УДК: 622.001.892 (06)

В.В.БЕЛИКОВ, *канд. техн. наук, зам. ген. директора, viktbelikov@ yandex.ru*
ШахтНИУИ
Н.В.БЕЛИКОВА, *канд. техн. наук, доцент*
Шахтинский институт Южно-Российского государственного технического университета

V.V.BELIKOV, *PhD in eng. sc., Assistant General Manager, viktbelikov@yandex.ru*
ShakhtNIUI
N.V.BELIKOVA, *PhD in eng. sc., associate professor*
Shakhty Branch of South Russia State Technical University

ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ПРОБЛЕМЫ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЕКТНЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Изложены причины неудовлетворительных проектных решений на действующих и проектируемых угольных шахтах России и представлены новые инновационные и научно-методические разработки по повышению эффективности работы угольных шахт, отрабатывающих угольные пласты в сложных горно-геологических условиях.

***Ключевые слова*:** угольный пласт, горно-геологические условия, новые инновационные технологии, научно-методическое обеспечение, проектные решения, эффективность работы угольных шахт.

INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND PROBLEMS OF SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL PROVISION OF DESIGN DECISIONS IN MINING COAL LAYERS IN DIFFICULT MINING AND GEOLOGICAL CONDITIONS

The paper discusses the reasons for unsatisfactory design solutions for the existing and designed coal mines in Russia, as well as new innovative and scientific and methodological developments to improve performance of coal mines working in difficult geological conditions.

***Key words*:** coal seam,mining and geological conditions, new innovative technologies, scientific and methodological provision, design solutions, working efficiency of coal mines.

Российская Федерация занимает первое место в мире по прогнозным запасам углей (6,7 трлн т или 39 % от общих мировых прогнозных запасов) и второе по разведанным запасам (193 млрд т или 19 % от общих мировых разведанных запасов). По экспорту угля на мировой рынок Россия занимает третье место в мире (12 % мирового рынка угля). Однако по уровню добычи угля Россия занимает лишь пятое место в мире (334 млн т или менее 4 % от мировой добычи угля). Доля России в мировой добыче и мировой торговле углей в последние годы снижается: по прогнозам зарубежных аналитиков, доля России в мировой добыче угля к 2030 г. не будет превышать 2-3 %, несмотря на прогнозируемое увеличение мировой добычи угля в 1,5-1,6 раза по сравнению с 2011 г.

Одной из основных причин относительно низкого уровня добычи угля в Российской Федерации по сравнению с его раз-

веданными запасами, является его недостаточная конкурентоспособность по сравнению с отечественным природным газом и углями, поставляемыми на мировой рынок основными странами-экспортерами (Австралией, Индонезией, Колумбией, ЮАР, США и др.).

В значительной мере это обусловлено тем, что более 60 % разведанных запасов угля на действующих и строящихся угольных шахтах России залегают в угольных пластах, которые по существующим в мировой практике критериям отнесены к пластам, разработка которых признана технологически неэффективной. К их числу относятся пласты мощностью менее 1,8 м и более 5 м, с углами падения более 8°, с метаноносностью более 9 $м^3$/т, залегающие на глубине более 600 м, имеющие тектонические нарушения и размывы, склонные к горным ударам, внезапным выбросам угля и газа, склонные к самовозгоранию и опасные по взрывам пыли и т.д.).

Однако даже на угольных шахтах России в благоприятных горно-геологических условиях на пластах, отработка которых по мировым критериям является технологически эффективной, средние нагрузки на очистные забои и шахты в России в 2-4 раза ниже, а производительность труда рабочих в 6-10 раз меньше, чем на угольных шахтах передовых угледобывающих стран. Недостаточная эффективность отработки угольных пластов на угольных шахтах приводит к их закрытию, в результате чего за пять последних лет количество угольных шахт в России уменьшилось на 23 %.

