

# АГРЕГАТ ДЛЯ БЕЗЛЮДНОЙ ВЫЕМКИ ТОНКИХ ПЛАСТОВ УГЛЯ

**Проф., д-р техн. наук Литвинский Г.Г.**

*Донбасский государственный технический университет (ДонГТУ), г. Алчевск*

*The frontal aggregate screw mining of thin and superthin coal seams (AFSM) is developed. He provides the decision of the main technical contradictions of a coal mining manlees technology on a new technological level. The description of a design and features of job of the aggregate, technical and economic parameters, advantages of application is resulted.*

*Key words: coal mining, thin seams, frontal cutting aggregate, manlees technology, roof control, methane, continues mining, coal industry*

Основными этапами развития горной промышленности следует считать периоды существенного изменения техники и технологии выполнения основных производственных процессов – разрушения горной массы, погрузки, доставки и транспорта, а также управлением устойчивостью массива. За период своего развития угольная промышленность прошла несколько этапов [1]:

- 1) безмашинная добыча угля с применением простейших инструментов и приспособлений (начальный этап до 1920 гг.),
- 2) механизированная подрубка пласта врубовыми машинами (1920-1940),
- 3) механизированное разрушение и погрузка угля комбайнами (1940-1960) и стругами (1950-2000),
- 4) полная механизация внутрилавных процессов (1960-2000)
- 5) переход к «безлюдной» автоматизированной технология добычи угля (первые предложения с 1960 -70-х гг. и по настоящее время).

Однако, несмотря на бурное, главным образом, экстенсивное развитие технологии и техники по добыче угля, по сравнению с начальным периодом своего развития (период ручной выемки) современные интегральные показатели работы промышленности не улучшились. Если в начале прошлого века добыча угля на одного трудящегося была 1-2 т/сут, то таковой она осталась и донныне, проявляя явную тенденцию к понижению. Даже на шахтах-«копанках», где выемка угля производится примитивными орудиями, выработка на одного шахтера оказалась значительно выше (2-4 т/сут). Такая низкая эффективность

угледобычи существующих шахт объясняется не только перманентным структурно-финансовым кризисом в стране, но и глубокими научно-техническими противоречиями, присущими угольной промышленности. К сожалению, эта сторона проблемы еще не осмыслена руководством и техническим персоналом отрасли. К числу важнейших технических проблем горной отрасли следует отнести следующие:

1. Основные запасы углей (70-80%) в Донецком бассейне находятся в тонких и сверхтонких (менее 0,8 м) высокогазоносных пластах с самыми разнообразными горно-геологическими условиями. По основным свойствам углей и вмещающих пород (газоносность, запылённость, взрываемость пыли, силикозоопасность, обводнённость) Донецкий бассейн следует отнести к весьма сложным по разработке.

2. Существующая техника и технология добычи угля на тонких пластах, – комбайновые комплексы с широким и узким захватом, струги, скреперо-струги и др., - во многом исчерпали свои технические возможности, а для разработки тонких пластов угля - непригодны.

3. Технологии угледобычи, которые требуют присутствия людей в очистном забое, с позиций условий труда (навязанный темп работы, пыль, температура, влажность, шум, вибрация, скорость воздуха) – недопустимы.

4. Газоносность угольных пластов создает непреодолимые ограничения добычи по газовому режиму (метано-газовый «барьер»): что ведет к неэффективности проветривания, высокой температуре, резкому усложнению технологии.

6. Техногенная и экологическая опасность угледобычи, которая усугубляется с увеличением глубины разработок, неприемлема для современного цивилизованного общества (выбросы угля, породы и газа, взрывы газа и угольной пыли, пожароопасность, обрушения пород, высокие проявления горного давления и горные удары и др.).

Особенно важна проблема эргономики при выемке тонких пластов угля, где горнорабочие в лавах испытывают большие динамические и статические напряжения. Все виды трудовых операций относятся к высокой категории тяжести, выполняются в вынужденном положении тела (лежа и ползком), в навязанном темпе, что крайне неблагоприятно для здоровья [2].

