

ГОРНЫЕ МАШИНЫ

УДК 622.232

Б.Л. Герике, Д.В. Копытин, А.А. Рябцев

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНИКИ, ПРИМЕНЯЕМОЙ В СИСТЕМЕ HIGHWALL ДЛЯ ВЫЕМКИ УГЛЯ С УСТУПА РАЗРЕЗА

Промышленное применение шнекобурового способа началось с 1948 г. в США. В то время основными фирмами, которые производили шнекобуровые машины, являлись «Юу», «Салем-Тул» и «Лонг-Эйрдокс».

Фирмой «Юу» были выпущены одношпиндельные и многошпиндельные машины, представляющие собой прямоугольные платформы, по углам которых установлены мощные вертикальные домкраты. Внутри платформы укреплен горизонтально желоб, на котором смонтирован привод бурового става, перемещающийся вдоль желоба по направляющим.

Шнековые секции обычно складываются на кронштейнах внутри платформы, для чего используются передвижные лебедки, находящиеся на машинах. Погрузочный конвейер жестко соединен с нижней частью платформы. При эксплуатации машин большой производительности применяется дополнительный перекидной конвейер для двусторонней погрузки угля.

Новые модели шнекобуровых машин М-28, М-60 и другие оборудованы гидравлическим механизмом шагания. Машины имеют два дизельных двигателя – главный и вспомогательный. Первый обеспечивает вращение и подачу бурового става, второй приводит в действие гидроприводы погрузочного конвейера и подъемных лебедок, а также опорные домкраты и домкраты передвижения, выдвижной лоток желоба и погрузочный лоток конвейера.

Шнекобуровые машины снабжаются двумя-тремя комплектами буровых ставов различных диаметров. Создание многошпиндельных машин позволило более полно использовать мощность двигателя и увеличить производительность машины. Кроме того, многошпиндельное бурение обеспечило снижение потерь угля на (10...15)% и повышение прямолинейности бурения. Глубина бурения достигала (46...66) м. Длина шнековых секций у разных моделей неодинакова: от 4 до 10 м. Производительность наиболее мощных одношпиндельных машин достигала 700 тонн угля в смену.

В 1960 г. фирма «Юу» выпустила самую крупную на тот момент в США шнекобуровую машину М-60. Расчетная производительность этой маши-

ны составила 15 т/мин, фактическая – 25 т/мин, или 5100 т/смену, при скорости бурения 5,18 м/мин. При этом время рабочего цикла по бурению составляет около 26 мин. Из каждой скважины добывается 294 т угля.

Фирма «Салем-Тул» выпускала несколько моделей одно- и многошпиндельных шнекобуровых машин с коронками различных диаметров. Эти машины обладали следующими конструктивными особенностями:

- горизонтальная платформа с желобом установлена на четырех укороченных домкратах;
- шнековые секции одношпиндельных машин обычно складываются на рабочей площадке или на специальных саях, а двухшпиндельные – на специальной платформе, прикрепленной к нижней части машины с обеих сторон;
- сборка и разборка шнековых секций осуществляется краном, смонтированным на вертикальном домкрате;
- погрузочный конвейер установлен на двух пневматических колесах справа или слева от машины, имеющей собственный бензиновый или дизельный привод для скребкового конвейера и погрузочного лотка;
- все машины снабжены гидравлическим механизмом передвижения вдоль забоя.

Наиболее распространенными были модели машин 1400 и 1500, которые бурят на глубину до 67 м. Они отличались хорошей мобильностью, что позволяло использовать их на участках с малыми запасами угля. Производительность составляла (500...600) т/смену.

В последующем фирма «Салем-Тул» начала выпускать многошпиндельные машины различных классов. Новая двухшпиндельная машина модели «Mul-T» имела два буровых става. Цикл бурения скважины длиной 46 м занимал 30 мин. В смену пробуривалось (12...14) скважин и добывалось (600...800) т угля. Фирма «Салем-Тул» изготовила свыше 300 шнекобуровых машин различных моделей.

Фирмой «Лонг-Эйрдокс» созданы одношпиндельные шнекобуровые машины моделей М-65, М-145, М-155 и М-235.