Учитывая огромную экономическую ценность имеющихся прогнозных и разведанных запасов углей в России, а также ориентировочные потребности мирового рынка угля (3,0-3,5 млрд т в год), чтобы сохранить свою долю на мировом рынке угля, России необходимо увеличить добычу угля к 2030 г. примерно на 350-400 млн т. Достижение такой цели весьма сложная и трудная задача. Около 70 % разведанных запасов углей и 97 % запасов антрацитов в России могут быть добыты только при подземном способе их добычи. В то же время угольные шахты России добывают менее 30 % от общей добычи угля (101 млн т) и в последние годы эта доля постоянно уменьшается на 1-2 % в год.

По указанным причинам весьма актуальной задачей является определение недостатков существующей на действующих и строящихся угольных шахтах системы горно-геологические условия – техника – технология – человек, разработка инновационной техники и технологии, а также научно-методологическое обеспечение проектных решений.

Для того чтобы обеспечить конкурентоспособность угольных шахт России на внутреннем и мировом рынке необходимо примерно в 3-4 раза увеличить среднюю производственную мощность шахт, обеспечив при этом высокое качество угля и стабилизацию себестоимости добычи угля на уровне не более 40-45 долларов США. Необходимо также в 4-6 раз повысить производительность труда шахтеров, снизить количество аварий и обеспечить промышленную и экологическую безопасность работы угольных шахт.

Проведенным анализом установлены основные причины низких фактических и проектных технико-экономических показателей работы многих угольных шахт России:

• плохое научно-методическое обеспечение проектных решений, связанное с практически полным отсутствием расчетов и обоснований, тем более, что многие действующие в отрасли нормативно-технические документы не эффективны и устарели;

• несоответствие выбранных в проектах строительства и реконструкции шахт проектных решений конкретным горно-геологическим условиям и передовому мировому уровню техники и технологии подземной разработки;

• отсутствие новых инновационных решений и их научно-методического сопровождения, что позволило бы существенно повысить технико-экономические показатели работы угольных шахт в конкретных горно-геологических условиях;

• высокие процентные ставки по кредитам на строительство и техническое пере-

Основные технические параметры механизированной крепи

Параметр	Тип крепи									
	2КС-220М	3КС-220М	2КС-216	1КС-216	1КС-122	1КС-122-01	1КС-122М	1КС-122М-01	2КС-125	2КС-125М
Высота крепи, мм	700-1350	1100-2000	650-1330	630-1280	600-1290	600-1290	630-1335	700-1440	700-1520	700-1520
Диаметр стойки, мм	200	200	160	160	220	220	220	220	250	250
Количество стоек	4	4	4	4	2	2	2	2	2	2
Сопротивление крепи, кН/м^2	792-807	807-818	552-557	490-496	537-608	563-635	450-510	472-532	650-740	555-633
Тип консоли	Управляемая				Жесткая		Управляемая		Жесткая	Управляемая

вооружение угольных шахт России, которые в 3-4 раза превышают ставки по кредитам за рубежом и резко ограничивают капитальные вложения в инновации;

• низкая моральная и материальная заинтересованность менеджеров и рабочих угольных компаний в разработке и осуществлении эффективных инноваций на угольных шахтах.

Для эффективной работы угольных шахт России необходимо обеспечить постоянное и интенсивное внедрение на них крупных и мелких, но технически и экономически эффективных инноваций, которые позволят резко повысить основные технико-экономические показатели работы угольных шахт, особенно разрабатывающих угольные пласты в сложных горно-геологических условиях.

В качестве обоснования возможности обеспечения разработки и внедрения на отечественных угольных шахтах эффективных инноваций приведем опыт ОАО «ШахтНИУИ» по разработке и внедрению на угольных шахтах Донбасса со сложными горно-геологическими условиями различных инновационных разработок и постоянного научно-методического обеспечения.

Для повышения эффективности выемки тонких и средней мощности (от 0,9 до 2,0 м) угольных пластов с неустойчивыми и труднообрушающимися кровлями, с нагрузками на очистные забои от 3500 до 10000 т в сутки сотрудниками ОАО «ШахтНИУИ» разработаны четыре новых типа механизированной крепи, работающей по заряженной или не заряженной схеме с шагом передвижки 0,8 м (см. таблицу).

