

УДК 622.33:622.232.75 (100)

*Р. С. КАРЕНОВ, А. С. КУЗЕМБАЕВ*

## ЭКОНОМИКА СТРУГОВОЙ ВЫЕМКИ УГЛЯ ЗА РУБЕЖОМ И В КАЗАХСТАНЕ

Освещены вопросы экономики и технологии струговой выемки угля в различных странах мира. Приведены технико-экономические показатели струговой выемки угля. Обобщен опыт эксплуатации струговой установки на шахте «Казахстанская» угольного департамента АО «Миттал Стил Темиртау».

Одним из прогрессивных направлений развития технологии добычи угля в длинных очистных забоях является струговая выемка. Струговые установки позволяют механизировать выемку тех пластов, где применение узкозахватных комбайнов неэффективно, повысить технику безопасности и производительность очистных забоев. Высокая производительность струговых установок, значительная степень их автоматизации, удобство и простота обслуживания создают реальные предпосылки для перехода к выемке без постоянного присутствия людей в забое при высоких технико-экономических показателях.

Наиболее благоприятными для струговой выемки являются пласты угля сопротивляемостью резанию не более 200–300 кН/м с ясно выраженным кливажем и эффективным отжимом угля под влиянием горного давления. Необходимые условия применения струговой выемки – спокойное залегание пласта и хорошая устойчивость боковых пород. На пластах же повышенной крепости и вязкости со слабыми боковыми породами, сильными изменениями угла падения и мощности, с породными прослойками большой толщины и геологическими нарушениями достигнуть высокой нагрузки на струговую лаву не удается.

К преимуществам струговой выемки следует отнести: небольшие габариты машин и более простое их конструктивное исполнение; лучшее согласование струга с конвейером и струговой установки с механизированной крепью; минимальное удаление крепи от забоя; отсутствие движущегося вдоль забоя привода; работу в зоне наибольшего отжима при небольшой ширине захвата исполнительного органа; обеспечение более высокой сортности угля; меньшую запыленность воздуха и лучшие условия труда рабочих.

Струговые и скрепероструговые установки обеспечивают выемку пластов мощностью 0,4 м.

Недостатком струговой выемки является неудовлетворительная управляемость стругов по гипсометрии пласта.

Струговая выемка угля получила распространение в таких странах, как ФРГ, Франция, Бельгия, Чехия, ПНР, Великобритания, США и ВНР, и используется в основном на пластах средней мощности и тонких с углом падения до 45° на углях мягких и средней крепости. Однако для каждой страны характерны свои особенности и границы применения струговой выемки.

Так, в Чехии струги и скрепероструги находят применение на тонких и весьма тонких пластах (0,45–1,2 м) с устойчивым залеганием, а в последнее время расширяется применение струговой выемки на наклонных и крутых пластах Остравско-Карвинского бассейна.

Во Франции струги работают только по мягким углям на пластах мощностью 0,6–2 м. В лавах бассейна Нор и Па-де-Кале и угольного района Прованс струговая выемка ведется на пологих пластах, а в бассейне Нор и Па-де-Кале и на пластах мощностью 0,5–1,5 м с углом падения более 30°.

В ПНР струги и струговые механизированные комплексы применяют на пластах мощностью 0,7–2,5 м при угле падения пласта до 35°.

В США струги работают преимущественно на пластах мощностью 1,3–1,5 м (минимальная 0,86 м, максимальная 1,85 м).

В ФРГ струги являются основной угледобывающей машиной. Хотя первые струги и струговая технология были применены на шахтах Германии уже достаточно давно (первый струг был создан Вильгельмом Леббе в 1941 г.), из-за недостатков конструкции струговых установок,

несовершенства технологии струговой выемки, отсутствия средств автоматизации, невозможности достижения приемлемых с экономической точки зрения показателей при выемке крепких и вязких углей эта технология до последнего времени не нашла широкого применения на угольных шахтах. Быстроходные струговые установки немецкой фирмы «Вестфалия-Люнен» и созданные с использованием технических решений этой фирмы струговые установки типа УСБ нашли ограниченное применение при выемке антрацитовых углей Восточного Донбасса.

Лишь в результате систематических научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, выполненных преемницей фирмы «Вестфалия-Люнен» фирмой «ДБТ ГмбХ», открылись совершенно другие возможности для высокопроизводительной и безопасной выемки струговыми установками тонких и средней мощности пологих угольных пластов.

