УДК 622.33.012.2(24:181)

В. П. Зубов

ПРОБЛЕМЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Изложены результаты негативных тенденций изменения технико-экономических показателей при подземной добыче угля. Дан анализ причин возникновения этих тенденций и сформулированы приоритетные направления совершенствования технологических схем угольных шахт.

The results of negative tendences analysis of technical and economical indices changes in the process of underground coal mining are presented.

The analysis of mentioned tendences origin cauisses is given and the priority directions to improve the technological schemes for coal mines are formulated.

В соответствии с программой реструктуризации угольной промышленности в основе технической политики отрасли в области подземной разработки лежит повышение концентрации горных работ и производительности труда.

При определении приоритетных направлений научных исследований, обеспечивающих ускорение научно-технического прогресса в отрасли, необходимо учитывать ее предшествующий практический опыт, который свидетельствует о существовании устойчивых негативных тенденций изменения качественных показателей шахт, определяющих в конечном итоге эффективность подземной угледобычи. К числу тенденций, заслуживающих наиболее серьезного внимания, относятся снижение эффективности использования современной дорогостоящей высокопроизводительной выемочной техники и уменьшение уровня пространственной концентрации горных работ. Следует подчеркнуть, что указанные тенденции находятся в противоречии с декларируемыми в последние 20-25 лет основными направлениями совершенствования технологии подземной добычи угля.

В качестве показателя, характеризующего эффективность использования механизированных комплексов, принято отношение фактически достигнутой среднесуточной нагрузки на лаву к нагрузке, определенной в ТУ и ТЗ на создание и серийный выпуск соответствующего комплекса. Постоянное снижение этого показателя наблюдается примерно с 1975 г.

С 1970 по 1991 г. на шахтах стран СНГ доля добычи из комплексно-мехнизированных очистных забоев (КМЗ) при отработке пластов с углами падения до 35^0 выросла с 29,9 до 79 %. На шахтах Российской Федерации этот параметр в 1994 г. достиг примерно 81 %. Это означает, что экономические показатели отрасли, начиная с 1975 г., определялись, в основном, эффективностью использования механизированных комплексов.

В исследуемый период времени в динамике среднесуточной нагрузки на КМЗ могут быть выделены следующие характерные периоды: относительно быстрого увеличения нагрузки с 710 до 861 т/сутки (1970-1975 гг.); снижения нагрузки с 861 до 666 т/сутки (1975-1985 гг.); постепенного роста среднесуточной нагрузки до 719 т/сутки (1985-1989 гг.).

В 1994 г. добыча из одного КМЗ на шахтах компании "Росуголь" составила 721 т/сутки, что более чем на 16 % меньше уровня этого показателя в 1975 г.

Увеличение среднесуточной нагрузки на комплексно-механизированный очистной забой, начиная с 1985 г., объясняется широким внедрением механизированных комплексов повышенного технического уровня, предназначенных для сложных горно-геологических условий. В 1986 г. такими комплексами было оборудовано более 65 % действующих очистных забоев. Однако это не оказало положительного влияния на экономические показатели шахт и отрасли в целом, что, по-видимому, связано с ростом стоимости новой техники, не адекватным фактическому приросту ее производительности. Стоимость новых комплексов превысила стоимость заменяемых аналогов в 1,7-3,0 раза, а среднесуточная нагрузка увеличилась всего на 30-55 %.

Создание и использование новых комплексов экономически оправдано при повышении нагрузки на забой примерно во столько раз, во сколько растет стоимость нового комплекса по сравнению со стоимостью заменяемого оборудования [6]. В 1988-1991 гг. нагрузка на комплексно-механизированные очистные забои составляла менее 65 % планируемых нагрузок по всем типам серийно выпускаемых комплексов нового технического уровня. Вместе с тем при поиске резервов повышения нагрузки на забой следует детально проанализировать, почему в

1989 г. средние показатели худших и лучших комплексно-механизированных лав различались примерно в 16 раз [2].