Использование новых типов мехкрепи значительно расширяет область применения струговой и комбайновой выемки на пластах с малоустойчивой и труднообрушающейся кровлей (более 50 % от общего числа шахтопластов на шахтах России). Крепь может быть оборудована автоматической системой управления различной сложности по выбору заказчика. Практически все типы крепи награждены медалями на международных выставках.

В научных трудах сотрудников ОАО «ШахтНИУИ» и по контракту с Департаментом угольной и торфяной промышленности Министерства энергетики разработана новая, ранее не применявшаяся технология стругово-комбайновой выемки угольных пластов мощностью от 1,2 до 2 м, на которую получен патент. Сущность стругово-комбайновой технологии выемки угля состоит в том, что выемка в очистном забое ведется поочередно или одновременно двумя выемочными машинами. При этом верхняя часть пласта на высоту до 20-30 % от его мощности вынимается щеленарезным комбайном, а нижняя уступная часть, разгруженная от горного давления и ослабленная щелью, – струговой установкой (рис.1 и 2).

Технология стругово-комбайновой выемки угля имеет три основных варианта использования:

• при выемке пластов, не опасных по газодинамическим явлениям, но имеющих неустойчивую кровлю;

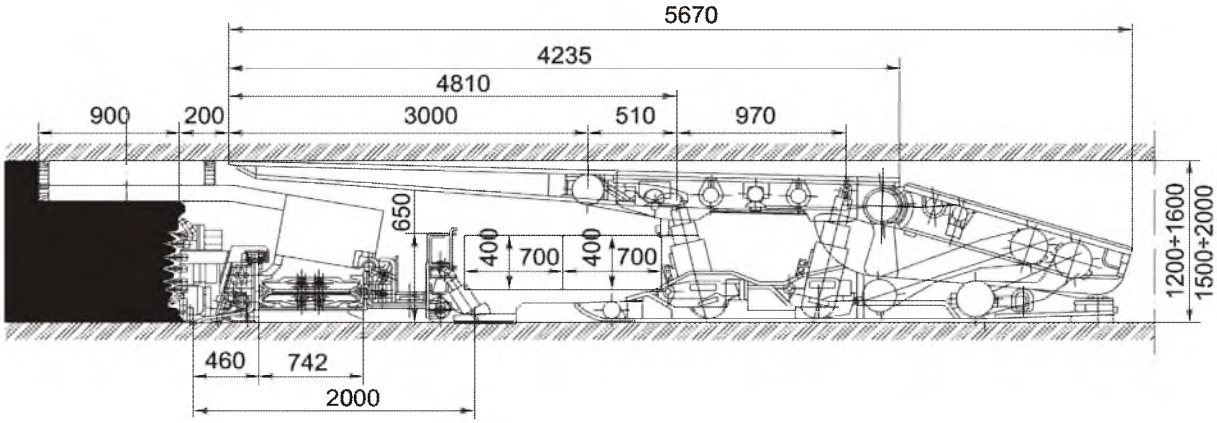


Рис.1. Сечение лавы при нарезке разгрузочной щели по верхней угольной пачке или ложной кровле

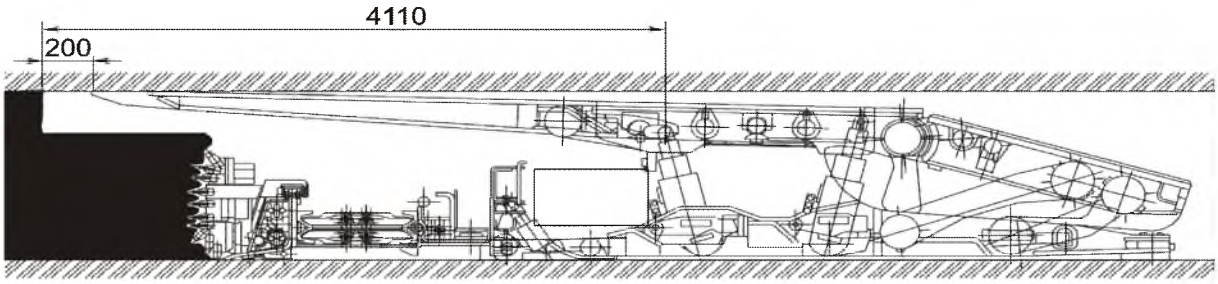


Рис.2. Сечение лавы после передвижки в щель струговой мехкрепи и работе струговой установки

• при выемке пластов, в зонах, опасных по газодинамическим явлениям;

• при раздельной выемке ложной кровли и пласта или наличии включений в верхней части пласта.