Принцип струговой выемки длинными ходами заключается в снятии стружки угля толщиной до 250 мм на всю мощность пласта по всей длине лавы резовым исполнительным органом-стругом, перемещаемым с помощью бесконечной струговой цепи по направляющей забойного конвейера вдоль забоя. По сравнению с выемочными комбайнами скорость движения струга значительно выше (0,59–1,91 м/с) при меньшей глубине резания. Струг движется по лаве до штрека, а затем с помощью концевых переключателей автоматически осуществляется реверс движения в противоположном направлении. Применяются двухскоростные двигатели с водяным охлаждением вала. В зоне нахождения приводов движение струга замедляется.

При распространенной ранее струговой выемке передвижка конвейера на забой осуществлялась автоматически сразу после прохода струга с помощью гидродомкратов, в цилиндры которых подавалась рабочая жидкость (водомастная эмульсия) под давлением до 5–6 МПа.

Глубина стружки предварительно устанавливалась напачвенным струговым резовым. При определенных условиях наблюдались случаи появления недозированной (изменяющейся) глубины стружки, что нарушало работу струговой установки. Так, например, при мягком угле лемех конвейера мог чрезмерно внедряться в угольный массив. Наоборот, при повышенной крепости

угля усилие передвижки конвейера недостаточно, и струг в этих местах проходит, не врезаясь в уголь. В таких случаях поддерживать прямолинейность очистного фронта затруднительно. На основе проведенных в шахте многочисленных измерений доказано, что необходимые для обычной струговой выемки оптимальные условия соблюдаются крайне редко. Полученная средняя глубина резания преимущественно ниже заданной измерительным резовым величиной, разброс толщины стружки относительно этой заданной величины очень большой. Как следствие, на практике наблюдались большие холостые проходы струга, блокировки струга, а также другие простои, вызванные перегрузкой конвейера. Потери машинного времени струга достигали 50 %. В этих условиях при струговой выемке угля на шахтах ФРГ до недавнего времени обеспечивалась средняя суточная нагрузка на лаву не более 1130 т.

Поэтому основной задачей струговой техники является добыча угля с точно заданной толщиной стружки. Но для этого необходимо большее усилие передвижки, чем при обычной выемке стругом, и техника должна обеспечивать четкое ограничение пути передвижки конвейера. Только это позволяет, во-первых, сохранить постоянную загрузку конвейера горной массой и, во-вторых, предотвратить недозированную передвижку конвейера, блокировку струга из-за излишне большой толщины стружки. Фирмой «ДБТ ГмбХ» предложена система дозированной струговой выемки, которая отвечает всем этим условиям и позволяет полностью автоматизировать работу в лаве. Для этого в цилиндры передвижки интегрированы бесконтактные, износостойкие электронные датчики пути (система стержней измерения). Прибор электрогидравлического управления РМС работой щитовой крепи (который обычно предназначен для осуществления всех функций крепи) позволяет посредством высокого давления (до 12–15 МПа), входящего через электромагнитный клапан, выдвинуться цилиндрам передвижки после прохождения струга на дозированную, регулируемую величину пути. После достижения полной выдвигки цилиндра передвижки (ход также параметрируется) секция крепи автоматически завершает всю процедуру передвижки (контроль давления при посадке на соседних секциях осуществляется посредством датчика давления). При выемке пласта стругом

секции крепи расстанавливаются по группам в виде зубцов пилы, чтобы ограничить число одновременно передвигающихся секций (иначе могут возникнуть узкие места в системе гидропитания). Приводы конвейера и струга также автоматически передвигаются на заданную величину стружки. На расположенной у диспетчера или в транспортном штреке под землей центральной вычислительной машине может быть визуализирована вся струговая лава, и отсюда может производиться дистанционное управление. Появляющиеся ошибки самостоятельно исправляются; установленная дистанционная диагностическая система позволяет быстро устранять помехи-ошибки.

Благодаря данной системе предотвращаются холостые движения струга, блокировки струга и перегрузки конвейера. Время работы струга увеличивается за счет сокращения связанных с добычным процессом простоев, а также увеличивается средняя толщина стружки и зависящая от времени работы площадь выемки. Кроме того, устанавливается равномерная нагрузка на приводы конвейера и струга благодаря постоянной толщине стружки, что значительно увеличивает срок их службы. При данной системе учитываются все существенные для работы параметры как, например, люфт механизма передвижки, различное сопротивление при передвижке или воздействие соседних рештаков при передвижке. Это позволяет удерживать точность поддержания толщины стружки в пределах  $\pm 5\%$ . Только крупномасштабные ноу-хау производителя добычной системы делают возможной технологическую оптимизацию следующих операций:

- а) дозируемый, регулируемый ход передвижки забойного конвейера после прохождения струга;
- б) максимальная сила передвижки без воздействия блокировки (например, в механизмах передвижки);
- в) минимальное (и устанавливаемое) время передвижки конвейера после прохождения струга;
- г) возможность отработки длинными ходами или при необходимости также выемка стругом отдельных участков;
- д) полуавтоматический и полностью автоматический режим работы установки;
- е) автоматизация пути зарубки/засечки струга;
- ж) автоматическая или ручная корректировка толщины стружки в зависимости от изменения

сопротивления резания угольного пласта или загрузки забойного конвейера;

- з) визуализация положения лавы и всех важнейших параметров на экране;

- и) возможность непрерывного управления лавой и удержание заданной линейности лавы.

Выемка стругом с заданной толщиной стружки, поддерживаемой в требуемых пределах созданной фирмой системой управления РМС, технологически оптимизирована таким образом, что сохраняет установленную толщину стружки с высокой точностью независимо от блокировок или игры (люфта) направляющих. Таким образом, можно выбрать соответствующую рабочим условиям оптимальную глубину резания в зависимости от сопротивления угольного забоя или нагрузки на конвейер. Это предотвращает излишние холостые ходы струга, блокировку струга и перегрузку конвейера. Время работы струга увеличивается за счет снижения связанных с процессом добычи угля простоев, при этом повышается средняя толщина стружки и соответственно площадь выемки. Весь блок приводов нагружается равномерно, что значительно повышает срок эксплуатации.

Для обеспечения струговой выемки с дозированной глубиной резания фирма ДБТ разработала:

- а) для тонких пластов мощностью до 0,8 м – струговую установку отрывного действия «Райс-хакенхобель РНН»;

- б) для пластов мощностью от 0,8 до 2,0 м и более и любой крепости угля – скользящий струг «Гляйтхобель GH» – струговая установка типа «Гляйтхобель» или скользящий струг.

При этом в конструкцию струговых установок внесены следующие новые элементы:

- 1) усовершенствованная направляющая струга;
- 2) новая блочная система удержания струга;
- 3) система управления струга по направлению;
- 4) рычажная система управления по мощности пласта;
- 5) бесступенчатая регулировка высоты резания при помощи червячного редуктора;
- 6) быстросъемные резцы;
- 7) система управления РМС;
- 8) автоматизированный механизм передвижки привода;
- 9) редуктор для струга с защитой от перегрузки;
- 10) система автоматического секционного орошения.

Современные струговые установки фирмы «ДБТ ГмбХ» автоматизированы и работают с дистанционным управлением. При благоприятных горно-геологических условиях в забое необходимо присутствие только обслуживающего персонала. Управление рабочим процессом в лаве производится при этом с центральной ЭВМ в штреке или с поверхностного диспетчерского пункта шахты, что является важной предпосылкой для обеспечения высокой производительности и максимальной безопасности работ в забое.

В технологии применения струговых систем заложено согласование скорости движения струга и конвейера, а также глубины резания при движении вверх и вниз. Используются две типичные схемы: 1) обгоняющий метод: струг всегда движется быстрее конвейера и обычно применяется на пластах малой мощности с более твердыми углями;

2) комбинированный метод: струг идет быстрее конвейера при движении вверх, медленнее конвейера при движении вниз и обычно применяется на пластах более высокой мощности с более мягкими углями.

Указанные усовершенствования обеспечили высокопроизводительную и безопасную выемку углей любой крепости с тонких и средней мощности пологих угольных пластов. С применением струговых установок типа GH установлены мировые рекорды по добыче угля. Так, на шахте «US-Steel No. 50» в США по пологому пласту мощностью 1,2 м в лаве длиной 270 м струговая установка GM 2.7 обеспечила среднесуточную добычу 9204 т при максимальной 22 710 т/сут. Среднесуточное продвижение забоя составило 18,6 м при максимальном 42 м/сут.

В Германии струговые установки фирмы «ДБТ ГмбХ» устойчиво и с высокой производительностью работают на многих шахтах. На шахте «Ост» по пласту мощностью 1,7 м при длине лавы 308 м среднесуточная добыча достигла по товарному углю 13 500 т, на шахте «Фридрих Генрих» на пласте мощностью 1,3 м в лаве длиной 310 м добыча товарного угля достигла 12 653 т/сут при рекорде 16 500 т/сут.

