© В.П. Плотников, 2006

УДК 622.232.7

В.П. Плотников

НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЫЕМОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ДЛЯ ДОБЫЧИ КРУПНОГО УГЛЯ

В статье [1] показано, что скорости перемещения отечественных выемочных комбайнов при отбойке угля с сопротивляемостью резанию А = 100 кН/м не превышают 4.6 м/мин, у комбайнов 2К-52 и 4.2 м/мин – у комбайнов 2КШ-3, а максимальная глубина серповидного реза при этом равна 4.5 и 4.9 см соответственно (таблица). В этих случаях наиболее распространённые резцы 3Р4-80 режут уголь немного больше чем наполовину их режущей длины, т.к. длина головки этих резцов 8 см. Надо отметить, что пластов угля в Кузбассе такой сопротивляемостью резанию немного. В работе [2] установлено, что доля угольных пластов Кузбасса в добыче угля с сопротивляемостью резанию 60-120; 120-180; 180-240; 240-360 кН/м составляет соответственно: 1,8; 41,9; 45,5; 10,8 %. В этой работе уже 30 лет назад было доказано, что при сопротивляемости резанию 240 кН/м работа наших комбайнов неэффективна.

В таблице видно, что при сопротивляемости резанию 300 кН/м скорость подачи названных комбайнов составляет всего 1,5 и 1,4 м/мин, а максимальная глубина серповидного реза – 1,5 и 1,8 см соответственно. Другие отечественные комбайны имеют ещё более низкие показатели. Это свидетельствует о том, что все отечественные выемочные комбайны не способны эффективно разрушать даже угольный пласт со средней сопротивляемостью резанию 60-120 кН/м (шахтёры обычно называют такой уголь слабым), причём новейшие комбайны иногда по этим параметрам хуже некоторых первых отечественных комбайнов

Кроме серийных резцов 3Р4-80 в нашей стране были испытаны тангенциальные резцы ИТ-125, с высотой головки 125 мм, а за рубежом применяются резцы с высотой головки 175 мм.

В связи с этим на первом этапе усовершенствования наших комбайнов целесообразно освоить резание на высоту головки резца 80 мм, затем 125 мм и 175 мм. Для этого необходимо повысить мощность электродвигателей исполнительных органов комбайнов до 500 кВт или при электродвигателях 200 кВт увеличить вращающий момент на шнеке не менее чем в 2 раза путём уменьшения скорости резания. Для этого в редуктор режущей части необходимо добавить одну пару шестерён. Возможно и целесообразно также применить ступенчатое регулирование скорости вращения шнеков, примерно так, как это выполнено в автомобилях, электросвёрлах ЭБГП и буровых машинах БГА-4. Это позволит эффективно разрушать угольный пласт с разной сопротивляемостью резанию вплоть до 360 кН/м.

Увеличение глубины резания в каждом конкретном случае позволит уменьшить измельчение угля и энергоёмкость его разрушения, а это неизбежно повысит производительность комбайна при той же мощности электродвигателей, примерно в 1,5–2 раза.

Скорость подачи комбайнов $V_п$ и максимальная глубина серповидного реза $h_м$ при разной сопротивляемости угля резанию А

Тип комбайна	Мощность электродвигателей комбайнов, кВт	Частота вращения шнеков, об/мин	Скорость резания, м/с	Диаметр шнеков, м	Количество резцов, режущих массив одновременно	Сопротивляемость угля резанию А, кН/м							
						100		200		300		400	
						$V_п$, м/мин	$h_м$, см	$V_п$, м/мин	$h_м$, см	$V_п$, м/мин	$h_м$, см	$V_п$, м/мин	$h_м$, см
2К-52	100	51.5	2.67	1.0	13	4.6	4.5	2.3	2.3	1.5	1.5	1.1	1.1
КШ-1кГ	105	32.7	1.85	1.1	21.0	4.0	4.0	2.0	2.0	1.3	1.3	1.0	1.0
КШ-3М	145х2		2.45	1.6	22.5	3.0	3.4	1.5	1.7	1.0	1.1	0.8	0.8
2КШ-3	200х2		2.9	1.8	22.5	4.2	4.9	2.1	2.5	1.4	1.8	1.0	1.2
ГШ-68	125х2	53.6	2.8	1.0	18.0	4.0	3.9	2.0	1.8	1.3	1.3	1.0	1.0
KGS-345	150х2	30.17		1.6	18	3.0	2.5	1.5	1.3	1.0	0.7	0.7	0.6
KGS-560	250х2	36.4		1.6	18	5.0	3.4	2.5	1.7	1.7	1.1	1.2	0.8
"Электра"	500х2	29.0		1.6	18	10.0	8.6	5.0	4.3	3.3	2.9	2.5	2.2
компания "Андерсон"	500х2	29.0		2.0	18	8.0	6.9	4.0	3.5	2.7	2.3	2.0	1.8
К - 500	250х2	36.6		2.0	22.5	4.8	4.4	2.4	2.2	1.6	1.5	1.2	1.1