По данным расчетов при применении стругово-комбайновой выемки нагрузки на очистные забои на невыбросоопасных пластах мощностью 1,2-2,0 м с неустойчивой кровлей, могут составить от 3350 до 6667 т/сут. В выбросоопасных зонах выбросоопасных пластов и при раздельной выемке пород ложной кровли и угля возможные нагрузки на лавы составят от 1460 до 3500 т/сут. Указанные нагрузки в 2-6 раз превышают средние нагрузки, достигаемые в данных условиях наиболее производительными шнековыми комбайнами или стругами. Применение стругово-комбайновой выемки позволяет не только обеспечить высокую нагрузку на лавы, отрабатываемые в сложных горно-геологических условиях (около 40 % очистных забоев), но и получить большой дополнительный экономический эффект, за счет увеличения на 6-16 % содержания в угле крупно-средних фракций и снижения на 4-50 % зольности горной массы.

На шахтах России на один действующий очистной забой в среднем приходится четыре подготовительных забоя, которые обслуживаются практически такими же по численности, как и очистные забои, бригадами проходческих и транспортных участков шахты. Стоимость оборудования одного подготовительного забоя в зависимости от типа применяемого оборудования и с учетом обеспечивающего его конвейерного и вспомогательного транспорта, трубопроводов, противопожарного оборудования и связи составляет от 200 до 800 млн руб., что значительно увеличивает себестоимость добычи угля.

Технические и технологические инновации, разработанные сотрудниками ОАО «ШахтНИУИ» в области проведения капитальных и подготовительных выработок, состоят в следующем.

Разработана методика расчета на ПЭВМ затрат времени на различные операции проходческого цикла, а также возмож-

ных темпов комбайнового и буровзрывного проведения подготовительных и капитальных выработок с учетом производительности и надежности применяемого оборудования, уровня организации труда при использовании зарубежной и отечественной проходческой техники.

Обоснованы расчетами и проверены на практике эффективные технологические схемы и конкретные паспорта комбайнового и буровзрывного проведения выработок со значительной подрывкой боковых пород прочностью 70-240 МПа с применением отечественного и зарубежного проходческого оборудования в сочетании со сталеполимерной анкерной крепью. Внедрение указанных технологических схем и паспортов на шахтах Донбасса позволило на практике увеличить темпы проведения отдельных штреков и ходков с 70-150 до 250-450 м/мес. и снизить стоимость их проведения на 30-90 %.

Разработаны новые инновационные решения по расширению области применения наиболее эффективной анкерной сталеполимерной крепи в более сложных горно-геологические условиях по сравнению с допустимой областью ее применения согласно «Инструкции по расчету и применению анкерной крепи на угольных шахтах», разработанной ВНИМИ и утвержденной в 2000 г. Обоснованы научными и экспериментальными исследованиями, изготовлены и испытаны в стеновых и шахтных условиях высокопрочные анкеры с расчетной несущей способностью 270 и 370 кН, а также высокопрочные подхваты, затяжки и подхват-затяжки, обеспечивающие эффективное использование анкерной крепи при применении буровзрывных работ и на глубинах до 1200 м.

Практическое применение разработанных рекомендаций позволило обеспечить эффективное применение анкерной сталеполимерной крепи для крепления выработок и их сопряжений с пролетом до 12 м и на глубинах до 1200 м (вместо 6-8 м по Инструкции). Анкерную крепь стало возможным использовать в зонах повышенного горного давления и при отношении расчетной прочности пород к глубине заложения выработок до 60 (до 25 по Инструкции), а также при поддержании подготовительных выработок на неудароопасных пластах с размерами угольных целиков от 3 до 15 м (запрещено Инструкцией).

