков угля и породы, создания ограждения для прохода людей и якорных устройств от сползания комплекса, не привело к желаемым результатам, потому что знания были направлены не на устранение причин их порождающих, а на их последствия.

Реализация концепции технологии пригодной для ведения очистных работ в условиях мощных наклонных угольных пластов, на шахтах Германии, привело к тому, что значительно повысились металлоёмкость и цена оборудования, которые к тому же стало менее производительным, со значительным объемом тяжелого ручного труда [немецкий опыт Кузнецов Ю.Н.].

В научной, технической и учебной литературе, а также альбомах технологических схем рекомендуется при отработке пластов с углами падения более 18° , для создания направленного движения механизированных комплексов в плоскости пласта, необходимо придерживаться следующих рекомендации - для механизированных крепей с нижними связями между секциями монтажные камеры, располагать под углом $92-95^\circ$ к конвейерному штреку (нижняя часть лавы опережает верхнюю), а для мехкрепей с верхними связями между секциями – под углами $86-88^\circ$ (верхняя часть лавы опережает нижнюю) [10].

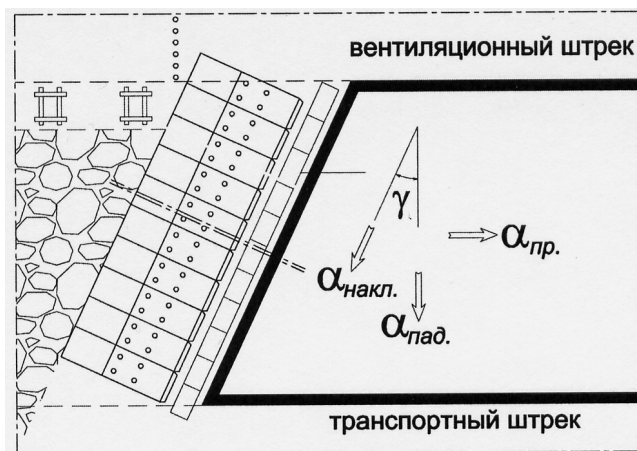


Рис. 1. Общий вид технологической схемы для отработки наклонных угольных пластов с диагональным положением очистного забоя

Сущность предлагаемой нами технологической схемы отработки мощных наклонных угольных пластов (рис.1) заключается, в диагональном расположении линии очистного забоя относительно горизонтальной плоскости, с опережением его верхней части при разработке наклонными слоями по простиранию.

Угол диагонального положения забоя необходимо выбирать с учетом перевода его с нависающего в на-

клонный, но не более 10° , с учетом уменьшения угла наклона угольного пласта вдоль очистного забоя.

Для обоснования угла диагонального положения линии очистного забоя согласно (рис. 1) и выведения аналитических выражений отражающих связь между изменением угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль очистного забоя и наклона забоя от угла диагонального положения очистного забоя γ при различных углах падения пластов, нами была составлена и рассмотрена принципиальная схема (рис.2).

Для определения вертикальной высоты этажа из треугольника ABD получим соотношение

$$\sin \alpha_{пад} = \frac{DA}{BD} \text{ или } \sin \alpha_{пад} = \frac{X}{L}$$

где X-вертикальная высота этажа, м; L- Длина лавы, м.

Тогда вертикальная высота этажа будет найдена из следующего соотношения

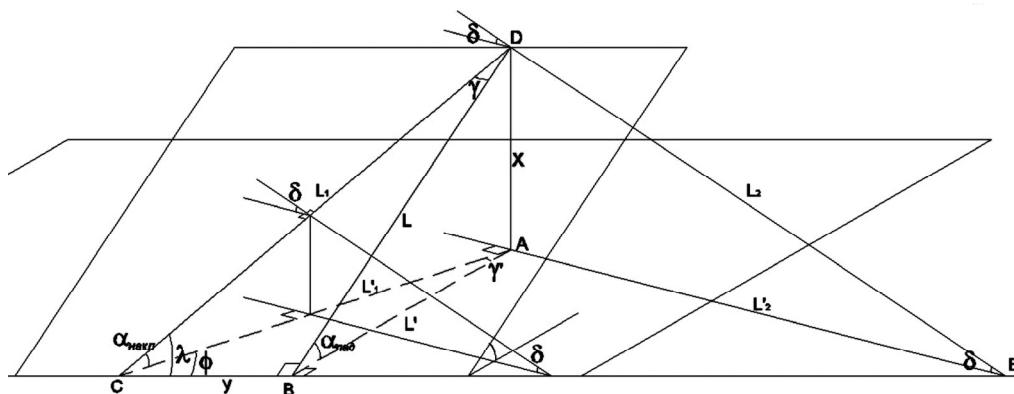


Рис. 2. Принципиальная схема для расчета зависимости уменьшения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль очистного забоя и наклона забоя от угла диагонального положения очистного забоя при различных углах падения пластов

