

УДК 622.232.8+622.285.061

А.А. ШРАЙБЕР, *д-р техн. наук*, **В.Б. РЕДЬКИН**, *канд. техн. наук (Институт общей энергетики НАН Украины, Киев)*

СОВРЕМЕННЫЕ И ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДОБЫЧИ УГЛЯ

Представлен обзор современных и перспективных технологий добычи угля, кратко рассмотрены особенности угледобычи в Украине, приведены характеристики нового горнотехнического оборудования.

Уголь – единственный вид органического топлива, запасов которого в недрах Украины достаточно для удовлетворения потребностей всех секторов экономики в течение нескольких столетий. Вместе с тем украинские месторождения характеризуются чрезвычайно сложными геологическими условиями эксплуатации, а большинство угледобывающих предприятий – незначительной производственной мощностью и довольно низким уровнем технического обеспечения. Добыча каменного угля ведется подземным способом, и лишь небольшой объем бурого угля (~500 тыс. т/год) добывается в трех разрезах (для сравнения: в России открытым способом извлекается примерно две трети всей добычи угля) [1].

Основная часть промышленных запасов каменного угля в Украине сосредоточена в пластах мощностью до 1,2 м, которые во многих странах не разрабатываются. Большинство пластов отличается сильной газоносностью и опасно ввиду взрывчатости угольной пыли, а свыше трети – склонно к внезапным выбросам угля и газа и к самовозгоранию. Средняя глубина разработки составляет более 700 м, а каждая шестая шахта ведет горные работы на глубине от 1000 до 1400 м.

Если по объемам добычи угля (80,3 млн. т в 2006 г.) Украина входит в десятку ведущих стран мира, то по экономическим показателям значительно отстает от многих из них. Например, месячная производительность труда рабочего очистного забоя в Украине (27,4 т) почти в пять раз ниже, чем в России (132,9 т), и в десятки раз – чем в США, Канаде, Австралии и Южно-Африканской Республике [1]. Это обусловлено несколькими причинами: сложными горно-геологическими условиями, что не позволяет эффективно использовать современную высоко-производительную технику, старением шахтного фонда и ухудшением состояния горного хозяйства.

Возможны два способа разработки месторождений: открытый и подземный. В первом случае все производственные процессы, необходимые для извлечения полезного ископаемого из

недр, совершаются на поверхности. При этом применяются три основных способа выемки: механический, гидравлический и комбинированный. При механической выемке в зависимости от способа перемещения вскрышных пород различают три класса систем открытой разработки: бестранспортные, транспортные и комбинированные. Транспортные системы разработки являются более сложными, чем бестранспортные, и менее экономичными. Однако их важное достоинство состоит в возможности применения в произвольных условиях залегания полезных ископаемых. Именно поэтому они получили широкое распространение.

При подземной разработке угольных месторождений выбор способа выемки зависит от свойств пласта и вмещающих пород, а также от требований, предъявляемых к качеству угля. Применяются следующие способы выемки: ручной, буровзрывной, механический, гидравлический, геотехнологический, – а также комбинированные способы: механогидравлический, взрывогидравлический и механовзрывной.

При буровзрывном способе для осуществления основного процесса – отбойки некоторой части горной породы от ее тела используются взрывчатые вещества (ВВ). Вначале бурят специальные (опережающие забой) выработки – шпуры. Для разрушения горной породы применяют механический, гидравлический, динамический, электрический, электрогидравлический и термический способы бурения. Последние три способа используются для магматических и скальных пород, а для песчаников, глинистых и песчаных сланцев, известняков и других осадочных пород небольшой крепости – механические способы бурения. На угольных шахтах применяют аммониты (аммиачно-селитренные ВВ), динамиты (нитроглицериновые) и победиты (смесь аммиачно-селитренных ВВ с нитроглицериновыми). Наиболее распространено электрическое взрывание заряда. При этом патроны помещают в полиэтиленовую оболочку, наполненную водой, которая гасит пламя при взрыве и одновременно подавляет пыль. Глухую выработку, загазо-

ванную продуктами взрыва, интенсивно проводят с помощью вентиляторов [2].