О снижении уровня пространственной концентрации работ свидетельствует уменьшение числа одновременно отрабатываемых лав в пределах панелей, крыльев и горизонтов шахтных полей, а также увеличение удельной протяженности проходимых и поддерживаемых подготовительных выработок. Так, число одновременно отрабатываемых лав в уклонных панелях на шахтах СНГ постоянно уменьшается с 1965 г. К 1991 г. значение показателя снизилось на 27 % и составило менее 1,5. Одновременно число панелей, в которых отрабатывалась всего одна лава, выросло с 39 % в 1965 г. до 69 % в 1991 г. Прямым следствием этого явилось увеличение числа одновременно отрабатываемых панелей на шахтах, а следовательно, и протяженности сети подготовительных выработок. Только за период с 1980 по 1991 г. длина выработок, пройденных в пересчете на одну лаву, выросла более чем на 23 %.

Анализ более чем 23-летнего опыта отработки тонких и средней мощности пологих и наклонных угольных пластов на шахтах СНГ показал, что среди основных причин снижения эффективности использования современной высокопроизводительной выемочной техники и уровня пространственной концентрации горных работ следует выделить две:

1) ухудшение горно-геологических условий отработки пластов, связанное с переходом работ на большие глубины, а также с завершением выемки наиболее качественных запасов в пределах отрабатываемых горизонтов (рис.1);

2) усложнение инфраструктуры шахты, связанное как с ухудшением горно-геологических условий, так и с невыполнением планов капитального строительства новых горизонтов.

К числу факторов, характеризующих ухудшение условий отработки пластов при переходе горных работ на более глубокие горизонты, относятся, прежде всего, увеличение площади $S_в$ и высоты $h_в$ вывалов в призабойном пространстве лав, рост интенсивности смещений пород кровли ($\varepsilon_к$) и почвы ($\varepsilon_п$) подготовительных выработок, увеличение метановыделения в лаву из пласта ($q_{пл}$) и выработанного пространства ($q_{в.п}$). Наибольшее отрицательное влияние на фактически достигнутые величины среднесуточной нагрузки на очистной забой $A_д$ и уровень пространственной концентрации горных работ, как свидетельствует опыт отработки пластов на различных глубинах, связано с *качественным изменением процессов деформирования вмещающих пород и метановыделения в пределах выемочного участка*

