© В.И. Клишин, Ю.С. Фокин,
Д.И. Кокоулин,
Кубанычбек уулу Б., 2014

УДК 622.232

В.И. Клишин, Ю.С. Фокин, Д.И. Кокоулин, Кубанычбек уулу Б.

ТЕХНОЛОГИЯ ПРИНУДИТЕЛЬНО УПРАВЛЯЕМОГО ВЫПУСКА МЕЖСЛОЕВОЙ ТОЛЩИ УГЛЯ И МЕХАНИЗИРОВАННАЯ КРЕПЬ ДЛЯ ЕЕ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

Предложен способ управления процессом гравитационного движения угля при выпуске подкровельной (межслоевой) толщи в зоне повышенного горного давления над секциями механизированной крепи за счет принудительно-управляемого выпуска угля в каждой секции регулируемыми по производительности питателями на забойный скребковый конвейер. Проведена оценка влияния конструктивных параметров плунжерного питателя механизированной крепи с принудительным выпуском самообрушающегося угля на характер изменения параметров фигуры выпуска. Определялась производительность выпуска в зависимости от параметров устройства регулируемого выпуска и кусковатости угля. Исследования закономерностей процессов разрушения угля и выпуска его из разрабатываемой части пласта, позволили предложить конструкцию механизированной крепи с устройством регулируемого выпуска угля на забойный конвейер, которая коренным образом изменяет условия труда горнорабочих и повышает технико-экономические показатели ведения очистных работ в лаве и выпуска угля.

Ключевые слова: уголь, горное давление, выпуск самообрушающегося угля, плунжерный питатель, механизированная крепь, скребковый конвейер.

Принудительно-управляемый выпуск позволяет создать общий поток угля над механизированным комплексом, за счет увеличения зоны потока угля, значительно превышающие зоны потока известных способов. Это обеспечивает, увеличение пропускной способности крупнокускового угля, полноту его выемки и снижение разубоживания. Кроме того, позволяет управлять, загрузкой забойного скребкового конвейера максимально используя его технические возможности, и значительно упростить сопряжение лавы с подготовительными выработками. Создание механизированной крепи, обеспечивающей площадный, регулируемый выпуск подкровельной (межслоевой) толщи угля на забойный конвейер для разработки мощных пологих пластов угля, во многом зависит от правильно выбранных параметров механизированной крепи и ее типа, местоположения выпускных окон, а также способа выпуска угля.

Применение питателей на выпуске и погрузке подкровельной (межслоевой) толщи в механизированных крепях с выпуском самообрушающегося угля, является новым направлением в создании высокопроизводительных технологий в угольной отрасли. Поэтому возникла необходимость провести исследования по изучению основных зависимостей и закономерностей, определяющих рациональные параметры механизированной крепи с принудительно-управляемым выпуском угля.

Оценивалось влияние конструктивных параметров плунжерного питателя механизированной крепи

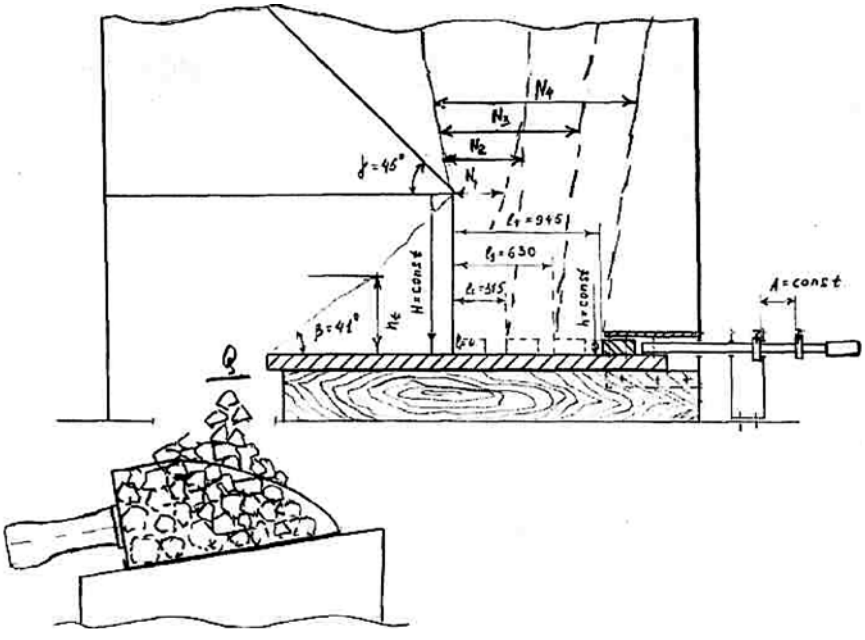

Рис. 1. Влияние места положения питателя относительного выпускного окна на процесс выпуска