Наиболее распространен механический способ выемки, когда пласт угля разрушается с помощью комбайнов, стругов, скреперостругов, конвейеростругов, бурошнековых или врубовых машин и т.д. При механической выемке угля системы разработки месторождений классифицируют по нескольким признакам:

- по разделению пласта на слои: системы с разделением и без него;

- по длине очистного забоя: системы с длинными (лавы) и короткими (камеры) забоями;

- по направлению перемещения очистного забоя в выемочном поле по отношению к залеганию пласта: системы с подвиганием забоя по простиранию, падению, восстанию пласта и в диагональном направлении;

- по способу поддержания выработанного пространства в период выемки: системы с естественным и искусственным поддержанием выработанного пространства и системы с обрушением угля и вмещающих пород;

- в зависимости от порядка проведения подготовительных выработок в выемочном поле по отношению к очистному забою: сплошные, столбовые и комбинированные системы разработки.

Подготовку выработки производят с помощью буровзрывных работ или проходческими комбайнами [3, 4]. При этом используют проходческие комбайны легкого и тяжелого типов [4–6].

Использование комбайнов легкого типа предусматривает проведение подготовительных выработок сечением до 22 м² с разрушением горных пород прочностью до 6 ед. по шкале М.М. Протодяконова с преодолением участков прочностью до 8 ед. К указанному типу проходческих комбайнов относятся комбайны П-110, 1ГПКС, 1ГПКС-04, КП-25, ГПК-8, КСП-22.

Комбайны тяжелого типа (П-220, КСП-32, КСП-33, УПП-2, УПП-2М) позволяют проводить выработки сечением до 30 м² и выше с разрушением пород прочностью свыше 6 ед. по шкале М.М. Протодяконова с преодолением участков прочностью до 10–12 ед. Комбайны КСП-32, П-110 и П-220 соответствуют мировому уровню и позволяют резко повысить темпы проведения выработок [7]. По своим параметрам и техническим характеристикам комбайн П-110 конкурентоспособен, а по компоновочным решениям – превышает иностранные аналоги КН-22 и МК-2В (Великобритания), АМ-65 (Австрия), ЕТ-10 (Германия), которые используются в различных

угледобывающих странах. Среди новейших базовых моделей можно выделить комбайны легкого класса – КПД, тяжелого класса – КПУ и комплекс КПА для выработок с анкерным креплением [5].

Основным направлением комплексной механизации очистных работ является внедрение механизированных комплексов (КМ87, КМ88, КМ103, КМС98, КМД80, КМД90) и расширение области их применения. В комплект оборудования комплекса входят узкозахватный комбайн, изгибающийся скребковый конвейер, гидродомкраты передвижения конвейера и индивидуальная металлическая крепь. Эффективная работа комплексов (особенно нового технического уровня) обеспечивается при нагрузке на забой 1000 т/сут. на пластах мощностью 1 м, 1500–2000 т/сут. – мощностью 1,5 м, 2000–3000 т/сут. – мощностью 2 м. Впрочем, меньше половины из введенных в эксплуатацию механизированных комплексов достигли указанных нагрузок, поскольку высокопроизводительная техника использовалась на неподготовленных к этому шахтах, где не были своевременно ликвидированы "узкие" места в технологических звеньях, особенно в работе транспорта и стационарного оборудования. Комплексы нового технического уровня дороже старых, однако они имеют значительно меньшие эксплуатационные расходы и большинство из них эксплуатируется в двух–трех забоях без подъема на поверхность для капремонта [3, 8].

В последние годы разработаны и освоены промышленностью более современные комплексы МКДД, МДМ, МДТ (предназначенные для угольных пластов мощностью 0,8–2,5 м и с углом падения до 35°) с расчетным ресурсом 15–40 тыс. часов (втрое больше, чем у предыдущих аналогов) и сроком службы без капитального ремонта не менее 8 лет при общем сроке эксплуатации до 15 лет. Очистной комбайновый комплекс МДМА предназначен для отработки пологих и наклонных пластов мощностью 0,85–1,5 м с боковыми породами до неустойчивых включительно. Некоторые типы комплексов имеют до 30 вариантов комплектации [7, 9].