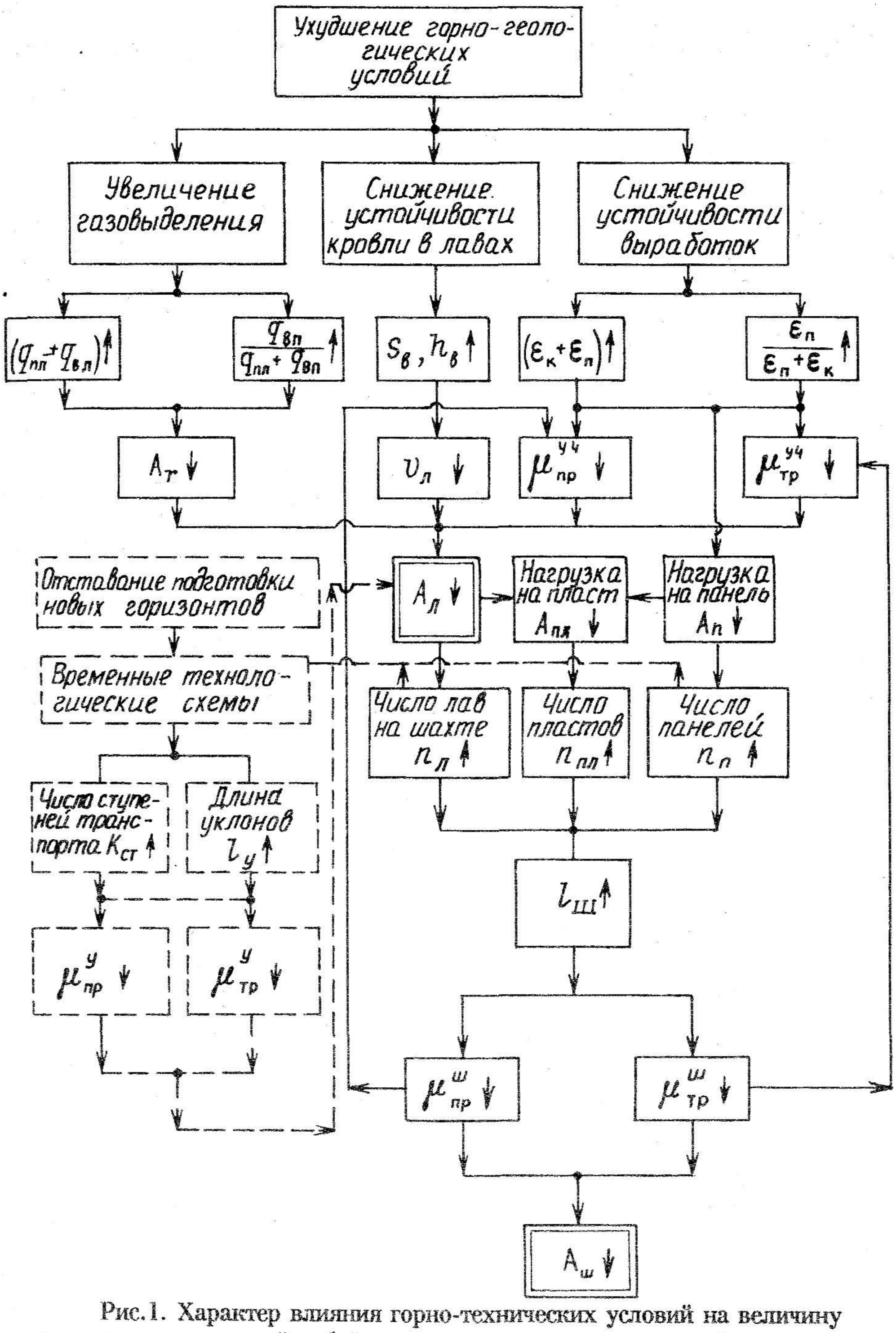


Рис.1. Характер влияния горно-технических условий на величину нагрузки на очистной забой и показатели пространственной концентрации горных работ

$\mu_{пр}$ и $\mu_{тр}$ - показатель надежности выработки по условиям проветривания и транспорта;

$\mu_i^{уч}$, $\mu_i^{ш}$ и $\mu_i^{у}$ - показатель надежности участковых выработок, сети выработок шахты и уклонов соответственно

при достижении некоторых предельных глубин, зависящих от физико-механических свойств вмещающих пород.

Основные качественные изменения состоят прежде всего в переходе в предельное состояние и разрушении пород непосредственной кровли пласта впереди забоя лавы до обнажения их очистными работами; в увеличении интенсивности пучения пород почвы в подготовительных выработках; в росте доли газовыделения из выработанного пространства в газовом балансе выемочных участков.

Особая роль этих качественных изменений заключается в том, что с ними непосредственно связано перераспределение значимости факторов, определяющих, в конечном итоге, надежность выполнения очистными и подготовительными выработками своих функций. Именно неучет особенностей процессов деформирования вмещающих пород в очистных и подготовительных выработках при выборе способов управления горным давлением и крепи является одной из основных причин снижения среднесуточной нагрузки на очистной забой и аварийного состояния участковых подготовительных выработок [3, 4]. Так, при отработке механизированными комплексами пластов с кровлями II типа по классификации ВУГИ на малых глубинах разработки с $\eta = \gamma H / 10\,\sigma_{\text{пч.сж}} < 0{,}4$ (здесь γ - средневзвешенная плотность пород покрывающей толщи, т/м^3; H - глубина ведения очистных работ, м; $\sigma_{\text{пч.сж}}$ - предел прочности пород непосредственной кровли на одноосное сжатие, МПа) 75-95 % общего числа вывалов связано с осадками основной кровли [3]. При отработке пластов с кровлями I типа проблемы с управлением кровлей на малых глубинах возникают, как правило, только в местах геологических нарушений.