В настоящее время в угольной промышленности наметилась тенденция снижения добычи угля комбайновым способом из-за исчерпания запасов залежей мощных угольных пластов. По расчетам специалистов, пласты мощностью более 1,2 м будут отработаны в течение 15 лет, 0,8-1,2 м – за 45 лет, а менее 0,8 м – за 110 лет. Поэтому в перспективе придется отрабатывать тонкие (менее 0,8 м) и весьма тонкие (от 0,4 м) пласты, балансовые

запасы которых составляют свыше 220 млрд. т до глубины 1800 м, т.е. более двух третей от общих балансовых запасов.

Исследования показали, что средства механизации, основанные на использовании механизированных крепей, могут применяться лишь на пластах мощностью более 0,8 м. Поэтому для пластов мощностью менее 0,8 м технологию и средства выемки следует ориентировать на новые безлюдные способы отработки. С этой точки зрения достаточно многообещающей должна была стать бурошнековая выемка тонких угольных пластов [3], которая хорошо известна специалистам. Однако ее недостатки, – большие потери угля в межскважинных целиках (до 40%), отсутствие управления выемкой в плоскости пласта, периодичный режим работы, большое количество вспомогательных операций, невозможность автоматизации, вероятность присечки боковых пород и искривления скважин и т.д., – не позволяют принять эту технологию как доминирующую для добычи угля.

Попытки решить проблемы подземной угледобычи на основе *традиционных* подходов, как показывает история развития техники и подтверждает мировой опыт, увенчаться успехом не могут. Этим и обусловлена необходимость пересмотра основных принципов создания выемочных машин, при этом центральное место в технолого-конструкторских разработках должна занимать техника и технология безлюдной выемки тонких и сверхтонких пластов (от 0,4 до 1,2-1,5 м). Следовательно, для тонких пластов угля следует искать возможности создания выемочной техники нового технического уровня, стабильно работающей в сложных и изменяющихся горно-геологических условиях с нагрузками из одной лавы 3000-5000 т угля в сутки при обеспечении полной безопасности ведения работ.

Выемочная техника, основанная на применении комбайнов, стругов и других горных машин, которые перемещают вдоль забоя лавы с целью разрушения угля на отдельном ее участке, – уже неприемлема, т. к. не отвечает принципу фронтальности обработки угля в очистном забое. Как показывает анализ существующей техники и тормозящих ее развитие технических противоречий, наиболее перспективный путь решения проблемы лежит в направлении создания выемочных комплексов фронтального типа, осуществляющих выемку без присутствия людей в забое и обладающих высокой приспособляемостью (адаптивностью) к изменяющимся горно-геологическим условиям

Цель настоящей работы – решить существующие проблемы подземной угледобычи путем создания выемочного агрегата для тонких пластов угля, который должен значительно упростить добычу угля, обеспечить непрерывную высокопроизводительную работу лавы в поточном режиме, снять необходимость присутствия людей в лаве и ее вентиляции, устранить работы по созданию разрезной печи и монтажу оборудования в ней, исключить

концевые операции в лаве, уменьшить стоимость добычи угля при полной безопасности труда горняков.

Эта цель достигается тем, что фронтальный агрегат для выемки тонких пластов угля, выполнен в соответствии с принципами унификации, модульной компоновки, адаптации к изменяющимся горно-геологическим условиям, максимального функционального совмещения процессов, выполняемых одним и тем же рабочим органом.

На рис. 1 показан фронтальный агрегат АФШВ для выемки тонких пластов угля в разрезе, на рис. 2 - вид на первую (угловую) шнековую секцию агрегата сверху.