В последнее время в Украине был разработан новый очистной комбайн УКД300 с повышенной в два–три раза надежностью приводов исполнительных органов, двумя механизмами бесцепной системы подачи, частотно-регулируемым электроприводом и современными системами управления, диагностики и контроля. Комбайн может работать на пластах с углом падения до

35°С при подвигании забоя по простиранию и до 10°С при подвигании по падению или восстанию [9]. Технические характеристики комбайна УКД300 в сравнении с традиционными конструкциями и двумя комбайнами производства Германии приведены в табл. 1.

Многолетний отечественный и зарубежный опыт показывает [9], что одним из наиболее эффективных способов обработки тонких пластов является струговая выемка, состоящая в отделении угля от массива путем его скола (снятия стружки). Эта технология имеет следующие преимущества перед комбайновой выемкой:

- существенное снижение зольности за счет устранения присечки вмещающих пород улучшает качество добываемого угля, повышает выход крупно-средних сортов и увеличивает срок службы очистного оборудования;
- достигаются более высокие нагрузки на очистные забои (до 15–20 тыс. т/сут. на пластах мощностью 1–1,5 м);
- разрушение угля стругом в отжатой зоне и с малой глубиной захвата обеспечивает минимальную энергоёмкость процесса;

- повышается безопасность обработки выбросоопасных пластов, так как пласт при узком захвате (до 0,1 м) успевает дегазироваться за время "пробега" струга вдоль забоя;

- пылеобразование в несколько раз меньше, чем при комбайновой выемке;

- снижаются затраты на концевые и вспомогательные операции;

- конструкция, принцип работы и компоновка позволяют работать без постоянного присутствия людей в забое.

Технические характеристики некоторых струговых и скрепероструговых установок приведены в табл. 2 на стр. 10 [10].

Наибольший экономический эффект от внедрения струговой технологии благодаря улучшению сортности могут иметь шахты, добывающие антрациты. В то же время струговая технология выемки не рекомендуется к применению при наличии ложной или несамобрушающейся кровли, крепкого угля или крепких прослоев в зоне работы струга, а также при обработке пластов с высокой степенью выбросоопасности.

Таблица 1. Технические характеристики узкозахватных угольных комбайнов

Параметры	Марка комбайна						
	УКД300	К103М	1К101У	1К101УД	КЛ80	EDW-170LN	EDW-300LN
Производительность, т/мин	4,0–10,0	2,0–3,2	до 2,6	2,7–4,5	2,2–3,3		
Применимость по мощности пласта, м	0,85–1,3	0,70–1,40	0,95–1,30	0,95–1,30	0,85–1,20	0,90–1,20	1,10–1,70
Суммарная мощность привода, кВт, в т.ч. – привода исполнительного органа	360	290	110	290	290	170	335
	2×150	2×90	110	180	180	170	300
Диаметр исполнительного органа, мм	800; 900; 1000	710; 800	800	800	950	750; 1050	1000
Номинальная ширина захвата, м	0,7	0,8	0,63; 0,8	0,8	0,8	0,75	0,8
Максимальная скорость подачи, м/мин	13	5	4,4	5	5	4,8/2,4	5,4/8,6
Максимальное тяговое усилие подачи, кН	300	200	200	200	200	192/384	280/180
Длина по осям исполнительных органов, м	6,7; 7,3	4,66		5,4	5,9		
Высота корпуса в зоне крепи, мм	620–720	420–636	740	740	520	605–800	740
Масса, т	18,5	17,5	11	18,5	17,5	24	24

Поэтому область применения струговой выемки составляет не более 20% от общего числа пластов мощностью до 1,6 м. В последнее время промышленностью освоен очистной струговой комплекс МДМС, разработанный Донгипроуглемаш'ем, для механизированной выемки угля в пластах мощностью 0,85–1,35 м при длине лавы до 300 м.