с принудительным выпуском самообрушающегося угля на характер изменения параметров фигуры выпуска. При этом определялась производительность выпуска в зависимости от параметров устройства регулируемого выпуска и кусковатости угля.

$$Q = f\,(l, h, A, \gamma, H, Z, S, \alpha, K), \qquad (1)$$

где Q – производительность выпуска; l – место положение питателя относительного выпускного окна; h – высота кромки питателя; A – длина хода питателя; γ – угол наклона задней ограждающей части механизированной крепи; H – высота выпускного окна; Z – высота подъема заслона при выпуске самообрушающегося угля; S – высота рифлений питателя; α – угол наклона питателя; K – кусковатость угля.

Поскольку изучение функции Q в таком виде является достаточно трудоемкой, исследуем ее аргументы по отдельности. Ширина зоны потока N на уровне выпускного окна и объем выпушенного угля V, являются функциями от H, A, h, l.

Так как зона потока является сферой влияния питателя и выпускного окна механизированной крепи, а их размерами будет определяться производительность, то важно выяснить, какие факторы определяют размеры и форму зоны потока. Это необходимо для создания в каждом конкретном случае наиболее благоприятных условий выпуска угля. С этой целью были произведены опыты по выпуску подкровельной толщи самообрушающегося угля из стенда при различных значениях питателя.

В каждом опыте уголь выпускали до появления покрывающих пород в выпускном окне. В первую очередь были проведены опыты, с целью определения влияние смещения питателя относительно выпускного окна в сторону завала – на процесс выпуска. Было выбрано пять точек. l = 0; 315; 630; 875; 945 мм (рис. 1). При этом

Таблица 1

Значения показателей l, N, V, n

l ***-место положение питателя относительно выпускного окна, мм***	***N*** ***– ширина зоны потока на уровне выпускного окна, мм***	***V*** ***– выпущенный уголь, гр (на модели)***	***n*** ***– ход питателя, мм***
0	850	682,5	125
315	1050	717,6	105
630	1250	807,3	135
945	1450	869,7	129

постоянными значениями были: высота выпускного окна (H = 1000 мм); ширина выпускного окна (B = 1000 мм); ширина рабочего органа (875 мм); высота кромки плунжера (h = 125 мм); ход плунжера (A = 200 мм).

Для удобства наблюдений за процессом движения и фиксации выпускаемой массы горизонтальные слои угля на определенных уровнях был разбит на A частей. Каждая i-я часть выпушенного угля обозначалась символом V_i, где i = 1, ..., Δ. Таким образом, весь объем выпушенного угля V описывается в виде следующей суммы

$$V = \sum_{i=1}^{\Delta} V_i \quad . \qquad (2)$$

Для того чтобы извлечь объем угля V_i необходимо совершить n_i двойных ходов питателя. Следовательно, для извлечения всего объема угля V необходимо n ходов.

Результаты замеров ширины зоны потока N на уровне выпускного окна, объем выпушенного угля V и сумма хода плунжера п, полученных при опытах, приведены в табл. 1

Характер их изменения показан на графике, приведенном на рис. 2.

При фиксированном H, h, A функции N и V становится линейной относительно l. С перемещением питателя, относительно выпускного окна от 0 до 945 (l, мм), увеличивается ширина зоны потока на уровне выпускного окна и объем выпушенного угля. Это подтверждается результатами экспериментальных исследований (см. рис. 2). При этом сумма хода питателя, изменяется скачкообразно.

Дальнейшие опыты проведены с целью определения влияния высоты кромки питателя h на процесс выпуска, при следующих значениях: H = 1000 мм; B = 1000 мм; l = 630 мм; A = 200 мм.

Q = ф (H, B, l, A, h).