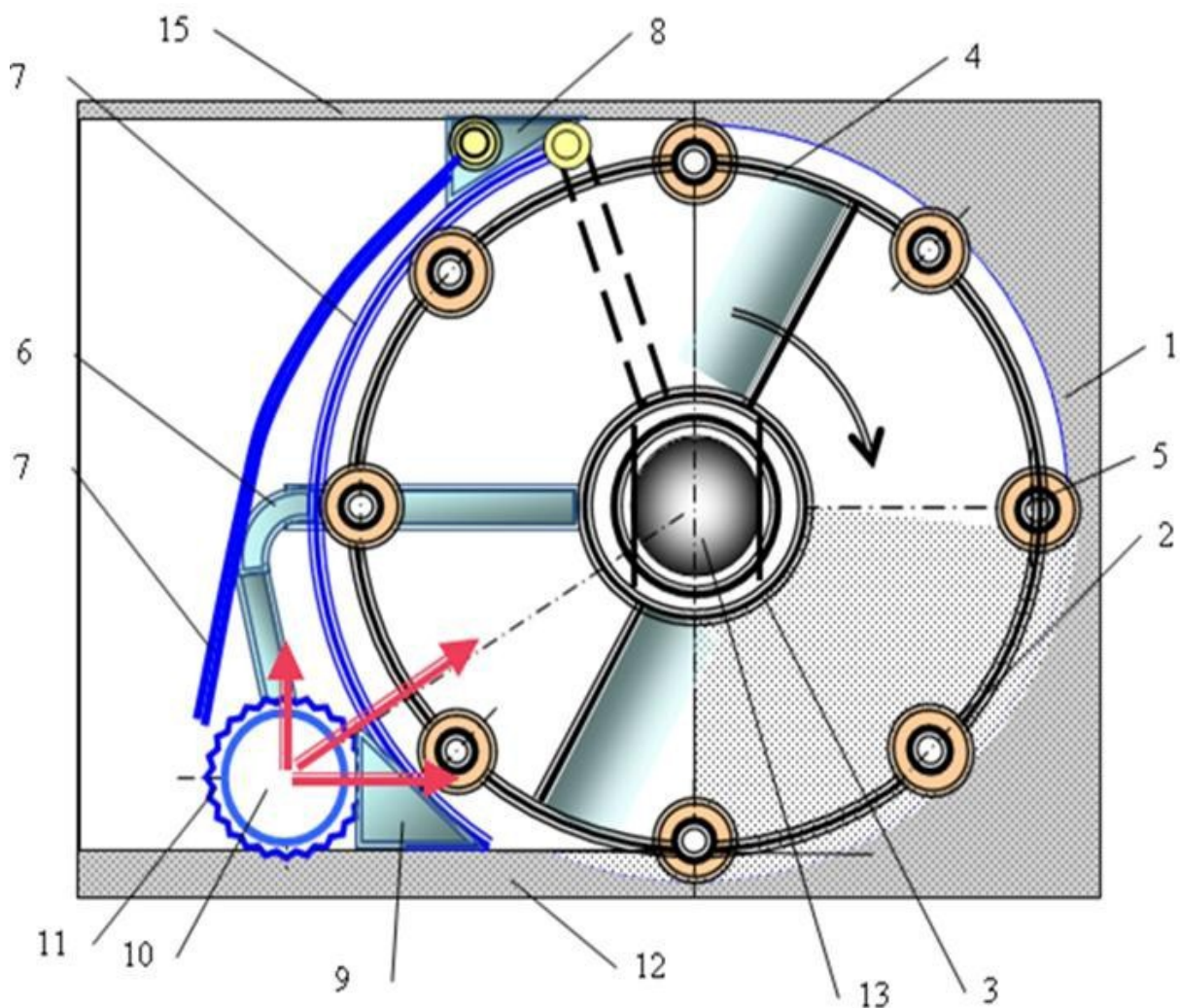
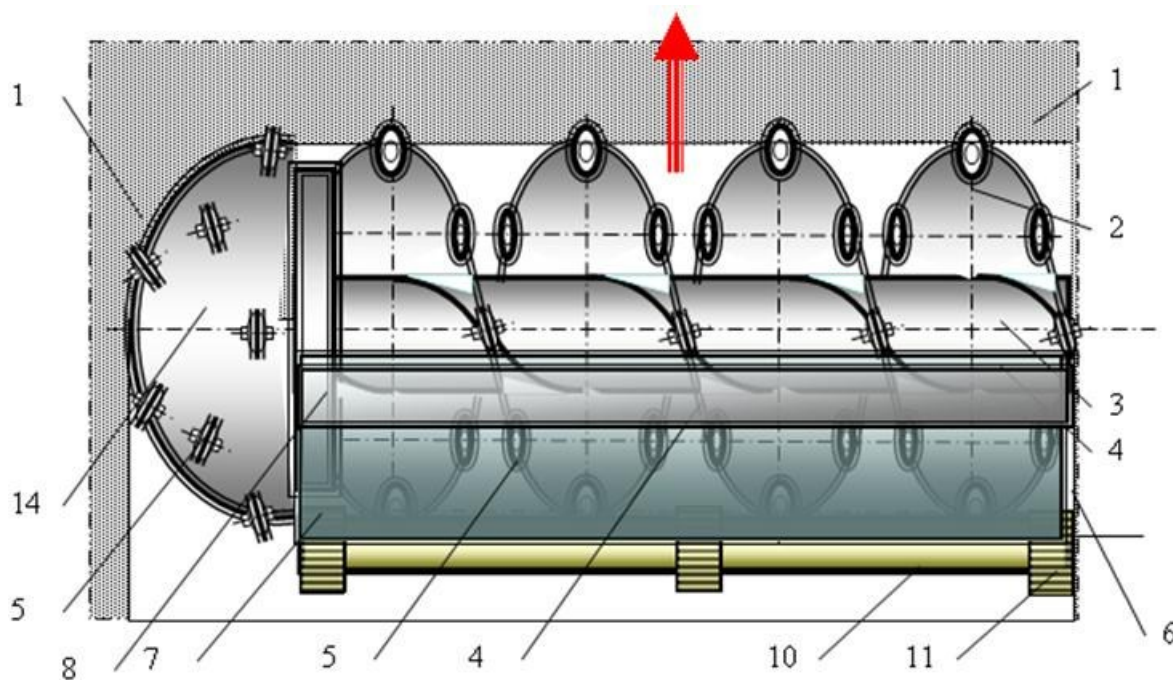