Исследования и проработки, выполненные в “ШахтНИУИ”, показали возможность разработки стругово-комбайновой технологии [11], позволяющей повысить эффективность выемки угольных пластов мощностью 0,9–1,6 м со сложными горно-геологическими условиями. Суть данной технологии состоит в том, что выемка в очистном забое ведется двумя выемочными машинами: 20–30% мощности пласта вынимается щеленарезным комбайном, а большая часть угольного пласта – струговой установкой. Модернизированная струговая установка с мощностью приводов струга и конвейера по 500–800 кВт

имеет направляющие, по которым передвигается щеленарезной комбайн. Он оборудован одним исполнительным органом с вертикальной осью вращения, служащим для выемки щели глубиной 0,7–0,9 м. Высота щели, нарезанной комбайном, может ступенчато изменяться от 0,2 до 0,5 м. Исполнительный орган струговой установки производительностью до 5,5 м²/мин имеет возможность проходить под исполнительным органом щелевого комбайна. Выемка угля стружками постоянной толщины 5–6 см значительно повышает сортность добываемого угля.

В Центральном Донбассе основным средством комплексной механизации угледобычи на крутых пластах, особенно выбросоопасных, на протяжении последних лет являются щитовые агрегаты, которые отрабатывают широкий пласт по падению [9, 12, 13]. В настоящее время налажено серийное производство щитовых агрегатов 1АНЦ и 2АНЦ. Использование щитовых агрегатов позволяет механизировать добы-

Таблица 2. Технические характеристики струговых и скрепероструговых установок

Параметры	Новые струговые и скрепероструговые установки				Серийные струговые и скрепероструговые установки			
	УСТ26	УСМЗ	УСТ30	УВТ	УСТ2М	СО75	УСТ4	УСЗ
Завод-изготовитель	Краснолучский машзавод	Луганск-тепловоз	Краснолучский машзавод	Луганск-угле-ремонт	Харьковский завод «Свет шахтера»	Шахтинский маш-завод	Горловский машзавод	Горловский машзавод
Мощность пласта, м	0,55–1	0,55–1,2	0,55–1,2	0,4–0,8	0,55–1	0,6–1,2	0,55–1,2	0,4–0,8
Угол падения пласта, град.	до 25	до 25	до 25	0–90	до 25	до 25	до 25	0–90
Сопrotивляемость угля резанию, кН/м	до 250	до 300	до 250	230	до 200	до 200	до 250	200
Мощность привода, кВт:								
– струга	2×110	2×160	2×160	1×160	4×55	2×110	2×110	1×160
– конвейера	2×110	2×110	2×160		4×55	2×110	2×110	
Скорость движения цепей, м/с:								
– струга	0,58; 1,16	0,62; 1,55	0,58; 1,16	1,75	0,65; 1,48	0,71; 1,73	0,58; 1,3	1,62
– конвейера	0,4; 1,03	1,0	0,4; 1,03		0,54; 1,07	0,56; 1,38	0,54; 1,07	
Калибр:								
– струга	26×92	30×108	30×108	26×72	24×86	26×92	26×92	26×92
– конвейера	18×64	24×86	24×86		18×64	18×64	24×86	
Тип цепи	разнесенная	сдвоенная	разнесенная		разнесенная	разнесенная	сдвоенная	
Ресурс до кап. ремонта, тыс. т	500	650	800	200	200	250	600	150
Среднесуточная производительность, т	480	650	750	150	320	550	650	120

чу угля, крепление и управление горным давлением на крутых пластах мощностью 1,2–2,2 м, в три-четыре раза сократить расходы лесоматериалов, повысить безопасность работ и улучшить технико-экономические показатели добывающих участков [14].