Исследованиями установлено, что с увеличением высоты кромки питателя, происходит изменение производительности питателя (рис. 3). При этом влиянием h на ширину зоны потока на уровне выпускного окна N можно пренебречь.

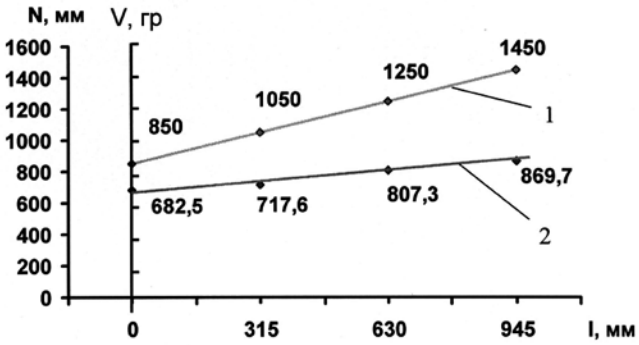

Рис. 2. Изменение ширины зоны потока (1) и объема выпушенного угля (2) в зависимости от места положения питателя

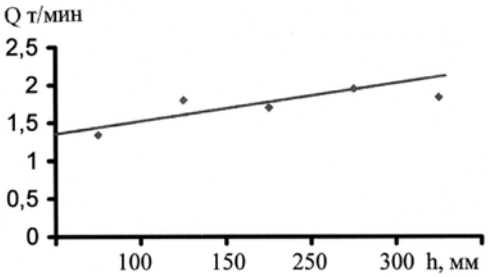

Рис. 3. Изменение производительности в зависимости от высоты кромки питателя

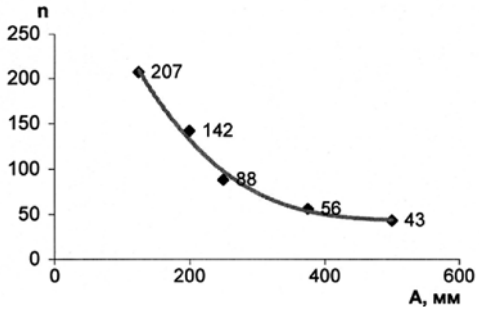

Рис. 4. Изменение количества ходов питателя в зависимости от его длины хода

Аналогичным образом проводили опыты по определению влияния длины хода питателя A на процесс выпуска. В этих опытах постоянными величинами были: H = 1000 мм; B = 1000 мм; l = 630 мм; h = 200 мм. В ходе экспериментальных опытов длина хода питателя A менялась в следующих пределах: 125; 200; 250; 375; 500, мм. Установлено что, увеличение длины хода питателя ведет к уменьшению количества его ходов и повышению производительности выпуска самообрушающегося угля. Зависимость величины п от A выражается обратно пропорциональной функцией следующего вида:

$$n = \frac{2100}{A},$$

где 2100 – const (из результатов экспериментальных исследований было

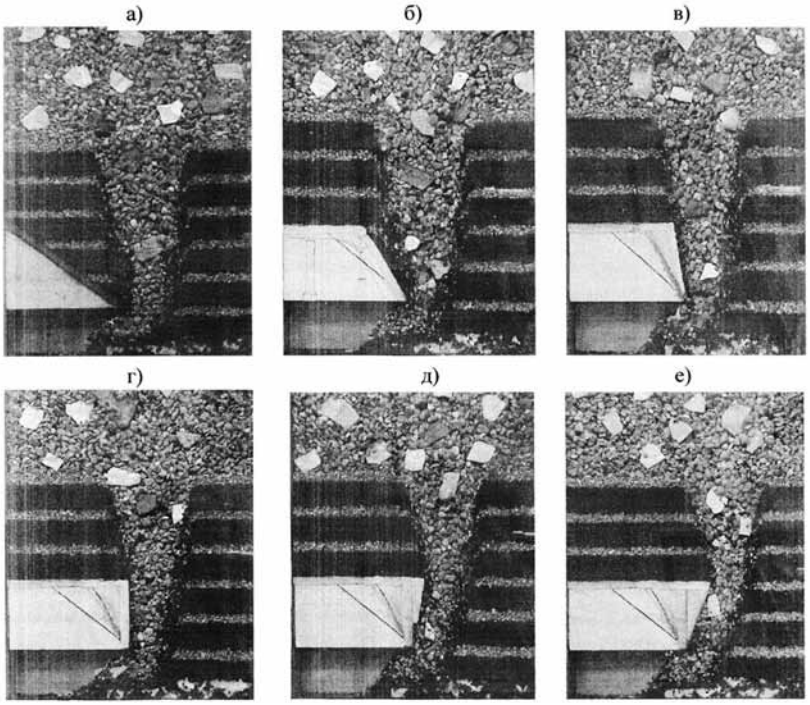

Рис. 5. Влияния угла ограждения крепи на изменения процесса выпуска угля

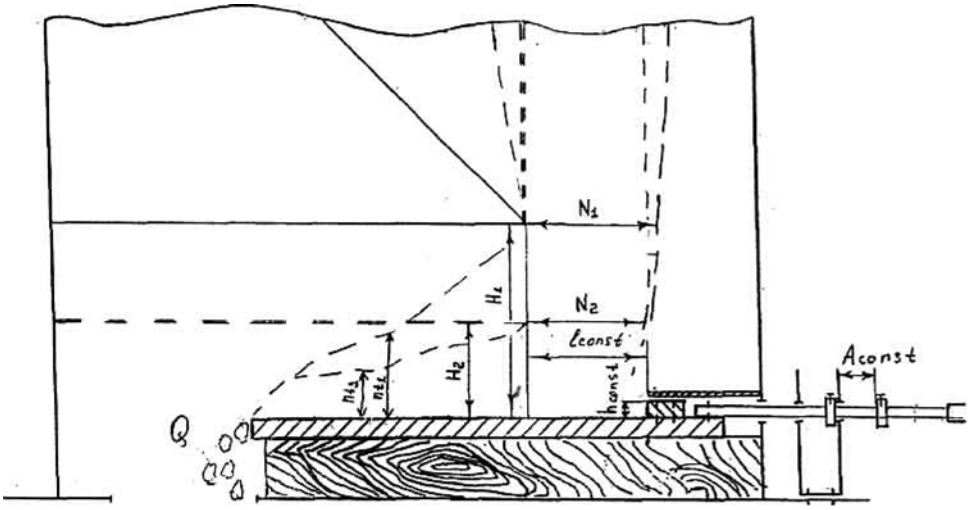

Рис. 6. Исследования влияния высоты выпускного окна на процесс выпуска угля

выведено значение этого коэффициента). Данная функция является непрерывной монотонно убывающей функцией (рис. 4).

Для установления влияние угла наклона ограждения механизированной крепи на процесс выпуска угля и на форму зоны потока была проведена серия опытов по выпуску угля из модели. Выпуск производили при углах наклона ограждения крепи, γ: 40°; 60°; 80°; 90°; 100°; 110°. При этом, постоянными значениями были: выпускное окно (отверстие), с поперечным сечением, H = 1000x1000 мм; длина питателя относительно от выпускного окна, l = 630 мм; ход питателя – A = 200 мм; высота кромки питателя, h = 200 мм.

На рис. 5 наглядно представлено влияние угла ограждения крепи на изменения положения зоны потока. Обращает внимание на себя тот факт, что, несмотря на повышения угла наклона с 40 до 80°, угол наклона ограждения крепи существенно не влияет на процесс выпуска угля. Подкровельная толща угля выпускается под действием собственного веса угля и налегающих пород с образованием фигуры выпуска в виде конуса неправильной формы, с углами 78÷82° с забойной и завальной стороны, а ширина зоны потока на уровне выпускного окна была 1250 мм. При этом, как показано на рис. 5, *а, б* уголь лежачий на ограждении крепи остается неподвижным.

При углах наклона ограждения крепи 80÷90°, образуется устойчивая зона потока. Увеличение угла наклона с 90÷110°, наблюдается изменение фигуры выпуска как показано на рис. 5, *д, е*, повторяет контур ограждения крепи, при этом ширина зоны потока на уровне выпускного окна не меняется. Вывод: ширина зоны потока не зависит от угла наклона ограждения механизированных крепей.