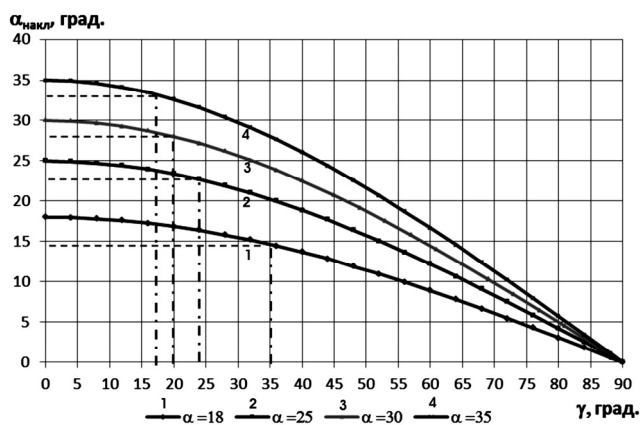


Рис. 3. Характерные кривые отражающие изменения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль очистного забоя от угла его диагонального положения γ при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$.

$$X = \sin \alpha_{пад} \cdot L \quad (1)$$

Для определения диагонального положения линии очистного забоя γ из треугольника BCD найдем новую длину лавы L_1 , тогда $\frac{BD}{CD} = \cos \gamma$

$$L_1 = \frac{L}{\cos \gamma} \quad (2)$$

Для определения нового угла падения лавы из треугольника ACD, получим следующее выражение:

$$\frac{AD}{CD} = \sin \alpha_{накл} \quad (3)$$

Таким образом для обоснования связи между $\alpha_{пад}$ и уменьшением угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$, подставим аналитические выражения (1) и (2) в выражение (3), получим:

$$\sin \alpha_{накл} = \frac{X}{L_1} = \frac{\sin \alpha_{пад} \cdot L}{L \cdot \cos \gamma} \quad (4)$$

Проанализировав значение входящих в формулу (4) величин и производя преобразования, в окончатель-

ном виде получим аналитическое выражение, обеспечивающая связывает между собой $\alpha_{накл}$ и $\alpha_{пад}$, которое будет иметь следующий вид

$$\sin \alpha_{накл} = \sin \alpha_{пад} \cdot \cos \gamma \quad (5)$$

На основании полученного аналитического выражения (5) и принятых углов падения пластов $\alpha_{пад}$ (18° , 25° , 30° , 35°), с помощью программы Microsoft Excel проведены вычисления и построены характерные кривые отражающие изменения угла наклона угольного пласта $\alpha_{накл}$ вдоль очистного за-

боя, от угла его диагонального положения очистного забоя γ , град при различных углах падения пластов $\alpha_{пад}$, которые показаны на рис. 3.

На технологию ведения очистных работ при выемке мощных наклонных угольных пластов важное место занимает отжим угля, который негативно сказывается на безопасности ведения горных работ. С целью обеспечения устойчивости призабойного пространства, необходимо вертикальный или нависающий забой пласта перевести в устойчивый с отклонением от вертикального положения на угол от 5 до 10° .

При отработке мощных наклонных угольных пластов механизированными комплексами при изменении положения лавы в плане из прямоугольной в диагональную на угол γ относительно горизонтальной плоскости, вертикальный забой угольного пласта, также преобразуется в устойчивый забой с углом δ (рис. 4, а, б).