Возможно и целесообразно применять для вращения шнеков электродвигатели постоянного тока, которые по своей характеристике более пригодны для выемочных комбайнов, чем применяемые асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором. Искрение коллекторов электродвигателей постоянного тока не опаснее искрения контактов пускателей, эти коллекторы могут быть, также как и пускатели, хорошо изолированы и закрыты от шахтной атмосферы. С новыми более мощными электродвигателями можно уменьшить количество резцов на шнеке до 20–30, увеличить глубину резания, изменить схему установки резцов, уменьшить энергоёмкость отбойки угля и выход штыба, увеличить выход крупного угля и производительность комбайнов.

При увеличении глубины резания придётся отказаться от шнеков и применить в выемочных комбайнах барабанные или корончатые исполнительные органы. Резание угля шнеками начинается в щелевом и угловом режиме от новой стенки очистного забоя, в глубине массива, где его ослабление горным давлением минимально, т.е. в самом трудном варианте. Погрузочная способность шнеков сильно преувеличена. После прохода комбайна уголь остается на почве пласта на уровне забойного конвейера. Остальной отбитый уголь может скатываться на забойный конвейер под действием собственного веса под углом естественного откоса 40-50°. Шнек грузит только уголь, находящийся выше уровня конвейера до плоскости естественного откоса, т.е. всего 0,3 т с погонного метра за-

боя, это при мощности пласта 3 м – всего 10 % отбитого угля. Отбитый уголь шнек многократно бросает через себя, дополнительно измельчает, снижая его потребительские свойства и цену. Если не шнеке установить резцы с увеличенной головкой, шнек грузить уголь вообще не будет.

Схема установки резцов на барабане или коронке комбайна должна быть такой, чтобы резание угля начиналось от свободной поверхности забоя, а не в кутке, как на современных шнеках. Затем точку максимальной глубины серповидного реза должен проходить второй резец соседней линии резания, третий, и все остальные резцы до вновь образованной поверхности забоя. При этом будет выполнено в наибольшем возможном объёме полублокированное (ступенчатое) резание с минимально возможной энергоёмкостью, т.к. при изменении отношения шага резания к его глубине t/h от 0,5 до 6 коэффициент степени блокирования резцов $k_б$ может быть небольшим, он изменятся от 0,25 до 1,0 [3]. Погрузку угля на конвейер можно выполнять щитами и лемехами с гидроприводом.

Однако, все предложенные выше изменения в комбайнах не так просты, как кажется на первый взгляд. Прежде всего, они дороги и трудоёмки. Известно, что на разработку и внедрение нового комбайнового электродвигателя требуется 10-15 лет дорогих научно – исследовательских работ.

Есть ещё один вариант небольшого усовершенствования исполнительных органов отечественных комбайнов. Для этого автор проанализировал показатели таблицы и схему установки резцов на шнеках современных отечественных комбайнов с точки зрения теории резания угля.

В учебнике "Горные машины и автоматизированные комплексы" [3] оптимальный шаг резания (расстояние между соседними бороздами резания) для современных комбайнов рекомендуется определять по формуле:

$$t_{оп} = b + k_t \cdot h \text{, см} \qquad (1)$$

где b- ширина режущей кромки резца комбайна, см; k_t – коэффициент, зависящий от физико-механических свойств угля, для хрупких углей, k_t =1,2-1,4; h – глубина резания, см.