Рис. 1. Агрегат фронтальной шнековой выемки (АФШВ) с дисковыми шарошками, поперечное сечение

Агрегат фронтальный шнековой выемки АФШВ имеет многофункциональный рабочий орган и транспортное устройство, выполненные как единое целое в виде последовательно расположенных вдоль забоя лавы 1 шнековых секций 2 с валом 3, на лопастях 4 которых установлены шарошки 5 (дискового или цилиндрического типа). На внешней стороне

каждой шнековой секции 2 закреплено с помощью стержней 6 щитовое ограждение 7, которое заканчивается направляющими лемехами 8 и 9. Для создания усилий напора на забой и фронтального перемещения, агрегат снабжен двигателем в виде присоединенного к каждой шнековой секции 2 приводного вала 10, на котором расположены напорные катки 11. Последние распирают между кровлей и почвой пласта 12. Катки 11 соединены распорными стержнями 6 с валом 3 шнековых секций 2. Секции шнекового 3 и приводного 10 валов соединены друг с другом с помощью полукарданного сочленения 13, которое не только



передает вращение, но и допускает угловое перемещение соседних валов в вертикальной плоскости. Первая (угловая) шнековая секция 2 со стороны массива выполнена как коронка для бурения в виде оболочки вращения 14, на которой размещены шарошки 5 для выбуривания угля вдоль лавы.