Для нахождения связи между углом наклона забоя угольного пласта δ в зависимости от изменения угла разворота линии очистного забоя γ при

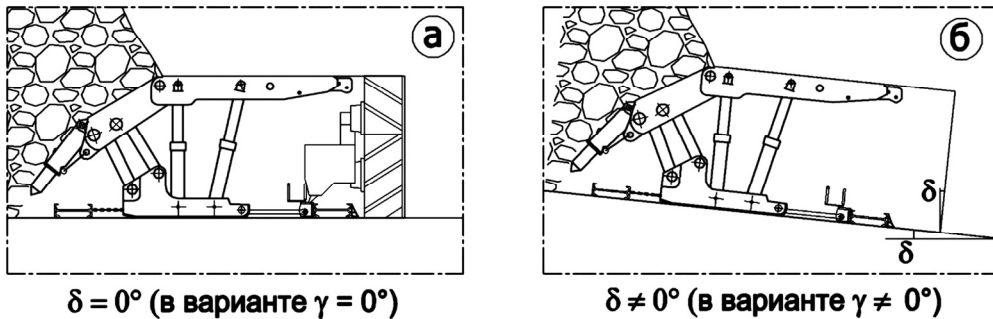


Рис. 4. Сечение лавы при различных углах диагонального положения линии очистного забоя (а: $\gamma = 0$ и б: $\gamma \neq 0$)

различных углах падения пластов рассмотрим следующее:

Из треугольника ACD найдём угол $\alpha_{\text{накл}}$, $\sin \alpha_{\text{накл.}} = \frac{DA}{DC} = \frac{X}{L1}$.

Выразим отсюда высоту этажа $X = \sin \alpha_{\text{накл.}} L1$. (6)

Из треугольника ADE найдём угол разворота линии очистного забоя δ , который равен отношению DA (X) к DE (L2) т.е.

$$\sin \delta = \frac{DA}{DE} = \frac{X}{L2}$$

Тогда высоту этажа можно будет найти из следующего аналитического выражения

$$X = \sin \delta L2. \quad (7)$$

Из аналитических выражений (6) и (7) получим соотношение:

$$\sin \delta L2 = \sin \alpha_{\text{накл.}} L1.$$

Тогда на основании преобразований получим следующее аналитическое выражение для нахождения угла наклона угольного забоя.

$$\sin \delta = \sin \alpha_{\text{накл.}} \frac{L1}{L2}. \quad (8)$$

Треугольники BCD и BDE находятся на одной плоскости пласта,

следовательно угол BED равняется углу BDC или γ .

Тогда из треугольника CDE получим следующее аналитическое выражение

$$\frac{L1}{L2} = \text{tg} \gamma. \quad (9)$$

Подставим аналитическое выражение (9) в аналитическое выражение (8) и произведя некоторые преобразования получим

$$\sin \delta = \sin \alpha_{\text{накл.}} \text{tg} \gamma$$

$$\text{или } \sin \delta = \sin \alpha_{\text{над.}} \cos \gamma \text{tg} \gamma$$

Тогда получим окончательное аналитическое выражение для нахождения угла наклона забоя:

$$\sin \delta = \sin \alpha_{\text{над.}} \sin \gamma. \quad (9)$$

На основании аналитического выражения (1 - 2) и принятых углов падения пласта $\alpha_{\text{пад}}$ (18° , 25° , 30° , 35°) с помощью программы Microsoft Excel были проведены вычисления и построены графические зависимости отражающие характер изменения угла наклона забоя угольного пласта δ , от угла его диагонального положения γ для различных углов падения пласта, которые приведены на рис. 5.

Согласно аналитическому выражению (1-2) и графическим зависимо-

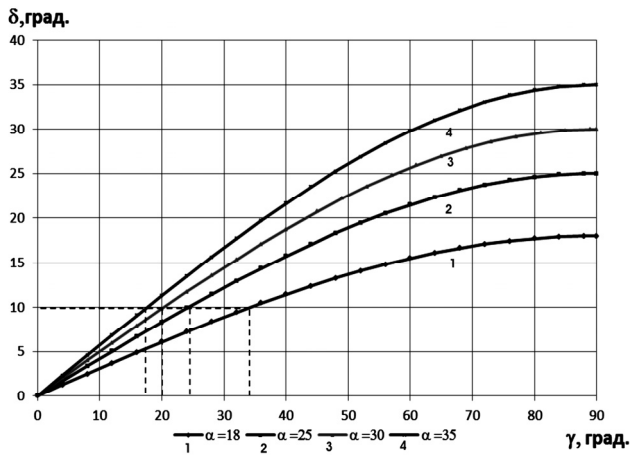


Рис. 5. Зависимости угла устойчивого наклона забоя угольного пласта δ , от угла его диагонального положения γ при различных углах падения пластов