У резца 3Р4-80 ширина режущей кромки 1,3 см, тогда формула (1) примет вид:

$$t_{оп} = 1,3 + 1,2 \cdot h \text{, см} \qquad (2)$$

Шаг резания на шнеках современных комбайнов равен 5 см, Поэтому из формулы (2) можно найти глубину резания $h_н$, соответствующую $t_{оп}$ =5 см, при которой начинается эффективное ступенчатое резание:

$$h = \frac{5 - 1,3}{1,2} = 3,1 \text{ см} \qquad (3)$$

При глубине резания больше 3,1 см разрушение угольного пласта конкретным комбайном происходит в оптимальном режиме с наименьшей возможной энергоёмкостью и наивысшей производительностью для конкретного комбайна.

Схема формирования стружки при резании угля резцами шнекового барабанного или корончатого исполнительного органа комбайна показана на рисунке. Зона эффективного ступенчатого резания находится в центре серповидного реза и охватывается дугой с углом 2α (сектор АОВ). В этой зоне глубина, при которой начинается и заканчивается эффективное ступенчатое резание $h_н$ связана с наибольшей глубиной реза $h_м$ формулой [3]:

$$h_н = h_к = h_м \cdot Sin\varphi \qquad (4)$$

где, $h_н$ и $h_к$ – глубина резания, при которой выполняется наиболее эффективное резание с отделением крупных кусков угля до соседнего реза (ступенчатое резание); $h_м$ - максимальная глубина серповидного реза; φ – угол между осью координат Y и положением резца в момент начала ступенчатого резания.

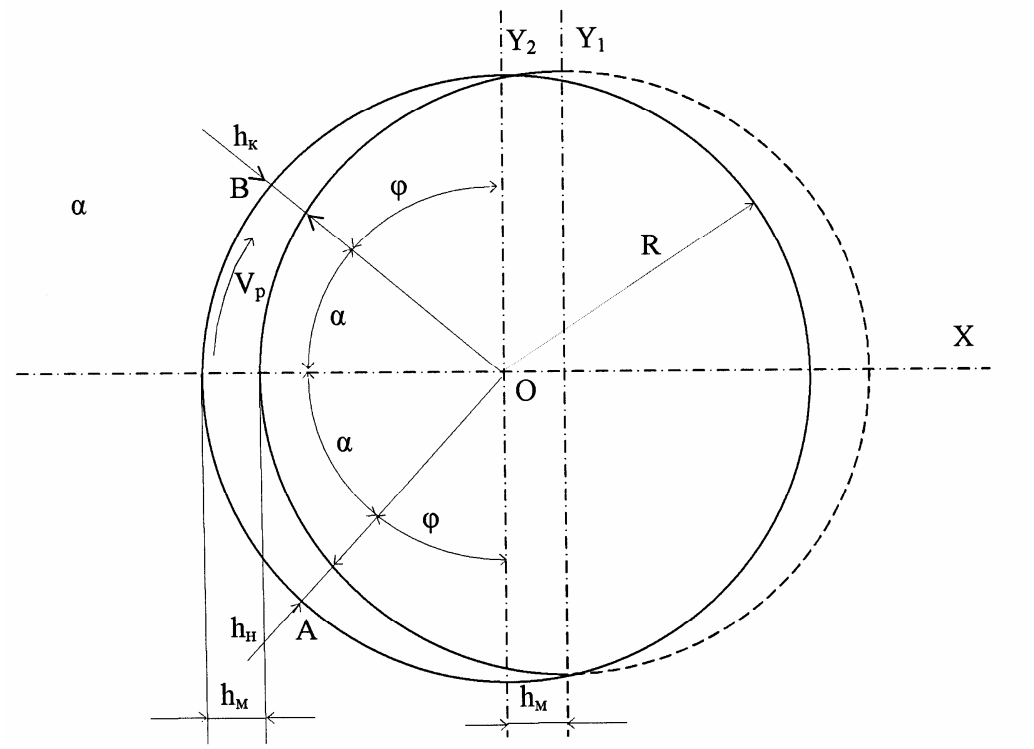

Схема формирования стружки при резании угольного пласта резцами шнека, барабана или коронки горного комбайна