На больших глубинах ($\eta > 0{,}6$) основной причиной вывалов в лавах являются повышенная нарушенность пород непосредственной кровли впереди забоя лавы трещинами эксплуатационного происхождения и связанное с этим неудовлетворительное выполнение отечественной механизированной крепью поддерживающего типа призабойных функций на участке между передними стойками крепи и забоем. При разрушении пород кровли впереди забоя лавы точка приложения к перекрытию крепи равнодействующей внешней нагрузки ΣP (рис.2) расположена между забоем и точкой приложения равнодействующей сопротивления крепи ΣR . Момент сил, возникающий в результате несовпадения точек приложения равнодействующих ΣP и ΣR , приводит к развороту перекрытия, опусканию его передней консоли и потере контакта с

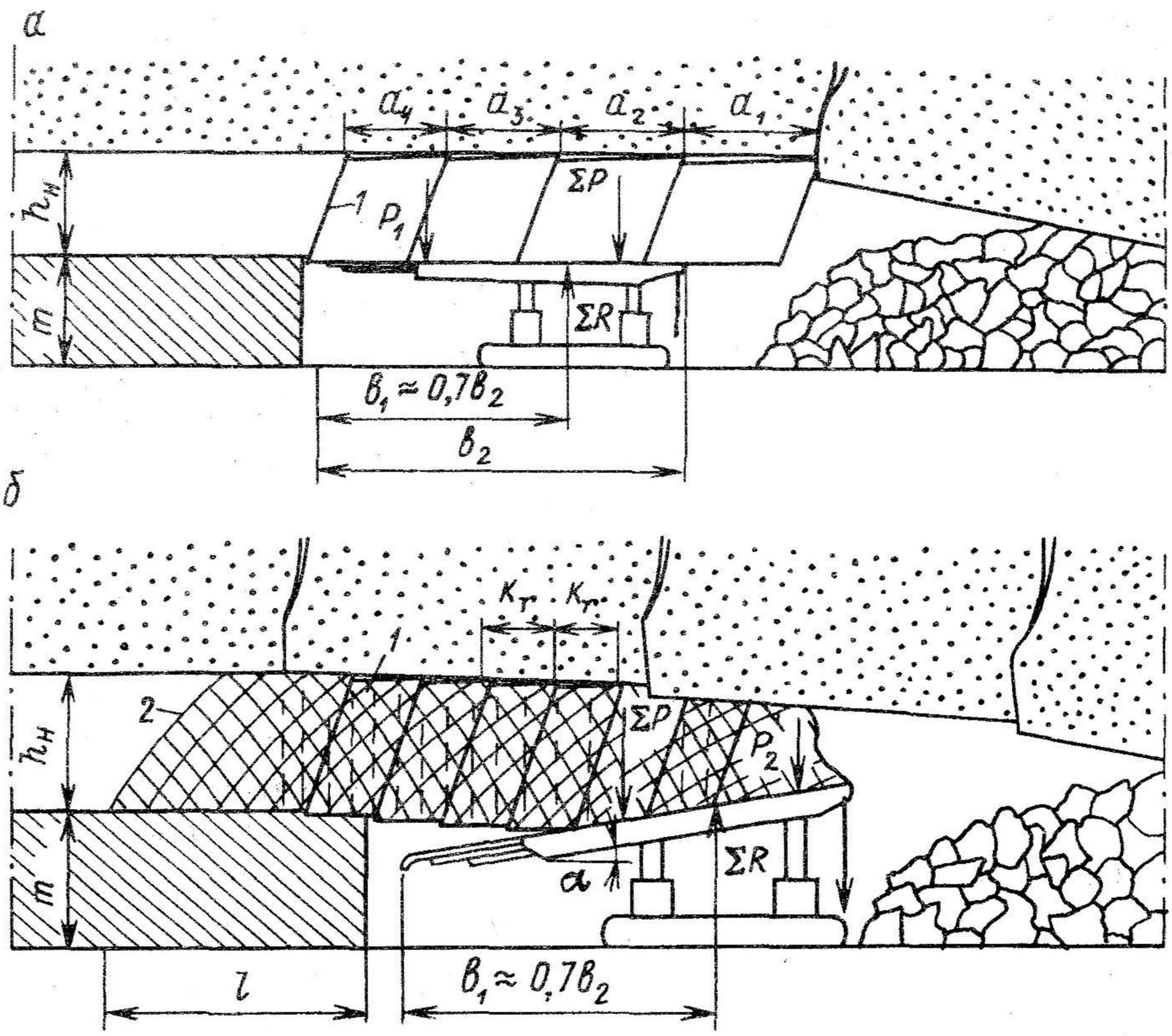


Рис.2. Характер взаимодействия крепи поддерживающего типа с породами кровли: а - на малых ($\eta < 0{,}4$) глубинах; б - на больших ($\eta > 0{,}6$) глубинах

1 и 2 - трещины в породах непосредственной кровли [3] ; b_1 - расстояние от конца передней консоли перекрытия крепи до точки приложения к перекрытию крепи равнодействующей ее сопротивления ΣR; P_1 и P_2 - силы отпора

породами кровли. Породы кровли при этом опускаются на пролете, достигающем 1,5 м и более, что провоцирует высокую интенсивность обрушений пород кровли в призабойном пространстве лав.

При отработке пластов с кровлями I и II типов по классификации ВУГИ с трещинами эксплуатационного происхождения, возникающими впереди забоя лавы, связано более 70 % общего числа вывалов, а следовательно, и основные потери добычи из-за простоев лав при ликвидации последствий вывалов. Скорость подвигания лав $\upsilon_д$ уменьшается при этом в 1,2-1,3 раза и более.

В настоящее время совершенствование механизированной крепи поддерживающего типа идет по пути дальнейшего

расширения ее возможностей в активном управлении кровлей в сложных горно-геологических условиях ведения очистных работ. Основные направления исследований связаны с решением следующих вопросов:

1) разработка и совершенствование приемов регулирования величины и положения равнодействующей сопротивления крепи;

2) повышение начального распора крепи;

3) разработка способов регулирования рабочего сопротивления крепи.

Оценивая эти направления как прогрессивные и не противоречащие направлениям соответствующих исследований в развитых в области горного дела странах, необходимо отдавать себе отчет в том, что реализация этих направлений не создает объективных предпосылок для полного решения проблемы предотвращения вывалов в лавах, отрабатываемых на больших глубинах. Дело в том, что при технически осуществимом сопротивлении крепи не может быть устранена главная причина вывалов в условиях глубоких горизонтов - переход кровли впереди забоя лавы в предельное состояние и разрушение ее. Ограниченную область применения имеют также способы управления кровлей, направленные на уменьшение расстояния между равнодействующей распора секций крепи и забоем лавы [5]. Это расстояние не может быть меньше минимально допустимого расстояния от передней стойки крепи до забоя, определяемого из условия размещения комбайна, конвейера и кабелеукладчика.В то же время равнодействующая внешней нагрузки при разрушенных породах непосредственной кровли может быть приложена к перекрытию крепи практически в любой точке.

Из изложенного следует, что наряду с совершенствованием механизированной крепи необходимо разрабатывать эффективные профилактические способы управления кровлей в лавах, позволяющие создать при очистной выемке условия, уменьшающие степень разрушения пород кровли впереди забоя лавы, а также пассивные способы, основанные на упрочнении разрушенных пород кровли.

Из качественных изменений процесса деформирования пород в подготовительных выработках, наиболее существенно влияющих на исследуемые показатели работы шахт (см.рис.1), особого внимания заслуживает увеличение по мере перехода горных работ на более глубокие горизонты доли пучения пород почвы $\varepsilon_п/(\varepsilon_п + \varepsilon_к)$ *участковых подготовительных выработок* в конвергенции $\varepsilon_п + \varepsilon_к$. При увеличении глубин до некоторых