Для решения вопросов, связанных с выпуском угля питателями из выпускного окна (отверстия) механизированной крепи, необходимо знать влияние их размеров на размеры зоны потока. С этой целью были проведены опыты по выпуску угля из модели при различных высотах выпускного окна (отверстия). При этом, постоянными значениями были: длина питателя относительно от выпускного окна, l; ход

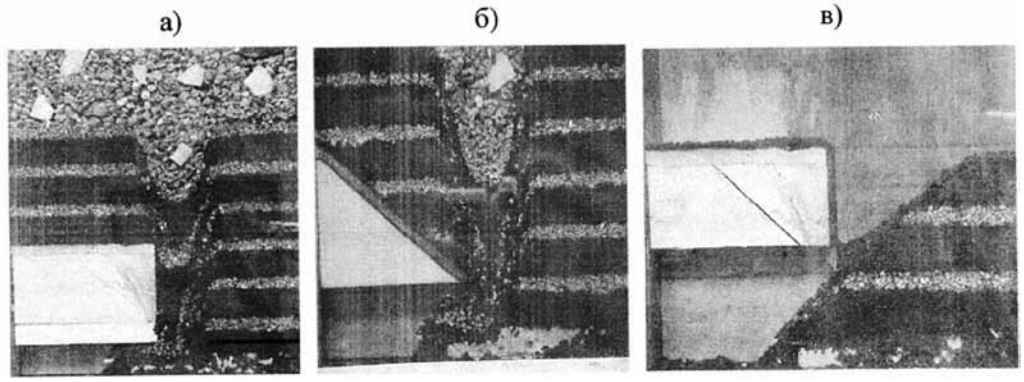

Рис. 7. Влияние высоты выпускного окна на процесс выпуска, при: а) Н=500 мм, б) Н=1000 мм, в) Н=1500 мм

питателя, *А*; высота кромки питателя, *h* (рис. 6).

С увеличением размеров выпускного окна с 500 до 1000 мм линейно возрастают *N* и *V* (рис. 7, *а*, *б*). Дальнейшее увеличение высоты выпускного окна с 1000 мм до 2500 мм на модели было невозможным по следующим причинам: после установки указанных выше размеров, начали засыпку угля. После засыпки первой полосы, как показано на рис. 7, *в* дальнейшая засыпка угля, была невозможным. Потому что, высоту окна на модели увеличили с 500 до 1000 мм, а питатель поставлен с расчетом высоты окна на 40 мм и угла естественного откоса угля, (3=41).

При этом в первых двух опытах уголь выпускали до появления покрывающих пород в выпускном окне (отверстии). Результаты замеров ширины зоны потока на уровне выпускного окна и объема выпушенного угля, полученных при опытах, приведены в табл. 2.

Из табл. 2 видно, что с увеличением высоты выпускного окна (отверстия) зона потока на уровне выпускного окна увеличивается незначительно, при возрастающем объеме выпушенного угля.

Следовательно, увеличение зоны потока угля, зависит от размеров выпускного окна, длины питателя, как в сторону забоя, так и завальной сторо-

Таблица 2

H **– высота выпускного окна (отверстия), мм**	***N*** **– ширина зоны потока на уровне выпускного окна, мм**	***V*** **– выпушенный уголь, гр**
500	1200	16640
1000	1300	20670

Таблица 3

***H*, мм**	***N*, мм**	***V*, гр**	***n***
1500	2100	728	84
2000	2050	358,8	48
2500	1625	305,5	30

ны. Поэтому дальнейшие опыты проведены при фиксированном l, h, A с изменением размеров высоты выпускного окна, а длина питателя с забойной стороны менялась с изменением размера выпускного окна и в соответствии с естественным углом откоса угля, которая равна $\beta = 41°$. Результаты замеров ширины зоны потока на уровне выпускного окна, объем выпушенного угля и сумма ходов питателя приведены в табл. 3.

Характер их изменения показан на графике, приведенном на рис. 8. С увеличением высоты выпускного окна, уменьшается объем выпушенного угля. При этом как показано на рис. 9, *а* зона *1*, относиться к потерям угля, вследствие гладкой поверхности питателя (см. рис. 9, *б*).