Формулу (4) выразим после преобразования зависимостью:

$h_к = h_н = h_м \cdot Cos\alpha$ (5)

Если $h_н$ в нашем примере равна 3,1 см, а $h_м$ при сопротивляемости угля резанию 100 кН/м для 2КШ-3 равна 4,9 см, тогда:

$Cos\alpha = h_н / h_м = 3{,}1/4{,}9 = 0{,}63$ (6)

$\alpha = 50^o$; $2\alpha = 100°$

При работе комбайна 2КШ-3 на полный диаметр шнека количество резцов, охваченных дугой эффективного резания, составит отношение:

$$\frac{2\alpha}{180^o} = \frac{100}{180} = 0{,}56 \qquad (7)$$

При количестве резцов на шнеке 2КШ-3 – 45, половина из них постоянно режет уголь ($n_п$ = 22,5), тогда количество наиболее эффективно режущих резцов составит:

$n_{эф} = 0{,}56 \cdot n_п = 22{,}5 \cdot 0{,}56 = 12$ (8)

Сравнение полученных показателей с табличными доказывает, что в угольном пласте с сопротивляемостью резанию 100 кН/м количество резцов 2КШ-3, наиболее эффективно разрушающих уголь составляет 56 % от количества резцов, одновременно режущих забой, а при сопротивляемости угля резанию 200 кН/м один из лучших современный комбайн 2КШ-3 не может резать забой в оптимальном режиме, т.к. максимальная глубина реза при этом равна 2.5 см, и весь забой разрушается в наиболее энергоёмком щелевом режиме. В таком же режиме, при сопротивляемости резанию 200 кН/м и более, работают другие отечественные комбайны (таблица).

По мнению автора, такие плохие

результаты работы комбайнов объясняются тем, что после прохода одного резца ступенчатого реза не получается, резание повторно происходит в щелях без развала борозды резания несколькими резцами последовательно, с силой в 1,5-1,8 раза большей. Ступенчатый рез, отрыв угля до соседнего реза происходит только тогда, когда глубина щели достигает, в нашем примере 3,1 см. Например у комбайна 2КШ-3 при сопротивляемости резанию 300 кН/м пройдут два резца, после этого по центру серповидного реза отделяется крупный кусок угля на ширину шага резания. На входе и выходе из серповидного реза все резцы последовательно режут щели без отрыва угля, поэтому и энергоёмкость разрушения в этих зонах примерно в 3-4 раза выше[3].

Для устранения этих недостатков комбайнов необходимо уменьшить шаг резания в 2 раза, как это выполнено в проходческих и частично в некоторых выемочных комбайнах. Можно ставить резцы в линиях резания веером, так чтобы резать тангенциальные резы, как это выполняется в крайних линиях резания на шнеках современных комбайнов со стороны вновь образованной поверхности забоя. В дальнейшем, если позволит динамика резания, можно уменьшить количество резцов на шнеках комбайнов, как это было на первых отечественных комбайнах 1К-101, 1К-52М, 2К-52, до 20-30 резцов на шнеке. Затем необходимо применить тангенциальные резцы ИТ-125 и другие им подобные. Это повысит производительность комбайнов на 15-20 %, немного уменьшит выход штыба и энергоёмкость разрушения угля.

Однако надо признать, что все названные выше предложения – это только возврат в прошлое, к первым отечественным комбайнам, это только выход из тупика назад.

Для радикального улучшения конструкций горных комбайнов, для добычи крупного угля в безопасных условиях с высокой производительностью необходимо применять на корончатых и барабанных исполнительных органах комбайнов высокомоментные низкооборотные гидромоторы, выпускаемые нашей промышленностью, которые без редукторов непосредственно соединять с этими исполнительными органами.