Рис. 2. Вид на первую (кутковую) шнековую секцию агрегата АФСВ сверху

Благодаря тому, что рабочий орган и транспортное устройство агрегата выполнены как единый многофункциональный орган, достигнуто значительное уменьшение веса и стоимости существенное упрощение конструкции. Установленные шарошки 5 на лопастях 4 обеспечивают эффективное фронтальное разрушение угля в пласте с низкой энергоемкостью, одновременно за счет вращения на шарошках (эффект подшипника качения) всех шнеков агрегата в лаве резко снижается потребный крутящий момент. Это значительно уменьшает мощность привода для агрегата, который установлен на штреке. Наличие щитового ограждения 7 обеспечивает замкнутость транспортного пространства вокруг шнековых секций 2, что увеличивает эффективность транспортировки угля и

устраняет его потери по лаве. Направляющие лемехи 8 и 9 стабилизируют продвижение агрегата по пласту угля и создают распор секций в кровлю 15 и почву 12 угольного пласта.

Напорные катки 11, которые опираются на подошву пласта 12, обеспечивают при своем вращении необходимые напорные усилия на забой лавы, что заставляет агрегат передвигаться вперед, а шарошки 5 эффективно разрушать уголь в забое лавы. Полукарданное сочленение валов 3 и 10 дает возможность агрегату приспособиться (адаптироваться) к изменению угла падения пласта угля вдоль лавы и гипсометрии пласта за счет углового перемещения валов в вертикальной плоскости. Кроме того, такое сочленение валов одновременно обеспечивает прямолинейность лавы, что очень важно для безаварийного ее продвижения, особенно в горно-геологических условиях слабых кровель 15.

Размещение на угловой шнековой секции 2 коронки для бурения в виде оболочки обращения 14, на которой размещенные шарошки 5, позволяет быстро пробурить начальную буровую скважину для размещения агрегата в пласте перед началом выемочных работ в лаве. Привод агрегата АФШВ в виде высокомоментных силовых объемных аксиальных гидромоторов типа ГМАК размещают на штреке рядом с энергопоездом, что исключает проблему переноски силового электрокабеля, которая существует у традиционных выемочных машин.