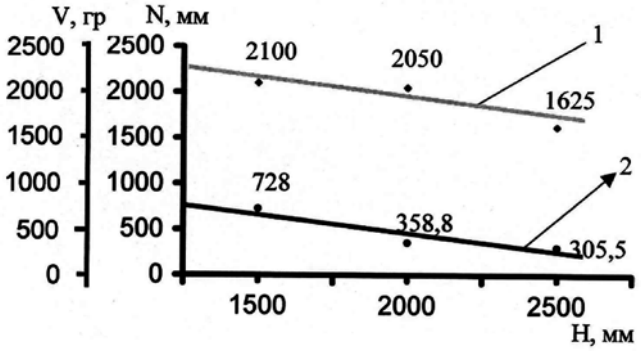

Рис. 8. Характер изменения ширины зоны потока (1) и объема выпушенного угля (2) в зависимости от высоты выпускного окна

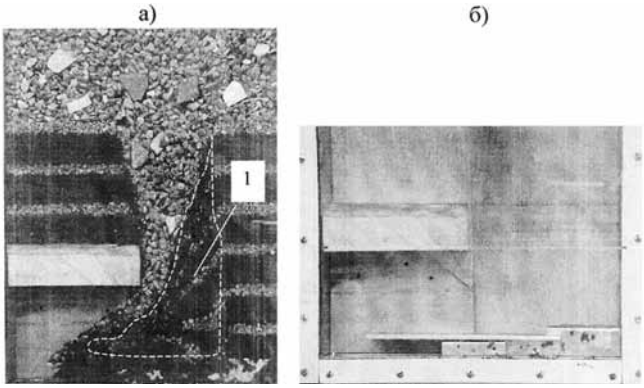

Рис. 9. Предполагаемые потери угля при гладком питателе

Наблюдениями установлено, что с увеличением размеров выпускного окна с 500 до 1000 мм линейно возрастают N и V. Дальнейшее увеличение H с 1000 до 2500 мм, показало обратное, т.е. уменьшение N и V. Как показали наблюдения, это происходит, при работе питателя с гладкой поверхностью. В этом случае, чем больше высота выпускного окна, тем больше потери угля с завальной стороны питателя, вследствие проскальзывании угля, что создает, неподвижную зону. Следовательно, одним изменением высоты выпускного окна механизированной крепи невозможно снизить потери угля.

Для выяснения характера влияния заслона и зубцов питателя и других факторов на показатели извлечения были произведены специальные опыты по выпуску угля из модели с применением цепного заслона и клиновых рифлений. Заслон, закрывающий выпускное окно, выполнен в виде элементов, соединенных цепями, и подвешен на выпускном окне (см. рис. 10). Опыты показали, что применение гибкого цепного заслона придерживает хорошо просматриваемый вертикальный слой угля, обеспечивает открытие выпускного окна на нужное сечение, что позволяет контролировать, а также обеспечить безопасность управления выпуском самообрушающегося угля.

Для уменьшения застойных зон при принудительном выпуске угля после самообрушения, необходим питатель с рифлениями. На стенде монтировал-

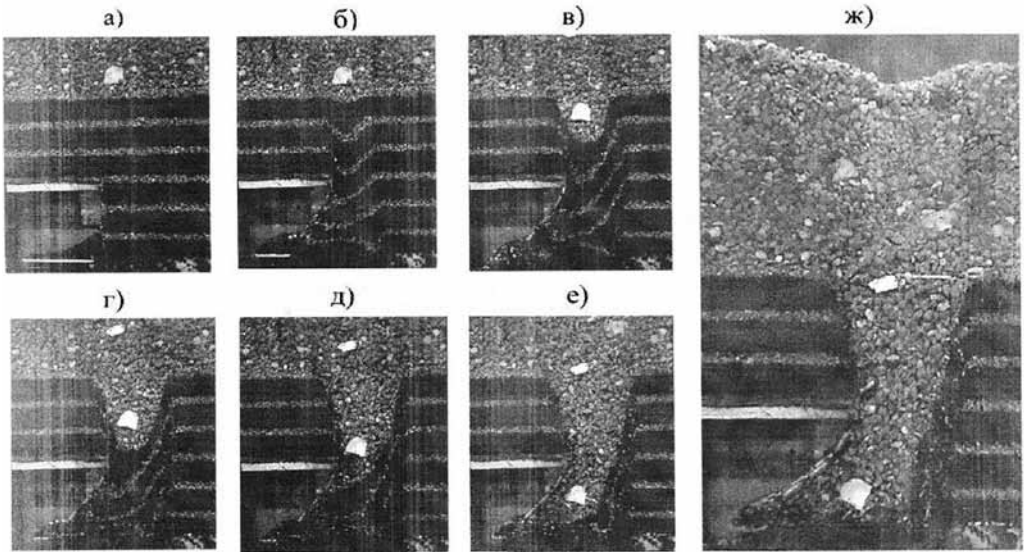

Рис. 10. Исследования влияния заслона и рифлений питателя на показатели извлечения угля