На шахте «Проспер-Ханиэль» на пласте мощностью менее 1,8 м и с углом падения 18–27° автоматической струговой установкой GH-42 в лаве длиной до 400 м достигнута среднесуточная добыча товарного угля 6171 т (соответственно

11 689 т/сут по рядовому углю). Руководство шахты считает, что при соответствующей инфраструктуре, допускающей эффективную работу струга, например, в течение 10 ч в сутки производительность этой струговой установки может достигать до 20 000 – 35 000 т/сут (в зависимости от прочности угля) [1].

В странах СНГ струговая выемка угля нашла применение на шахтах Украины (Донецкий угольный бассейн) и шахтах Казахстана (на шахте «Казахстанская» угольного департамента АО «Миттал Стил Темиртау»).

В настоящее время на шахтах Донбасса значительная часть угля добывается из маломощных пластов в сложных горно-геологических условиях, что предопределяет необходимость дальнейшего расширения струговой выемки. Выпускаемые промышленностью Украины все типы струговых установок оснащаются комплексом аппаратов регулирования и управления АРУС.1М. Применение его способствует повышению технико-экономических показателей струговой выемки, надежности машин, безопасности ведения работ и улучшению условий труда в очистном забое.

Комплекс АРУС.1М предназначен для дистанционного управления электрооборудованием струговых установок (комплексов), автоматизации отдельных технологических операций, для контроля и диагностики состояния механизмов, устройств автоматизации и устройств управления.

В состав комплекса аппаратов АРУС.1М входят: пульты управления, пульты вспомогательный и выносной; блоки дистанционного управления и манометров; клеммные коробки, датчики конечных положений струга, его перемещения и тока нагрузки приводов струга и конвейера; разъемы линейные для оперативного соединения контрольных кабелей; кабельные перемычки (комплект). При разработке АРУС.1М для повышения его эксплуатационно-технических показателей приняты следующие меры [2]:

– обеспечена заданная надежность выполнения команд дистанционного управления основными и вспомогательными объектами (с учетом необходимых защит и блокировок) при минимальном числе проводов линии связи без схемных и конструктивных усложнений приемопередающих устройств (для реверсивных объектов они выполнены двухпроводными, а по трем прово-

дам обеспечивается управление двумя насосными станциями);

- расширена область применения АРУС.1М благодаря использованию его с различными конструкциями струговых установок или комплексов, оснащенных силовым коммутационным оборудованием различного типа, в том числе станциями управления типа СУВ-350, комплектными устройствами управления типа КУУВ-350 и отдельными пускателями (последнее достигается за счет того, что входящий в аппарат блок дистанционного управления снабжен унифицированными узлами, имеющими некоторую избыточность);

- снижена трудоемкость обслуживания за счет локализации и расшифровки причины отключения основных и вспомогательных объектов управления и автоматизации струговой установки (комплекса), результатом которой является обеспечение блоком функционирования индикации выполнения команд с учетом специфики технологии струговой выемки, а также индикации состояния основных цепей управления и блокировок;

- создана блочная конструкция и обеспечена взаимозаменяемость основных блоков. Так, блоки управления стругом и конвейером идентичны, причем в них объединены логические операции. Комплекс аппаратов АРУС.1М состоит из ряда сборочных единиц и блоков, расположенных на штреке и в лаве, которые связаны между собой кабельными перемычками, причем определенные сборочные единицы предназначены для управления и контроля отдельных, не взаимосвязанных технологических операций. Поэтому для повышения надежности комплекса аппаратов АРУС.1М в нем использована ветвящаяся структура связи сборочных единиц и блоков. При такой структуре отказ, по крайней мере некоторых блоков, не приводит к перебоям в работе струговой установки, а лишь снижает эффективность АРУС.1М. Устранение таких отказов может быть временно отложено;

- сокращено количество проводов связи между пультом управления и распределителем лавы за счет того, что блок дистанционного управления на распределителе снабжен унифицированными (используются также в аппарате управления скрепероструговыми установками, щитовыми агрегатами и другими шахтными механизмами) малопроводными узлами передачи команд, кото-

рые обеспечивают заданный алгоритм работы силового электрооборудования. Между пультом управления вблизи лавы и блоком дистанционного управления на ее распределителе предусмотрена система телесигнализации, обеспечивающая передачу на пульт по двухпроводной линии связи более 20 состояний контролируемого электрооборудования (силовые контакторы, автоматический выключатель и др.). Размещение источников питания, имеющих искробезопасные выходные параметры в одной оболочке с блоками управления стругом, конвейером и другими объектами, обеспечило удобство индикации и контроля состояния схемы и существенно сократило объем кабельных связей;