ОАО «ШахтНИУИ» разработаны и широко проверены на практике жесткие охранные конструкции и крепи усиления в виде тумб из деревянно-бетонных блоков (БДБ) диаметром 630 и 800 мм. Они имеют несущую способность свыше 6000 кН и ограниченную податливость (150-200 мм при высоте до 3,5 м). Тумбы, выкладываемые в один-два ряда на берме лавы или непосредственно в охраняемой выработке, позволили эффективно поддерживать повторно используемые выработки при глубинах разработки до 1200 м даже при наличии неустойчивой непосредственной и весьма трудно-обрушающейся основной кровли.

В качестве примера получения большого экономического эффекта от применения инноваций и научно-методического сопровождения проектных решений можно указать на шахту «Садкинская», которая до 2004 г. входила в состав бывшего ОАО «Ростовуголь».

Из-за неправильного выбора техники и технологии очистной и подготовительной выемки, которые не отвечали горно-геологическим условиям и не могли обеспечить высокие темпы подвигания очистных и подготовительных забоев, производственная мощность шахты с 1989 по 2003 г. не превышала 200-250 тыс.т. Во все периоды своей работы шахта «Садкинская» была убыточной, и в 2003 г. она была объявлена банкротом.

Новым владельцем шахты было поручено ОАО «ШахтНИУИ» и проектной организации ООО «Геос» разработать проект реконструкции шахты с применением технически и экономически обоснованных инновационных решений, обеспечивающих увеличение проектной мощности шахты «Садкинская» до 2 млн т при работе одного очистного забоя и повышение производительности труда рабочих в 6-7 раз.

Детальными расчетами были обоснованы требования к очистной и подготовитель-

ной технике. Единственный очистной забой был оснащен комплексом 3МКД 90Т с крепью 3КД90Т, конвейером СП 230 и комбайном УКД 500 с мощностью приводов 750 кВт. Данный комплекс отвечает горно-геологическим условиям, а его стоимость в 2-3 раза ниже, чем стоимость механизированных комплексов ведущих зарубежных фирм. Внедрение механизированного комплекса позволило увеличить среднесуточную нагрузку на лаву до 5600 т, а максимальную суточную нагрузку до 11000 т. Данный комплекс в период с 2005 по 2011 г. обеспечил отработку семи выемочных полей с общим объемом запасов более 11 млн т.

В подготовительных забоях вместо буровзрывного способа проходки было рекомендовано использовать комбайновый способ проведения с применением комбайнов легкого и среднего класса типа ГПКС, КПД и др. Вместо крепления выработок рамной металлической крепью было предложено использовать сталеполимерную анкерную крепь типа АСГ1 и А20В. Для исключения подрывки крепких пород кровли и почвы на высоту 1,4-1,5 м при анкерном креплении высота подготовительных выработок была уменьшена с 3,6 до 2,0-2,2 м, а их ширина была увеличена до 5,2-5,5 м.

Применение указанных рекомендаций, позволило поднять средние темпы проведения подготовительных выработок на шахте «Садкинская» в среднем в 2,5-3 раза.

В связи с большим требуемым объемом проведения капитальных и подготовительных выработок шахте было предложено отказаться от проведения спаренных ходков с оставлением между ними угольных целиков шириной 20 м и сохранять выемочные ходки для повторного использования при бесцеликовом способе их охраны тумбами БДБ. Это позволило уменьшить объем проведения выработок на выемочном участке в 1,8-1,9 раза. Фактический экономический эффект от повторного использования ходков при охране их тумбами БДБ составил более 200 млн руб.

В 2005 г. производственная мощность шахты «Садкинская» составила 650 тыс. т, в 2006 г. 1,1 млн т, в 2007 г.1,5 млн т и в 2008 г. 2 млн т. Производительность труда рабочих по шахте увеличилась в 6-7 раз. Из убыточной шахта «Садкинская» стала весьма прибыльной (с нормой рентабельности до уплаты налогов 250-300 %). Экономический эффект от использования технически и экономически обоснованных инноваций на шахте «Садкинская» позволил в самые короткие сроки окупить понесенные собственниками затраты на ее реконструкцию и получить значительную прибыль.