Для почвоуступной выемки угля узкими полосами по падению пласта был создан щитовой агрегат АЩУ для пластов мощностью 0,75–1,3 м с углами залегания 36–85°, включая выбросоопасные, при сопротивляемости резанию до 300 кН/м. Технологическая схема выемки угля с помощью АЩУ предусматривает поддержание выработанного пространства индивидуальным креплением сзади агрегата по падению пласта с отставанием не более 2 м. Агрегат АЩУ предусматривает два выполнения: с пневмоприводом (мощностью 45 кВт) и электроприводом (мощностью 90 кВт), а также два типоразмера: для пластов мощностью 0,75–1,3 и 1,2–1,8 м. Использование агрегата АЩУ может обеспечить повышение производительности труда при добыче угля на крутых пластах в 1,5–2 раза по сравнению с производительностью в действующих механизированных забоях, снижение трудоемкости работ при выемке угля, крепление выработанного пространства, монтаже и ремонте агрегата в 1,8–2,3 раза [15].

Перспективным является использование многоструевой установки МСУ на пластах мощностью 0,4–0,9 м с углами залегания 40–90°, которая успешно прошла промышленную эксплуатацию на шахте им. Карла Маркса ПО «Орджоникидзеуголь» [16].

Некоторые специалисты [17, 18] считают неперспективным создание и использование комплексов оборудования с механизированным креплением и управлением кровлей полным обрушением и комплексов безлюдной выемки с постепенным опусканием кровли. Они не соответствуют условиям разработки крутых пластов и не обеспечивают решение задачи комплексной механизации очистных забоев.

На данном этапе и в ближайшей перспективе как основной способ управления горным давлением рекомендуется полная закладка выработанного пространства в пневматическом варианте, что позволит создать нормальные безопасные условия для работы высокопроизводительного оборудования в очистных забоях и подготовительных выработках [13].

Гидравлический способ добычи угля успешно применялся на шахтах Донбасса и Кузбасса в 60–80-х годах прошлого века. Гидравлическая

технология используется в следующем диапазоне горно-геологических условий: мощность пластов – от 0,9 до 20 м; угол падения – от 5 до 80°; крепость угля – от весьма крепких и вязких до весьма слабых; газообильность шахт – от негазовых до сверхкатегорных и опасных ввиду внезапных выбросов угля и газа; глубина разработки – до 800 м [19, 20].

Оригинальный вариант гидротехнологии основан на использовании тонких струй воды высокого давления и предназначен для отработки тонких и весьма тонких пластов, а также запасов, оставляемых в недрах при закрытии шахт [19, 20]. Струи служат инструментом для разрушения угля, а впоследствии вода используется как транспортная среда для перемещения сыпучей массы из забоев к месту обезвоживания.

Технология, построенная на применении малорасходных струй, существенно отличается от традиционной гидродобычи. Диаметр тонких струй обычно составляет 0,25–5 мм. Исследования показали, что эффективное резание и разрушение угля достигается при давлении воды 20–30 МПа, для создания которого существует нагнетательное оборудование – агрегат АГБ. При необходимости ускоренной отработки целиков и повышения объема добычи можно применять два и более агрегата АГБ: один – для предварительного проведения скважин; другой – для гидравлической выемки. Существенно, что использование водяной струи как разрушающего массив инструмента может служить основой для создания новых технологий безлюдной выемки.

К числу преимуществ гидротехнологии очистных работ относятся:

- быстрая адаптация очистной выемки к изменению горно-геологических условий залегания пласта (по углу падения – от 5 до 85°, по мощности – утонение до 0,35 м);
- дистанционное управление установками (до 100–200 м);
- совпадение во времени и пространстве процессов разрушения угля в забое и его самоотечного (в виде гидросмеси) транспортирования по почве пласта (или по желобам) с отработанной водой;
- существенное повышение безопасности работ по сравнению с механическим способом выемки (особенно при применении тонких струй высокого давления). В этом случае происходит тонкодисперсное увлажнение воздуха в забое, выделяющийся метан более равномерно распределяется по сечению выработки (предотвращается его скопление под кровлей), а угольная

пыль увлажняется. Наблюдается также эффект опережающей дегазации за счет высокой растворимости метана во влажном воздухе (в 4–6 раз больше, чем в воде), что приводит к устранению причин шахтных катастроф от взрывов пылеметановоздушной смеси.