Машины этой фирмы, так же как и модели

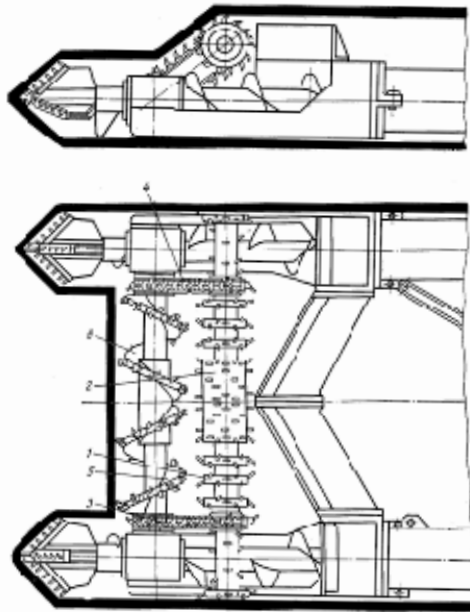


Рис. 1. Исполнительный орган с дополнительным режущим устройством для отбойки верхней пачки угля:

1, 2 – левая и правая части отбойной штанги; 3, 4 – жесткие связи; 5, 6 – режущие шнеки

фирмы «Юу», представляют собой прямоугольные платформы. Шнековые секции складываются на рабочей площадке или на специальных санях. Сборка и разборка осуществляется краном-укосиной. Машины оборудованы приставным погрузочным конвейером на пневматическом ходу с бензиновым или дизельным приводом. Конвейер может располагаться справа или слева машины. Длина выработок достигала (38...55)м.

Следует отметить, что, несмотря на указанные выше принципиальные различия в конструкциях машин, выпускаемых различными фирмами, в целом их основные узлы имеют много общего [1].

В СССР шнекобуровой способ получил промышленное применение на карьерах Кузбасса в 1968 г. Отечественной промышленностью были выпущены следующие модели шнекобуровых машин: ШБ-1; ШБ-1М; ШБМ-500; ШБ-2. Производительность таких машин составляла: ШБ-1М – (200...300) т/смену, ШБМ-500 – (500...600) т/смену; ШБ-2 – (800...1000) т/смену. Глубина выбуривания угля – до 70 м. Добычу угля с помощью ШБМ можно осуществлять из пластов с углом падения до 25 град. мощностью (0,6...3) м [2].

Выемка угля происходила по следующей технологии. На рабочей площадке у откоса угольного уступа устанавливают шнекобуровую машину. После подготовительных операций машину выравнивают по углу падения и мощности пластов. Затем выдвигают приемный лоток до поверхности откоса уступа, а головную секцию вместе с вращателем подводят к забою. Вращением и подачей

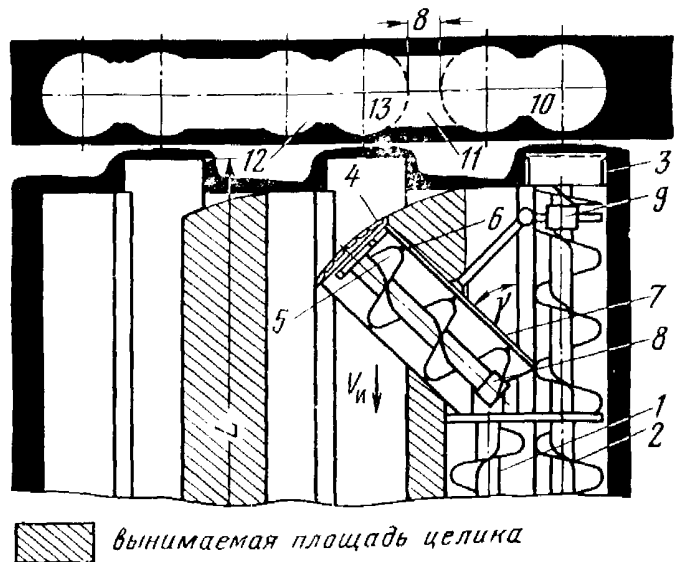


Рис. 2. Технологическая схема бурения и извлечения межскважинных целиков:

1, 2 – шнековые ставы; 3 – цилиндрическая коронка; 4 – лучевая коронка; 5 – усиленные лопасти; 6 – режущие зубки; 7 – лемех; 8 – шарнир Гука; 9 – дистанционно управляемый механизм; 10 – спаренные скважины; 11 – предохранитель

головной секции с коронкой на забой производят разрушение угля и выдачу его на поверхность. По окончании забуривания наращивают буровой став секцией для продолжения процесса до конечной глубины. При шнекобуровом способе потери составляют (45...50)%, а в зависимости от горнотехнических условий может достигать (55...60)% [1].

Конструкция исполнительного органа машины предопределяет технологию выемки и, следовательно, величину потерь. Поэтому большинство методов их снижения основано на создании новых конструкций исполнительных органов.

Так, для пластов с переменной мощностью был предложен исполнительный орган [1] с дополнительным режущим устройством для отбойки верхней пачки угля (рис. 1). Пласты различной мощности можно вынимать при постоянном диаметре бурового става. В этом случае он имеет на спирали шнеков выдвижные зубки, находящиеся в специальных держателях.

Наиболее перспективным является метод, основанный на применении рабочих органов, обеспечивающих при обратном ходе полное извлечение межскважинных целиков. Общий вид такого рабочего органа показан на рис. 2.

Технология бурения и извлечения межскважинного целика состоит в следующем. Бурятся две спаренные скважины 10 с оставлением предохранительного целика 11. При достижении конечной длины скважин $l_{ск}$ дистанционно производится отклонение головного режущего шнека с коронкой 4 в сторону ранее пройден-

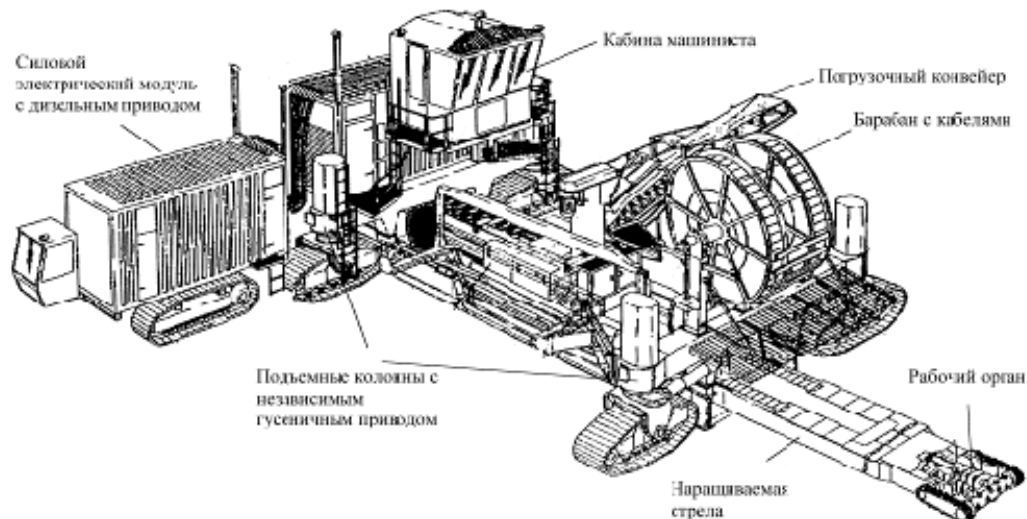


Рис. 3. Разработчик тонких пластов фирмы «Dieseko»

ных скважин 12, при этом происходит врезание шнека в целик 11. Затем производится извлечение буровых ставов из скважины с одновременным их вращением в том же направлении, что и при бурении [3].

Следующий этап развития шнекобуровые машины получили с начала 70-х годов в США.

Агрегат Carbid Miner, выпущенный фирмой «Joy Manufacturing» был с дистанционным управлением. Исполнительным органом служил четыре буровые коронки, оснащенные «чувствительными резцами» со встроенными датчиками, которые различают границу «уголь – порода». От исполнительного органа уголь транспортировался стрелой длиной до 300 метров, состоящей из следующих друг за другом коротких скребковых конвейеров длиной до 5 метров. Следующая модификация Hillside Miner имела более компактную платформу, с которой осуществляли зарубку машины в пласт.