Аналогичные результаты были достигнуты при внедрении инновационных решений на вступившей в строй в 2007 г. шахте «Шерловская-Наклонная» с производственной мощностью 650 тыс. т в год. В первый год своей работы шахта добыла всего 307 тыс. т горной массы и ее эксплуатация принесла собственникам убытки. Проведенными исследованиями было установлено, что основная проблема шахты заключается в низких темпах проведения выработок буровзрывным способом по пласту мощностью 1,0-1,3 м с присечкой крепких пород прочностью 80-130 МПа. При креплении выработок металлической арочной крепью и ведении взрывных работ часто происходили выбивка рам и затяжки, а также обрушения слоистых и нарушенных пород кровли, что значительно снижало темпы проведения выработок (до 30-60 м в месяц).

Охрана повторно используемых штреков осуществлялась в начальный период работы шахты деревянными кустами и бутокострами, а также тумбами БДБ, имеющими излишнюю податливость. Данные охранные конструкции обусловливали большие смещения пород кровли в штреках. Это приводило к частым завалам штреков в зоне влияния очистных работ и длительным простоям лав из-за перекрепления штреков перед их повторным использованием.

Сотрудники ШахтНИУИ рекомендовали отказаться в выработках шахты «Шерловская-Наклонная» от применения рамной металлической крепи и перейти к применению высокопрочной анкерной крепи типа АСГ 1 или А 22В с длиной анкеров 2,4 м и расчетным сопротивлением 200-240 кН на 1 м^2 кровли. При применении анкерной кре-

пи с рекомендуемыми параметрами и деревянных стоек крепи усиления завалы выработок полностью прекратились даже при отсутствии рамной крепи.

Для повышения темпов проведения выработок было рекомендовано вместо пневматических перфораторов осуществлять бурение шпуров электрическими бурильными установками типа УБШ 313А с алмазными коронками типа РШ 140. Для уборки породы в наклонных выработках вместо скреперов стали применять породопогрузочные машины типа 1 ПНБ-2У, а в штреках 2 ПНБ-2. Для улучшения транспорта горной массы из подготовительных забоев используют ленточные перегружатели длиной 72 м и шириной 800 мм. Все это позволило увеличить средние темпы проведения выработок в 1,8-2 раза, а максимальные довести до 250 м в месяц, что обеспечило своевременное воспроизводство фронта очистных работ при увеличении скорости подвигания лавы в 2,5 раза.

Применение анкерной крепи и тумб БДБ для охраны штреков позволило обеспечить безремонтное поддержание штреков и получить фактический экономический эффект в размере 21 млн руб. на 1 км длины штрека.

Внедрение указанных выше инноваций на шахте «Шерловская-Наклонная» позволило увеличить производственную мощность шахты с 307 тыс. т в 2007 г. до 864 тыс. т в 2011 г., снизить стоимость проведения и поддержания выработок более чем на 100 млн руб. Норма рентабельности до уплаты налогов в 2010 и 2011 г. составила 200-230 %.

Таким образом, практика подтверждает, что при наличии быстрого и постоянного внедрения крупных и даже мелких инноваций можно в короткие сроки в несколько раз увеличить нагрузку на очистные забои и темпы подвигания выработок и тем самым обеспечить длительную конкурентоспособность угольных шахт России в сложных горно-геологических условиях.

Однако внедрение крупных инноваций требует довольно больших капитальных вложений, которые далеко не сразу окупаются, принося прибыли собственникам и инвесторам. Существующие высокие процентные ставки по кредитам существенно затрудняют внедрение наиболее эффективных, но и наиболее рисковых прорывных инноваций, резко повышающих эффективность производства.

В этих условиях важно с детальным обоснованием убедить менеджеров, а затем собственников и заемщиков капитала, что предлагаемые инновации не только дадут технический эффект, но и окупятся в приемлемые сроки. Практика показала, что внедрению инноваций на угольных шахтах России существенно мешает отсутствие реальной материальной заинтересованности рабочих и менеджеров в использовании инноваций. Как правило, удается разработать и внедрить инновации только на тех шахтах, где они постоянно поддерживаются самими собственниками и менеджментом шахт, и только в том случае, если они находят пути морального и материального поощрения бригад и участков, внедряющих инновации.