Вместе с тем способ имеет и недостатки: большие потери угля, сильное его измельчение, во многих случаях необходимость предварительного рыхления пласта и др.

Возможности и перспективы использования техники и технологии добычи угля на больших глубинах, применяемые в настоящее время, нуждаются в глубоком анализе и переосмыслении с целью существенного изменения ситуации в отрасли. Одним из возможных альтернативных решений может быть переход на более эффективные нетрадиционные геотехнологические способы отработки угольных месторождений (подземная газификация, гидрогенизация, пластификация, гидродобыча с помощью скважин) с земной поверхности или из действующих горизонтов глубоких шахт.

Геотехнологические (бесшахтные) способы добычи основаны на переводе полезного ископаемого в подвижное состояние посредством осуществления на месте его залегания тепловых, массообменных, химических или гидродинамических процессов. В настоящее время применяются три вида геотехнологических способов добычи угля: подземная газификация; прямое получение электроэнергии из химической энергии угля в недрах; перевод угля в недрах в подвижное состояние и извлечение его на поверхность через скважины.

Подземная газификация угля в естественном залегании представляет собой термохимический процесс превращения угля в горючий газ, пригодный для энергетических или технологических целей. Эта технология может стать одним из наиболее действенных и экологически чистых способов добычи [21], однако она имеет и серьезные недостатки: высокие потери энергии в недрах (более 30% тепла расходуется на разогрев пород); низкая теплота сгорания получаемого газа (3–5 МДж/м³ на воздушном дутье); трудности управления процессом горения и, как следствие, нестабильные характеристики извлекаемого газа.

В последнее время ОАО «Промгаз» (Россия) разработаны новые технологические приемы и технические решения, позволяющие:

– повысить степень выгазовывания пласта до 90–95% и снизить утечки газа из подземного газификатора до 5%;

– отрабатывать оставленные запасы закрывающих шахт методом нагнетательно-отсосной технологии;

– уменьшить количество требуемых скважин и снизить расходы на бурение;

– получать заменитель природного газа по себестоимости ~50 долл. США/тыс. нм³.

Недостатки способа подземной газификации диктуют необходимость разработки альтернативной технологии подземной термохимической переработки угля. Подобная технология была разработана в 2004–2006 гг. Донбасским государственным техническим университетом [22, 23]. Ее основным моментом является управление процессами горения и теплообмена при переработке угля на месте залегания.

Участок пласта оконтуривают выработками, формируя заданные размеры энергетического блока (ЭБ). Из этих выработок в почву пласта пробуривают скважины, в которых размещают стальные трубы, связанные с входной и выходной магистралями. С поверхности к ЭБ бурят воздухоподающую и газоотводящую скважины, сопряженные с каналами в пласте. В подземной камере располагаются электрогенерирующие агрегаты. Тепло, выделяющееся при горении (газификации) угля в ЭБ, расходуется на нагрев воды в стальных трубах, которая и обеспечивает работу электрогенерирующих агрегатов (например, модульных геотермальных агрегатов «Туман-2», работающих на воде с температурой ~200°С).

Расчеты показывают, что при размерах ЭБ 300×100 м и мощности пласта 0,8 м дополнительно к продуктам газификации можно получить до 30 млн. кВт·ч электроэнергии. Существенным достоинством этой технологии является также повышение теплотворной способности горючего газа, т.к. в замкнутом блоке возможно эффективное регулирование параметров процесса газификации (температуры, давления, скорости подачи дутья и т. д.) [23].

Еще один перспективный геотехнологический способ выемки – это скважинная гидродобыча угля, т.е. превращение угля на месте залегания в гидросмесь и ее откачка на поверхность. Гидросмесь можно откачивать эрлифтом, гидроэлеватором, погрузным насосом и т.д.