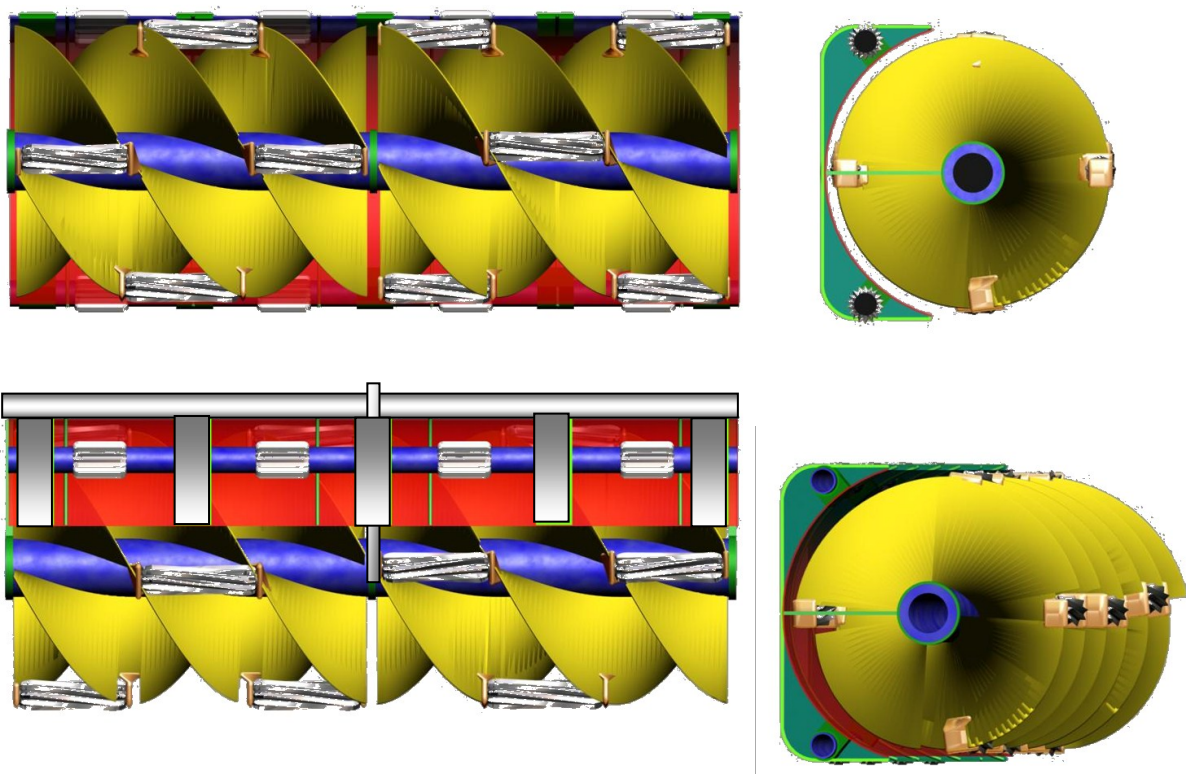


Рис. 3. Агрегат АФШВ с цилиндрическими шарошками для разрушения угля и более мощным напорным устройством (3 вида и перспектива в 3-D)

Агрегат фронтальной выемки тонких пластов (АФШВ) работает следующим образом. Перед началом добычи угля из штрека создают выбуриванием разрезную печь с помощью угловой (первой) шнековой секции 2 с коронкой для бурения 14 путём её вращения и одновременного продвижения вперёд. По мере выбуривания разрезной печи по технологии буровой скважины, последовательно наращивают шнековые секции 2, пока буровая печь не достигнет необходимой глубины, равной длине лавы.

После полного монтажа агрегата, включают на штреке гидромоторы шнековых секций 2 и напорного устройства, которые вращают шнековые секции 2 и катки 10, с помощью которых прижимают шнеки 2 с шарошками 5 на лопастях 4 к угольному забою 1. Шарошки 5, входя в контакт с угольным забоем 1, разрушают его на глубину до 50 мм. Процесс отделения угля от забоя 1 пласта значительно облегчается тем, что кромка пласта на глубину 30-100 мм будет всегда раздавлена опорным давлением пород и уголь почти без затрат энергии будет ссыпаться с забоя по всему фронту лавы внутрь шнековых секций 2. Последние, вращаясь в пределах мощности пласта (частота вращения 1-2 герц), опираются при этом на шарошки 5 как на подшипники качения, что значительно снижает сопротивление вращению и облегчает в несколько раз работу двигателей агрегата.

Закрепленное с помощью стержней 6 щитовое ограждение 7 удерживает угольную массу в пределах шнековых секций 2, а направляющие лемеха 8 и 9 подчищают ее по почве 12 и кровле 15 пласта, одновременно придавая агрегату устойчивость движения. По мере движения забоя 1 напорное устройство, за счет вращения своего вала 10 и насаженных на него катков 11 (с частотой 0,002...0,001 герц), прижимает шнековые секции 2 к забою 1, постепенно перемещая его фронтально по пласту со скоростью около 1 мм/с.

Рассмотрим кратко проблему управления горным давлением при работе агрегата АФШВ. Агрегат, обладая минимальными поперечными размерами, равными мощности пласта, по сути, размещается в пласте угля, выступая за его пределы лишь на половину мощности пласта. Поэтому ширина рабочего пространства лавы – минимальна и равна около половины мощности пласта (полдиаметра шнека), а опорное давление воспринимается кромкой пласта. Следует обратить внимание на необычную круговую форму угольного забоя, которую формируют шнековые секции. Такая форма создает трехкратную концентрацию сжимающих напряжений от опорного давления на кромке пласта, что полностью раздавливает уголь в зоне работы шарошек. Разрушенная масса угля с размером кусков 20-40 мм транспортируется шнековыми секциями вдоль лавы на штрек, где перегружается на пересыпном пункте на конвейер.