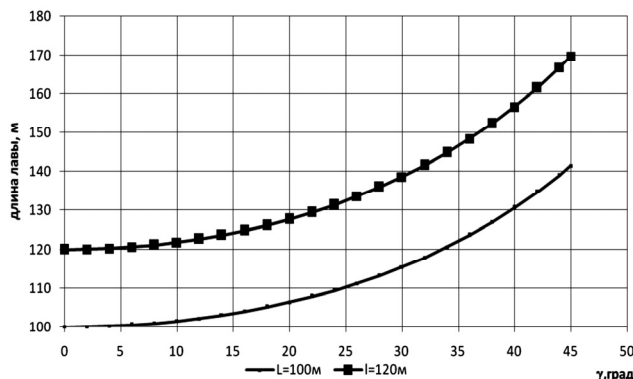


Рис. 6. Зависимость изменения длины лавы от угла диагонального положения очистного забоя γ

стям (рис. 5) при переводе линии очистного забоя γ относительно угла падения пласта, призабойное пространство угольного пласта переходит из вертикального положения в наклонное пропорционально изменению диагонального положения забоя и изменению угла падения пласта. При этом, чем меньше угол падения пла-

ста, тем на большем углу необходимо повернуть линию очистного забоя.

Для обоснования изменения длины лавы от угла диагонального положения линии очистного забоя относительно подготовительных выработок выемочного участка на основании аналитического выражения $L = L_1 / \cos \gamma$ с помощью программы Microsoft Excel был построен график, который представлен на рис. 6.

На основании приведенных зависимостей (рис. 4, 5, 6) при которых максимальное значение угла устойчивого наклона забоя угольного пласта δ составляет 10° , приводит к увеличению угла разворота линии очистного забоя от 15 до 35° при углах падения пластов от 18 до 35° соответственно, при этом длина лавы увеличивается с 100 до 120 м, а угол наклона линии очистного забоя в продольной плоскости уменьшается от 2° до 3° .

Установленные закономерности представленные на (рис. 4, 5, 6), в конкретных горно-геологических условиях, позволяют производить раскройку шахтного поля с расположением подготовительных выработок перпендикулярно углу устойчивого наклона забоя угольного пласта, с целью повышения эффективности очистных работ и безопасности ведения горных работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доан Ван Кен, Нгуен Ань Туан, Фунг Мань Дак и др. Исследование и выбор технологии механизации, разработка, проектирование и фабрикация механизированной крепи, которая соответствует с горно-геологическими условиями мощных угольных пластов, имеющих угол падения до 35°, в бассейне Куангнинь. Итоговые сообщения государственной научно-технической программы КС.06.01/06-10 (Часть геология). Ханой. 2008.
2. Отчет о результатах работы угольной компании «Винакомин» за 2005-2009гг. Ханой, 2010.
3. Временные нормы технического проектирования угольных и сланцевых шахт, ВНТП 1-92. – М.: Минтопднерг, РФ, 1993, 99 с.
4. Технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах, часть I, М., 1991, 215 с.
5. Прогрессивные технологические схемы разработки пластов на угольных шахтах, часть 1: технологические схемы, М., 1971. 331 с.
6. Бурчаков А.С и др. Технология подземной разработки пластовых месторождений полезных ископаемых, М., 1969, 702 с.
7. Коровкил Ю.А. и др., Теория и практика длинотавных систем. – М.: Техгормаш, 2004, 600 с.
8. Шундулиди И.А., Козовой Г.И. Технология и механизация эффективной разработки мощных пологих и наклонных угольных пластов. – ИСПИН. 2001. – 202 с.
9. Шундулиди И.А. Интегрированные технологические системы двухстадийной отработки запасов мощных угольных пластов. – М.: Корина-офсет, 2004. – 359 с.
10. Технологические схемы разработки пологих и наклонных пластов Кузнецкого бассейна. Прокопьевск. 1989, 77 с. **ИИАС**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Виткалов В.Г. – профессор, кандидат технических наук,
Фам Чунг Нгуен – аспирант,
Московский государственный горный университет,
Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru

Нгуен Ань Туан – кандидат технических наук, Ханой, Ханойский институт горной науки и технологии (ХИГНиТ).



РАЗМЫШЛЕНИЯ И ДИАЛОГИ

«Неделя горняка» — первый шаг к интеграции отраслевых специалистов.

Для сохранения единства горных инженеров необходимо общение, как профессиональное, так и общечеловеческое. В жизни отраслевых специалистов много общего, им есть что обсудить, обменяться новыми идеями, помочь товарищам, попавшим в сложное положение. Хотя бы для этого полезно раз в год собираться и удовлетворять естественную потребность в общении.