предельных значений это приводит к изменению роли факторов, определяющих надежность μ выполнения выработками основных функций. На малых глубинах ($\eta < 0,3 \div 0,4$) при использовании столбовых систем разработки нарушение нормального режима эксплуатации участковых подготовительных выработок по условиям транспорта и проветривания, а также ремонтные работы в них более чем в 80-90 % случаев связаны с опусканиями пород кровли. На больших глубинах ($\eta > 0,5 \div 0,6$) до 85 % случаев выполнения ремонтных работ обусловлено пучением пород почвы, доля которого в конвергенции достигает 60-80 %. Отечественный и зарубежный опыт показывает, что для условий глубоких горизонтов нет надежных технических решений, позволяющих реализовать принцип безремонтного поддержания участковых подготовительных выработок за лавой при залегании в почве пласта пород, склонных к пучению [4] . Отсутствие таких решений предопределяет снижение уровня пространственной концентрации горных работ, приводящее к увеличению протяженности сети горных выработок шахты $l_ш$ (см.рис.1), а также к потерям добычи $A_ш$ из-за несвоевременного воспроизводства линии очистных забоев.

Степень влияния глубины разработки на показатели пространственной концентрации работ в значительной степени зависит от сочетания свойств пород кровли и почвы пласта. Так, наиболее существенное снижение среднегодового числа лав в панелях при переходе горных работ на более глубокие горизонты наблюдается при отработке пластов, в почве которых залегают породы, склонные к пучению. При отработке таких пластов на больших глубинах ($\eta > 0,6$) среднегодовое число одновременно отрабатываемых лав в панелях на 30-80 % меньше, чем на малых глубинах ($\eta < 0,3$). При отработке пластов с непучащими породами почвы снижение показателя концентрации работ составляет не более 20-30 %.

Наиболее "чувствительны" к переходу с малых на большие глубины столбовые системы разработки, при использовании которых число лав в панелях при отсутствии фланговых вентиляционных выработок уменьшается в 1,5-2,0 раза. При этом наибольшее отрицательное влияние глубины наблюдается при применении систем разработки сдвоенными и спаренными лавами. При переходе на большие глубины, как правило, использование таких систем разработки становится либо технически неосуществимым из-за невозможности обеспечения устойчивого состояния промежуточного штрека между лавами, либо экономически нецелесообразным из-за значительных потерь добычи, связанных с взаимным влиянием лав.

Влияние метановыделения на производительность лав и показатели пространственной концентрации горных работ (см.рис.1) наиболее ощутимо в газовых зонах, приуроченных к площадям развития угленосных месторождений, вмещающих пласты углей марок Ж, Д и Г. Так, в Донбассе нарастание газоносности угольных пластов на шахтах Краснодонского, Алмазно-Марьевского, Донецко-Макеевского, Красноармейского, Ворошиловградского горно-промышленных районов происходит по гиперболической кривой до глубины около 1500 м. Исключение составляет только юго-восточная часть Донбасса, где пласты до глубины 1600 м представлены высокометаморфизированными антрацитами и метаноносность пластов практически отсутствует.

Специфика процесса метановыделения состоит в том, что с ростом глубины в газовом балансе выемочных участков повышается доля газовыделения в выработанном пространстве $q_{в.п}/(q_{в.п} + q_{пл})$. Так, в Донецком бассейне на глубинах до 500-600 м основным источником поступления метана является угольный пласт, но на глубинах, превышающих 700-1000 м, доля метановыделения из пласта составляет 40-50 %, а в ряде случаев менее 20 % общего объема метановыделения [1] . Особого внимания заслуживает также то, что с ростом глубины из-за снижения газопроницаемости пластов снижается эффективность их предварительной дегазации. В связи с трудностями преодоления газового барьера фактические нагрузки на КМЗ во многих случаях составляют 20-35 % нагрузки, которая могла бы быть достигнута при полном использовании технических возможностей выемочной техники. Снять ограничение по газовому фактору в таких условиях можно только при применении столбовых систем разработки в сочетании с прямоточными схемами проветривания выемочных участков с подсвежением струй воздуха, исходящих из лав в сторону выработанного пространства.