Скорость фронтального перемещения агрегата вдоль штрека колеблется в пределах 0,5...2 мм/с, количество добытого угля в зависимости от мощности пласта и скорости

вращения шнековых секций может колебаться в широких пределах. Так, для мощности пласта 0,5 м техническая производительность агрегата составляет 50...100 кг/с и больше (или 180...360 т/ч).

Высокая скорость движения лавы (3-4 м/ч или 60-80 м/сут) заставляет деформироваться кровлю пласта по-новому: она не успевает разрушаться за агрегатом и опускается в выработанном пространстве постепенно вплоть до смыкания с почвой пласта. Это переводит управление горным давлением в лаве на тонких пластах от традиционного полного обрушения в наиболее благоприятный и безопасный режим - плавное опускание.

Поскольку присутствие людей в лаве не предусмотрено, такую лаву можно не проветривать, а перейти к наиболее эффективному варианту технологии – к работе лавы в нейтральной газовой среде, т.е. при содержании метана до 100% – много больше верхнего предела его взрываемости. Такая техническая идея впервые была высказана при выполнении комплексной научной-исследовательской работы «Шахта будущего» по заданию Совета Министров СССР в 80 гг. прошлого столетия под руководством проф. А.С. Бурчакова. [4]. При наличии метана более 14-16% он не может взрываться и самостоятельно гореть. Таким образом, решается сложная проблема безопасности работ и преодоление "метанового барьера". Отпадает и необходимость в вентиляционном штреке.

В случаях, когда в пределах лавы угол наклона пласта изменяется, это не сказывается на работе агрегата благодаря полукарданному соединению стыков между смежными секциями, что позволяет им изгибаться в вертикальной плоскости в пределах  $\pm 10^\circ$  без нарушения прямолинейности забоя.

Главным технологическим условием работы фронтального агрегата АФШВ является соответствие производительностей по отбойке угля и его транспортирования шнеками, что можно записать в виде неравенства

$$\frac{V_s}{\omega_s} \leq \frac{\pi}{4} k_t \frac{d_s^2 \cdot l}{h \cdot L}$$

где  $V_s$  – скорость перемещения комбайна по простиранию, м/с;  $\omega_s$  – угловая скорость вращения шнека, об/с;  $k_t=0,6...0,9$  – коэффициент потерь скорости транспортирования угля шнеками;  $d_s$  – диаметр шнека, м;  $l$  – шаг навивки лопастей шнека, м;  $h$  – мощность пласта, м;  $L$  – длина очистного забоя, м.

Из приведенного равенства следует, что чем меньше мощность пласта  $h$ , тем с большей скоростью должны вращаться шнеки очистного фронтального комбайна. Оценка производительности комбайна для разной мощности пласта  $h$  приведена в табл. 1, где принято в качестве исходных данных  $d_s=0,67 \cdot h$ ;  $\omega_s=2$  об/с;  $\gamma=1,5$  т/м<sup>3</sup>;  $l=0,5 d_s$ ;  $k_t=0,8$ .



Таблица 1. – Производительность  $Q$  агрегата АФШВ и допустимая длина лавы  $L$  для разной мощности пласта  $h$  при скорости вращения шнеков  $\omega_s = 2$  об/с

Мощность пласта $h$ , м	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4
Техническая производительность агрегата $Q$ , т/час	1720	1000	500	220	64
Допустимая длина лавы, не более $L$ , м	238	186	120	66	30

Из табл.1 следует, что для сверхтонких пластов мощностью менее 0,6м надо примерно в 2-3 раза увеличить скорость вращения шнеков, что приведет к увеличению длины лавы до приемлемых с точки зрения технологии размеров и пропорциональному увеличению добычи. При  $\omega_s=3$ /с сменная добыча из пласта мощностью  $h=0,4$ м возрастет до 600т, а длина лавы при этом составит 45-50м. Следует иметь в виду, что работа лавы происходит без перерывов, т.е. осуществляется поточная технология работ, что очень важно для управления кровлей плавным опусканием.