- комплекс аппаратов АРУС.1М должен обеспечивать безопасное выполнение всех операций при работе струговой установки (комплекса) и быть безопасным как объект, имеющий свои источники питания и источники искрообразования. Дистанционные цепи управления выполнены с защитным отказом; имеется пульт управления, на лицевой панели которого сосредоточены контрольно-измерительные приборы, средства индикации и функционального технического диагностирования; предусмотрен малогабаритный выносной пульт управления, позволяющий оператору при необходимости управлять основными токоприемниками струговой установки из безопасной зоны; схемные решения комплекса аппаратов АРУС.1М предусматривают возможность подачи предупредительной команды при подходе струга к концевым участкам лавы для включения устройства предупредительной сигнализации торможения электропривода машины, который уменьшает выбег исполнительного органа (струга) до 0,5 м. Кроме того, существует дополнительно подключаемый на пульте управления излучатель, оформленный в виде головного телефона, что повышает достоверность восприятия оператором информации (при работающей машине), поступающей от рабочих очистного забоя; применена система автоматического секционного орошения с гибким, легко перестраиваемым управлением, позволяющим подавлять пыль не только в основном очаге ее образования – в зоне разрушения угля стругом, но и витающую по всей лаве, а также предварительно увлажнять поверхность всего забоя.

На шахте «Казахстанская» угольного департамента АО «Миттал Стил Темиртау» в маломощных пластах сосредоточены миллионные запасы коксующегося угля дефицитной марки «КЖ» – «коксовый жирный». Эти угли редкие, они пользуются большим спросом в России и Румынии.

По мнению специалистов шахты, современная струговая установка, управляемая по гипсометрии пласта, с регулируемой скоростью и глубиной резания с применением системы дозированной выемки – это новый уровень управления. Шахтеры обычно настороженно воспринимают новую непривычную технологию. Тем не менее на шахте «Казахстанская» в Караганде на пласте переменного залегания от 4 до 21° мощностью 1,2–1,3 м комбайном в лучшие дни добывали 500–600 т, а с применением струга GN среднесуточную добычу довели до 4000 т. Срок окупаемости струговой установки составил один год. После отработки первой лавы установка перемонтирована и эффективно работает в новом очистном забое.

В целом на основании более чем пятидесятилетнего опыта применения струговой выемки на многих шахтах мира, в том числе и на шахте «Казахстанская», и совершенствования отдельных элементов струговых установок фирма «ДБТ ГмбХ» гарантирует их высокопроизводительную работу при колеблющейся мощности пласта и меняющейся крепости угля, возможность работы в полностью автоматизированном режиме, высокие технико-экономические показатели на пластах мощностью менее 2 м.

Стратегическая экспортная линия, проводимая фирмой «ДБТ ГмбХ», в частности, в отношении сотрудничества с шахтами угольного департамента АО «Миттал Стил Темиртау» – не

вывозить на продажу за тысячи километров многотонные металлоконструкции, а развивать сотрудничество на базе кооперации. Предлагаемая фирмой «ДБТ ГмбХ» по линии кооперации струговая установка обеспечит с учетом сложных условий в забое (высокая газообильность, обводненность и прочее) высокую среднесуточную нагрузку на шахте «Казахстанская».

Таким образом, дальнейшее расширение использования струговой выемки угля, высокий профессионализм горняков, их настройка работать с полной отдачей – вот главные резервы роста и развития шахты «Казахстанская» в перспективе, которые уже приносят свои плоды.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Грюнинг С., Вайгель В., Соболев В.В. Фирма «ДБТ ГмбХ» – мировой лидер в области изготовления и поставки горно-шахтного оборудования для современных угольных шахт // Глюкауф. 2005. №2(4). С. 10-19.
2. Шапошник В.И., Торубалко Т.Г., Зеленецкий В.Н. и др. Средства управления и автоматизации струговых установок // Уголь Украины. 1992. №4. С. 18-22.

#### Резюме

Әлемнің түрлі елдеріндегі көмірді стругпен өндіру экономикасы мен технологиясының мәселелері қарастырылған. Көмірді стругпен өндіру техника-экономикалық көрсеткіштері келтірілген. «Миталл Стил Темиртау» АҚ көмір департаменті «Қазақстандық» шахтасындағы стругпен өндірудің тәжірибесі берілген.

#### Summary

The Lit questions of the economy and technologies of struging drawing of coal in different country of the world. The technical-economic factors of struging drawing of coal are Brought. The Generalised experience to usages of struging installation on mine «Kazakhstan» coal department JC «Mittal Style Temirtau».

*Карагандинский государственный университет им. Е. А. Букетова* Поступила 28.03.06г.