Автор считает этот вариант совершенствования современных выемочных комбайнов актуальным, своевременным, наиболее дешёвым, эффективным и безопасным, позволяющим уменьшить выход штыба с 45-60 до 23 %, получить крупный уголь, который дороже штыба в 3 раза. В забое при этом найдёт применение гидромеханизация, а электро-энергия не потребуется и будет из забоя удалена. Этот вариант автор считает наиболее дешёвым и перспективным, потому, что всё необходимое оборудование, насосы, насосные станции, гидромоторы, трубы, высоконапорные шланги с необходимыми параметрами давно выпускаются нашей промышленность. Поэтому не потребуется создавать новое дорогое оборудование. Предлагаемые комбайны можно быстро изготовить (по существу – собрать) на заводах Кузбасса из выпускаемого отечественной промышленностью оборудования.

Насосные станции, предназначенные для механизированных крепей, без каких либо усовершенствований полностью и надёжно обеспечат гидромоторы гидравлической энергией. Эти станции должны устанавливаться далеко от очистного забоя, в капитальной горной выработке на свежей струе или на поверхности шахты. Передача гидравлической энергии на большие расстояния может осуществляться с небольшими потерями, меньшими, чем потери энергии в комбайновом кабеле, а КПД гидромоторов значительно, в 1.5 раза выше КПД электродвигателя и редуктора комбайна.

Промежуточным временным вариантом этого решения может быть предложена установка насосной станции на выемочный комбайн, но при этом сохраняются многие недостатки современных комбайнов и опасность от электроэнергии, т.к. в

очистном забое обычно самое сильное выделение метана.

При этом надо учитывать, что в настоящее время выпускаются нашей промышленностью хорошие надёжные насосные станции, предназначенные только для механизированных крепей. Подача рабочей жидкости новых насосных станций СНЕ 90/32 и СНЕ 180/32 составляет 90 и 185 л/мин, мощность электродвигателей – 50 и 110 КВт, а масса 3000 и 3650 кг соответственно. Для работы на комбайне эти насосные станции придётся значительно переделать, т.к. для комбайна с одним шнеком потребуется около 500 л/мин, с двумя около 1000 л/мин рабочей жидкости. Одну такую насосную станцию, или несколько, необходимой суммарной мощности 250 – 500 КВт, невозможно установить на корпусе комбайна из-за её больших габаритов и массы. Только объём резервуара для рабочей жидкости такой насосной станции должен быть не менее 2.5 минутной подачи насоса, т.е. 2500 л [4]. Поэтому такие насосные станции нецелесообразно устанавливать на комбайне и двигать их по лаве, если они могут работать в стационарном режиме.

Необходимо на комбайне устанавливать только гидромоторы, а насосную станцию оставить далеко от забоя. При этом значительно упрощается конструкция комбайна, повышается его надёжность, а значит производительность и эффективность. При этом комбайн будет состоять из одного серийного высокомоментного низкооборотного гидромотора (или двух), серийного гидравлического механизма подачи Г-405, Г-406 или экспериментального Г-412 (или двух механизмов подачи), корончатого или барабанного исполнительного органа (одного или двух), установленных на корпусе комбайна подвижно, подобно комбайнам ГПК, К-56МГ, 4ПУ, 4ПП-2М, трубопроводов, высоконапорных шлангов, систем управления и защиты. Масса такого комбайна будет в несколько раз меньше массы современных комбайнов, вследствие достоинств гидропривода, а выход крупного угля, производительность и экономическая эффективность в несколько раз больше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Плотников В.П.* Анализ основных параметров исполнительных органов современных выемочных комбайнов. // Горные машины и автоматика, №4, 2004. Плотников В.П. с. 4-7.

2. *Болдырев П.И.* Исследование и прогнозирование показателей сопротивляемости разрушению углей Кузнецкого бассейна. Автореферат к.т.н. // Болдырев П.И. – Кемерово, 1975, 24 с.

3. *Солод В.И., Зайков В.И. Первов К.М.* Горные машины и автоматизированные комплексы: Учебник для ВУЗов // Солод В.И. – М., Недра, 1981, 503 с.

4. *Хорин В.Н.* Объёмный гидропривод забойного оборудования. – 3-е изд. перераб. и доп. // Хорин, В.Н. – М., Недра, 1980/ 415 с.

Коротко об авторах

Плотников В.П. – СибГИУ, г. Новокузнецк.