Следовательно, агрегат АФШВ решает поставленную техническую задачу:

1. обеспечивает безлюдную технологию выемки тонких и сверхтонких пластов угля;
2. удовлетворяет принципу многофункциональности, когда шнековые секции выполняют функции разрушения, погрузки, доставки угля, шарошки - разрушения угля и подшипников качения агрегата, напорное устройство с валом 10 и катками 11 совмещает функции передвижения агрегата, напора шарошек на забой и щитового ограждения;
3. решает проблему безопасности работы горняков очистительного забоя, снимает угрозу взрыва метана; ликвидирует "метанный барьер", что значительно сдерживает добычу угля на газовых шахтах, осуществляет наиболее прогрессивную поточную систему организации работ, когда добыча угля выполняется непрерывно, значительно снижает себестоимость добычи угля;
4. устраняет непроизводительные затраты времени на проведение разрезной печи специальным оборудованием, на монтаж оборудования в новой лаве, смену режущего инструмента, т.к. шарошки с сотни раз устойчивее резцов;
5. осуществляет переход на более безопасный и надежный принцип управления горным давлением в лаве плавным опусканием, использует горное давление для разрушения кромки угольного пласта за счет увеличения опорного давления.

Основные технико-экономические показатели агрегата АФШВ приведены в табл. 2.

Таблица 2- Основные технико-экономические показатели агрегата АФШВ

Наименование показателей	Значение показателя
1. Длина очистного забоя, м	до 150 м
2. Угол падения пласта, град.	от 0 до 70
3. Мощность пласта угля, м	от 0,4 до 1,5
4. Скорость движения лавы, м/час	2-4
5. Требуемая мощность двигателей, кВт	до 300
6. Масса 1 м агрегата в лаве, кг/м	100-300
7. Производительность на пласте 0,7 м в лаве длиной 100 м, т/час т/сут	150-200 3000-5000
8. Численность сменной бригады механиков, чел	2-3
9. Стоимость агрегата АФШВ на лаву 100 м, тыс. гр.	700-900
10. Срок окупаемости при внедрении, мес.	менее 1

Для угольной промышленности Украины при ежегодном уровне угледобычи 100-120 млн. т необходимо выпускать 90-120 агрегатов. Следует учесть при этом и потребности других угледобывающих стран, для которых данная техника может представлять значительный интерес. Агрегат АФШВ может стать вполне конкурентоспособной продукцией не только на собственном внутреннем рынке, но и за рубежом. Учитывая открывающиеся возможности повышения эффективности работы угольной промышленности, следует существенно пересмотреть основные положения концепции развития угольной промышленности [5] и внести корректировки в проект энергетической стратегии Украины [6]. Уголь может и должен стать более доступным и дешёвым источником энергии в топливно-энергетическом балансе индустриально развитых стран

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Garry G. Litvinsky. Problem eksploatacji cienkich pokladow w ukraińskich kopalniach węgla kamiennego Zagłębia Donieckiego/ Proceeding of the School of Underground Mining- 2002: International Mining Forum, Polish Academy of Science. – Krakow: Nauka-Technika, 2002. – pp. 347-363.
2. Грищенко А.Н. Проблемы эргономики при организации и ведении работ на тонких пластах угля. - Уголь Украины, 2000, № 1. С. 32-34.

- 3.Выемка угля безлюдными способами/А.Е. Левкович и др. - Киев: Техника, 1992. – 214 с.
- 4.Пучков Л.А., Красок Н.Н., Мазикин В.П. Технология интенсивной отработки высокогазоносных пологих угольных пластов в инертной среде. – М.: МГГУ, 1994. – 17 с.
- 5.Проект Енергетичної стратегії України до 2030./ Мінпаливенерго України. – Київ, 2005.
- 6.Концепція розвитку вугільної промисловості/ Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 07.08.05 № 236р //Урядовий кур'єр.-2005. - № 127.