1. Амоша А.И., Кабанов А.И., Стариченко Л.Л. Особенности и ориентиры развития угледобычи в Украине. Некоторые параллели с российским опытом // Уголь Украины. – 2005. – № 10. – С. 3–10.
2. Сорокин В.Т. Технология и безопасность взрывных работ. – М.: Недра, 2003. – 130 с.
3. Ляшенко О.Ф., Макаров В.М. Досвід перспективи використання техніки нового технічного рівня на вугільних шахтах України // Проблеми загальної енергетики. – 2003. – № 9. – С. 16–21.
4. Звягильский Е.Л., Грязнов В.С., Ефремов И.А. и др. Миллион тонн угля комплексом ЗКД-90 при отработке выбросоопасного пласта на большой глубине // Уголь Украины. – 2002. – № 1. – С. 12–16.
5. Макаров В.М. Проблеми ведення підготовчих робіт на вугільних шахтах України та напрямки їх вирішення // Проблеми загальної енергетики. – 2004. – № 10. – С. 57–62.
6. Мазин В.А. Анализ состояния и тенденций развития комбайновой проходки выработок // Уголь Украины. – 2003. – № 9. – С. 29–32.
7. Лаптев А.Г. Интенсификация и концентрация производства – ключ к повышению объемов добычи угля // Уголь. – 2002. – № 2. – С. 33–37.
8. Ляшенко О.Ф., Макаров В.М. Резерви підвищення ефективності роботи вугільних шахт України за рахунок технологічного оновлення виробництва // Проблеми загальної енергетики. – 2005. – № 12. – С. 23–27.
9. Косарев В.В., Стадник Н.И., Косарев И.В. и др. Новое горно-шахтное оборудование для технического перевооружения угольных шахт // Уголь Украины. – 2007. – № 2. – С. 3–11.
10. Артёмьев В.Б. Перспективы струговой выемки угля // Уголь. – 2004. – № 3. – С. 9.
11. Луганцев Б.Б., Беликов В.В. Стругово-комбайновая выемка угля // Уголь. – 2005. – № 1. – С. 3–4.
12. Пономаренко В.В. Проблемы отработки тонких пологих, наклонных и крутых пластов // Уголь Украины. – 2006. – № 1. – С. 23–25.
13. Макаров В.М. Анализ стану механізованої в дробку крутих крутонахилих пластів на шахтах України // Проблеми загальної енергетики. – 2004. – № 11. – С. 73–76.
14. Андреев Г.В., Косарев И.В., Лелека И.Т. Создание оборудования для отработки крутых и крутонаклонных пластов // Уголь Украины. – 2003. – № 9. – С. 16–19.
15. Алишев А.И., Коломиченко В.А., Литвинов Ю.Г. и др. Опыт отработки крутых пластов щитовыми агрегатами // Уголь Украины. – 1998. – № 3. – С. 9–11.
16. Пивень Ю.А. Горная техника для крутых и крутонаклонных пластов // Уголь Украины. – 2004. – № 11. – С. 3–6.
17. Жуков В.Е. Об одной стратегической ошибке в разрешении проблемы разработки крутых пластов // Уголь Украины. – 2001. – № 7. – С. 6–10.
18. Тищенко В.А. Совершенствование технологии добычи угля на большой глубине // Уголь Украины. – 2001. – № 1. – С. 11–13.
19. Атрушевич О.А. и др. Гидротехнология – экономически выгодная технология добычи угля // Уголь. – 1999. – № 10. – С. 12–15.
20. Кузнецов А.С. и др. О применении тонких струй высокого давления для выемки угля // Уголь Украины. – 2005. – № 7. – С. 3–5.
21. Крейнин Е.В. Еще раз о реанимации подземной газификации угля в России // Уголь. – 2006. – № 7. – С. 58–59.
22. Литвинский Г.Г. Шахта XXI века // Уголь. – 2006. – № 1. – С. 44–46.
23. Булат А.Ф., Чемерис И.Ф. Перспективы создания энергетических комплексов на базе угледобывающих предприятий // Уголь. – 2006. – № 2. – С. 3–6.