Новый важный шаг в развитии системы был сделан при модификации агрегата Addcar Highwall Sistem. Основными составными частями этого агрегата являются следующие: комбайн, аддкары (ленточные перегружатели), автопогрузчик, самоходная с видеокамерой и дистанционным радиуправлением платформа для установки и передвижки стрелы, генератор питания электроэнергии. Аддкары подают на загрузочную платформу, подсоединяют к предыдущему перегружателю и перемещают внутрь заходки по мере выемки угля комбайном. Агрегат может вынимать заходки до 300 метров, пласт мощностью (0,8...6,0) метров при соответствующем выборе комбайна. Агрегат в каждую смену обслуживают 6 человек. Степень извлечения угля этим комбайном составляла (48...62)%.

В Западной Вирджинии на угледобывающих предприятиях компании «Хай Пауэр Энерджи» применяют агрегаты Superial Highwall Miners.

Этими машинами было добыто с 1981 года более 11 млн. тонн угля. Исполнительный орган, состоящий из поперечного шнека и двух боковых режущих цепей, отбивают уголь по фронту сечения заходки, затем его транспортируют из забоя двумя расположенными рядом шнеками до платформы агрегата, далее с помощью наклонно расположенного шнека уголь поступает в самосвал. Мощность привода исполнительного органа – 262 кВт и шнекового транспортера – 600 кВт. Платформа агрегата установлена на четырех гусеничных тележках, которые поворачиваются на 90 градусов. Агрегат обслуживают 5 человек, а его возможная производительность достигает 1800 т/смену [4].

Комбайн «The Thin Seam Miner» фирмы «Dieseko» (рис. 3) состоит из следующих компонентов: базового каркаса системы, который поддерживает силовой модуль с дизельным приводом, кабину оператора, механизм балки-толкателя и два барабана с кабелями для подачи электроэнергии к двигателям режущей головки. Режущая головка барабанного типа шириной 3,3 м врезается в пласт на уровне подошвы и затем, вырезая уголь, поднимается до кровли. Глубина одной врезки 0,6 м. Отбитый уголь поступает на поверхность посредством двух шнеков, расположенных в секциях стрелы, вертикального винтового и ленточного конвейеров. Максимальная глубина извлечения составляет 180 м при мощности обрабатываемых пластов (0,94...4,1) м. Также на рабочем органе присутствует датчик наличия метана, который при содержании метана равном 1% посылает машинисту предупредительный сигнал, а если уровень взрывоопасного газа достигнет 2% - автоматически отключается режущая головка. Данные компании «Dieseko» свидетельствуют о том, что производительность составляет 23 т/мин или (50...100) тыс. т/мес. Срок окупаемости (8...9) месяцев [5].

Следующей модификацией горнодобывающе-

го комплекса фирмы «Joy» является комплекс 5HS01. Он обеспечивает выемку угля из пластов мощностью (0,9...6,1) м на глубину до 330 м. Комплекс может быть установлен на площадке шириной от 22 м и более. Основные отличия его от предыдущей модели ряда РТП заключаются в следующем: возросли мощность обрабатываемого пласта и максимальная глубина внедрения соответственно до 6,1 м и 330 м; длина каждой секции составляет 12,2 м и в качестве транспортного звена секций использована конвейерная лента. Кабина машиниста снабжена шестью мониторами, позволяющими вести визуальный контроль за всеми процессами – от забоя до погрузки в транспортные средства. Возможна постановка под погрузку сразу двух автосамосвалов, что обеспечивает снижение затрат времени на маневровые операции. При эксплуатации комплекса среднесуточная добыча составила 6200 т, а степень извлечения запасов угля - 65%, при глубине заходки 290 м [6].