Большое расхождение между реальными нагрузками на лаву и нагрузками, определенными в ТУ и ТЗ на создание соответствующего комплекса, объясняется также отсутствием твердых нормативов на соотношение стоимости и производительности создаваемых комплексов и эффективного механизма повышения ответственности разработчиков и изготовителей. При фактической приостановке инвестирования отрасли из бюджетных источников и переходе от принципа распределения к принципу производить то, что покупают, и покупать то, что позволяет получить реальный экономический эффект, сохранение такого положения невозможно, ибо это приведет к дальнейшему снижению технико-экономических

показателей шахт или отсутствию заказов у отечественного машиностроения.

Уже говорилось, что на производительность лав и уровень пространственной концентрации горных работ отрицательно влияет постоянное ухудшение инфраструктуры шахт. Центр тяжести горных работ смещается в уклонные поля, отмечен рост ступенчатости схем вспомогательного транспорта по наклонным выработкам, растет общая протяженность сети подготовительных выработок, обслуживающих очистные забои. В 1987 г. протяженность уклонов на шахтах Минуглепрома СССР более чем в 2,4 раза превышала протяженность бремсбергов. Увеличение протяженности транспортных и вентиляционных коммуникаций на каждую ступень составляет 3-5 км, что снижает их надежность μ (см.рис.1) и приводит в конечном счете к потерям добычи из-за простоев лав. Сравнение опыта работы нереконструированных и реконструированных шахт показывает, что снижение нагрузки на забой и производительности труда рабочего по добыче, связанное с ростом ступенчатости вспомогательного транспорта и протяженности подготовительных выработок, превышает 20-30 %.

Тенденция перенесения центра тяжести горных работ в уклонные поля наиболее отчетливо проявилась на шахтах СНГ в последние годы. Так, на предприятиях компании "Росуголь" в 1993-1994 гг. объемы проходки уклонов в 1,21-1,35 раза превысили объемы проходки бремсбергов.

Так как в обозримой перспективе объемы подземной добычи будут обеспечиваться не менее, чем на 89 % существующим шахтным фондом, важно правильно установить причины ухудшения инфраструктуры действующих шахт. К числу очевидных причин относят невыполнение требуемых объемов работ по строительству новых горизонтов. До 1987 г. объемы проходки и углубки стволов выполнялись примерно на 50 %. В 1988-1991 гг. в строительстве новых горизонтов нуждались более 165 шахт СНГ, т.е. показатель снизился до 27 %. Решение проблемы видят в поиске средств и шахтостроительных организаций для вскрытия новых горизонтов. Однако , по нашему мнению, следует более серьезно отнестись к обоснованию необходимости этих работ. Ведь во многих случаях строительство новых горизонтов при наличии значительных запасов угля на отрабатываемых горизонтах мотивируется, главным образом, невозможностью размещения в пределах отрабатываемых горизонтов требуемого числа лав. Отметим также, что шахты основных угольных бассейнов имеют низкий уровень пространственной концентрации горных работ.

В современных условиях, когда размеры инвестиций в отрасль фактически определяются только задачами ее выживания, в поисках альтернативных вскрытию новых горизонтов решений следует обратиться к способам подготовки и системам разработки пластов, позволяющим повысить уровень пространственной концентрации горных работ в пределах отрабатываемых горизонтов. Создание таких технических решений является первоочередной задачей научно-исследовательских организаций.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Дмитриев А.М., Куликова Н.Н., Бодня Г.В.* Проблемы газоносности угольных месторождений. М.: Недра, 1980.

2. *Зайденварг В.Е.* Геомеханическое обоснование и реализация направлений повышения эффективности ведения подземных горных работ: Автореф.докт.дис. /Московский горный ин-т. М., 1994.

3. *Зубов В.П.* Особенности управления горным давлением в лавах на больших глубинах разработки. Л.: Изд-во ЛГУ, 1990.

4. *Зубов В.П.* О совершенствовании способов охраны и поддержания подготовительных выработок//Уголь. 1994. № 2.

5. *Кузнецов С.Т.* Эксплуатация механизированных крепей и пути их совершенствования. М.: Недра, 1976.

6. *Щадов М.И.* Коренная перестройка управления угольной промышленностью. Технический уровень действующих и проектируемых предприятий по добыче угля, меры его повышения в 1986-1990 гг. и до 2000 г. /Минуглепром СССР. М., 1988.