Агрегат компании Swords Contracting Pty. представляет собой полностью автоматизированный горный комбайн, снабженный серией датчиков и лазерным гироскопическим оборудованием с круговым вращением, а также цепным конвейером, изгибающимся вдоль почвы пласта позади комбайна. Агрегат может достигать глубины проникновения до 300 м и способен производить до 1,2 млн. тонн угля в год. В будущем направления разработок ориентируется на глубину проникновения до 500 м. Конвейерная система включает модули, состоящие из конвейерных конструкций, каждая длиной 1 м. На каждом приводе модуля смонтированы гидроцилиндры подъема, при их выдвигании нижняя цепь конвейера, вращаясь, очищается от грунта. В случае обрушения кровли конвейер позволяет вытягивать горный комбайн из заходки любой длины и при углах наклона до 20 град. Для обслуживания этой системы разработки задействовано 6 человек в смену [7].

Для извлечения около 1 млн. тонн угля, оставшегося после оптимально экономически выгодной открытой добычи карьером «Джермен Крик» (Австралия), было решено применить оправдавшую себя в США систему Highwall. Был поставлен комплект оборудования «Олдингтон» фирмы «Элтин». Система включает дистанционно управляемый комбайн, внедряющийся в пласт угля, открытый со стороны борта карьера и осуществляющий выемку на глубину, при которой еще не происходит обрушения кровли. Уголь от комбайна транспортируется с помощью стрелы, соединенной с комбайном и продвигающейся по мере выемки под действием гидродомкратов, расположенных на платформе около устья выработки. Комбайн проходит выработку шириной 3,5 м на мощность пласта до 2,9 м. Система управления обеспечивает взаимное угловое отклонение осей выработок до 0,25 град., что очень важно при работе в зонах с ослабленной кровлей. При такой

системе работ удается извлечь до 45 % запасов, которые ранее считались потерянными [8].

В Австралии также применяется система разработки «Addcar Highwall Mining». Она позволяет производить выемку угля на глубину до 500 м из пласта в погашенном борте карьера. В среднем ежемесячно добывают по 100 000 т угля при трудозатратах 6 чел.-смен. Разработчик этой технологии – компания «Addington Mining Technologies» - предусмотрела оснащение комбайна системой дистанционного управления, передающей от гироскопа данные о фактическом положении машины на пульт оператора. Дополнительно с помощью гамма-детекторов определяется вертикальное положение комбайна относительно кровли и почвы пласта. Продолжительность цикла выемки угля, включая демонтаж комбайна и перемещение оборудования, составляет около 24 часов. За смену добывают до 8000 т угля [9]. Выемка угля производится по следующей технологии. Устанавливают в рабочее положение комплекс. Затем комбайном «Континиус Майнер» начинают проходить выработку шириной 3,5 м на высоту около 3 м. С помощью става самоходных конвейерных перегружателей, наращиваемого через каждые 12,5 м, производится выдача угля из забоя и обеспечивается подача комбайна. Уголь, отбиваемый рабочим органом комбайна, загружается нагребными лапами на внутренний скребковый конвейер, который сбрасывает уголь на самоходный конвейерный перегружатель [10].

В России была применена система разработки «Superior Highwall Miners» для добычи каменного угля. Комплекс передвигается на четырех гидравлически управляемых гусеничных тележках. Отбойка угля осуществляется специально адаптированным электроприводным комбайном «Joy» с шириной захвата 3,5 м, который подается в угольный пласт до глубины 300 метров. Технология добычи следующая. Устанавливают в рабочее положение комплекс. Затем комплексом «SHM» начинают проходить выработку шириной 3,5 метров на высоту до 3,5 метров. С помощью шнекового конвейера производится выдача угля из забоя и обеспечивается подача рабочего органа. Наращивание става шнекового конвейера производится через каждые 6 метров. Уголь, отбиваемый рабочим органом комбайна, загружается нагребными лапами на внутренний скребковый конвейер, который перемещает уголь на первую секцию шнекового конвейерного става. Последний подает уголь на скребковый конвейер, находящийся на базе агрегата. Затем осуществляется перегрузка добытого угля на ленточный конвейер. Производительность комплекса достигает 150 тыс. т угля в месяц [11].

Одним из перспективных технологических решений выемки забалансовых запасов угля из погашенных бортов карьеров служит применение горнодобывающих комплексов. За последние 60

лет в их развитии наблюдается резкий рост производительности. Этому способствует изменение типов рабочих органов от буровых коронок до барабанов или шнеков с горизонтальной осью вращения. Также увеличилась установленная мощность приводов и габариты машин. При увеличении мощности и усовершенствовании типов ставов появляется возможность более глубокого прохождения штольни (до 500 м). С внедрением

современной электроники принципы управления комбайнами также изменились, что отразилось на степени извлечения запасов угля. Поскольку большинство разрезов приближается к финальному этапу своего существования, этот метод добычи угля продолжает развиваться быстрыми темпами и начинает применяться в ведущих угледобывающих странах мира (США, Австралия, Россия).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Малышева Н. А.* Разработка маломощных и сложных угольных пластов открытым способом. / Н. А. Малышева, П. И. Томаков, С. А. Дранников. – М.: Недра, 1975. 240 с.
2. *Дранников С. А.* Производительность шнекобуровых машин при рациональном использовании их в комплексе с экскаваторами. / С. А. Дранников, М. К. Пузырьков. // Науч. сообщения ИГД им. А.А. Скочинского «Исследования технологии и комплексной механизации разработки угля открытым способом». – Вып. 151. – 1977. – С. 57-63.
3. Исполнительный орган шнекобуровых машин: Авт. свид. №208615 СССР, М.Кл². E21 D 9/10 / С. А. Дранников, Л. А. Буданчиков, В. В. Ламбров. // Ордена Трудового Красного Знамени институт горного дела им. А.А. Скочинского; Заявл. 27.05.67. Оpubл. 25.05.76.
4. Применение системы Highwall для выемки угля с уступа разреза // Открытые горные работы. – 2004. – № 6. – С.54-56.
5. Проспект фирмы «Dieseko BV». – 1991.
6. Проспект фирмы «Joy Technologies Inc.». – 1992.
7. New highwall system on offer // Austral. Mining. – 1998. – 90, №11, p.10.
8. Применение механизированной выемки угля системой «Хай Уолл» в Австралии // Уголь. – 1996. – № 6. – с. 63.
9. *Книссель В.* Австралия'99 – добыча каменного угля подземным, открытым и комбинированным способами. / В. Книссель, М. Шмид, Х. Мишо. // Глюкауф. – 2001. – № 1. – С. 55-60.
10. HIGHWALL MINING APPARATUS: Пат. № 5962807 США, МКИ⁶ E 21 C 29/00 /Joseph J. Zimmerman, Franclin, Pa. – № 501741; Заявл. 09.08.95. Оpubл. 02.12.97.
11. *Нецветаев А. Г.* Технология добычи угля с применением комплексов глубокой разработки пластов. / А.Г. Нецветаев, Л. П. Репин, А. В. Соколовский. // Уголь. – 2004 – № 11. – с. 41–43.

□ Авторы статьи:

Герике
Борис Людвигович
- докт. техн. наук, проф.,
главный научный сотрудник
Института угля и углехимии СО РАН

Копытин
Денис Валерьевич
- аспирант Института угля
и углехимии СО РАН

Рябцев
Андрей Александрович
- аспирант Института угля
и углехимии СО РАН

УДК 662.693

Б. Л. Герике, П. Б. Герике

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЫШЛЕННОЙ АПРОБАЦИИ И НАПРАВЛЕНИЙ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ МАШИН ДЛЯ ПОВЕРХНОСТНОГО ФРЕЗЕРОВАНИЯ

В рамках научно-технического сотрудничества между Дрезденским техническим университетом (Институт подъемно-транспортных, строительных машин и логистики, Германия, г. Дрезден) и Институтом угля и углехимии СО РАН (Россия, г. Кемерово) при финансовой поддержке министерства образования и исследований ФРГ была разработана математическая модель взаимодействия шнекового исполнительного органа ма-

шины для послойного фрезерования (МПФ) с разрушаемым массивом горных пород, по результатам исследования которой был спроектирован и изготовлен рабочий орган машины для поверхностного послойного фрезерования крепких полезных ископаемых.

Исполнительный орган представляет собой корпус с двумя шнековыми грузчиками (со встречной навивкой погрузочных лопастей), на