ся питатель снабженной рифлениями в количестве от трех до восьми штук с высотой рифлений от 75–125 мм. Для обеспечения минимального сопротивления перемещения жесткой плиты питателя в сторону завала угля и максимальное трение сцепления ее рабочей поверхности при перемещении в сторону выпуска угля рифления выполнены в виде клина. На рис. 10 показано последовательное изменение фигуры выпуска. Как показали опыты, движение выпускаемой массы угля и покрывающих пород началось с забойной стороны лавы (см. рис. 10, *б, в, г*), образовав не ровную фигуру выпуска, угол наклона которого с забойной и завальной стороны составил 78° (рис. 10, *д*). Дальнейшая работа питателя привела к разубоживанию угля при этом образование застойной зоны, как видно из рисунка 10, *е, ж*, намного меньше, чем при работе питателя без рифлений.

Чем больше рифлений, тем меньше вероятность образования застойной зоны потока угля и больше ширина зоны потока на уровне выпускного окна. Для обеспечения равномерного движения угля по длине желоба расстояние между рифлениями должен быть на 5–30% меньше величины хода питателя. Это компенсирует процесс расширения и сжатия угля при сме-

Таблица 4

α – угол наклона жесткой плиты питателя, град	***Q* – производительность, т/мин**	***N* – ширина зоны потока на уровне выпускного окна, мм**
0	1	1750
5	1,2	1875
10	1,5	1900
15	1,9	2000
20	2,5	2100

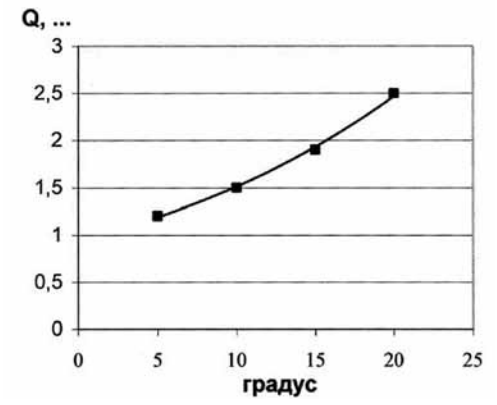

Рис. 11. Изменение производительности в зависимости от угла наклона питателя

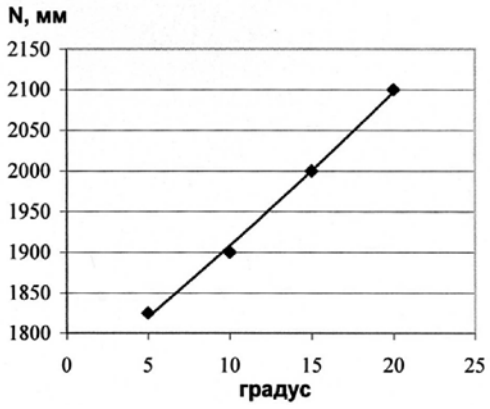

Рис. 12. Изменение ширины зоны потока в зависимости от угла наклона питателя

не направления движения, при этом стабильность процесса движения нарастает. Однако вопрос извлечения угля без разубоживания полностью не решен.

С изменением угла наклона рабочей части питателя изменяется характер и закономерности движения частиц угля, а также величина ширины зоны выпуска и как следствие, изменяются показатели извлечения угля. Проведенные опыты по установлению влияние угла наклона питателя а на показатель извлечения Q при неизменных остальных параметрах (l, h, A, y, H, Z, S) показали, что наилучшие показатели извлечения достигаются при углах наклона 10–20° (табл. 4).

Установлено, что с увеличением угла наклона α увеличивается производительность питателя Q (рис. 11) и ширина зоны потока на уровне выпускного окна N (рис. 12). При угле наклона менее 10° на завальном конце плунжерного питателя образуется застойная зона (см. рис. 10, д). Поток угля под действием собственного веса пережимает движущийся уголь по пи-

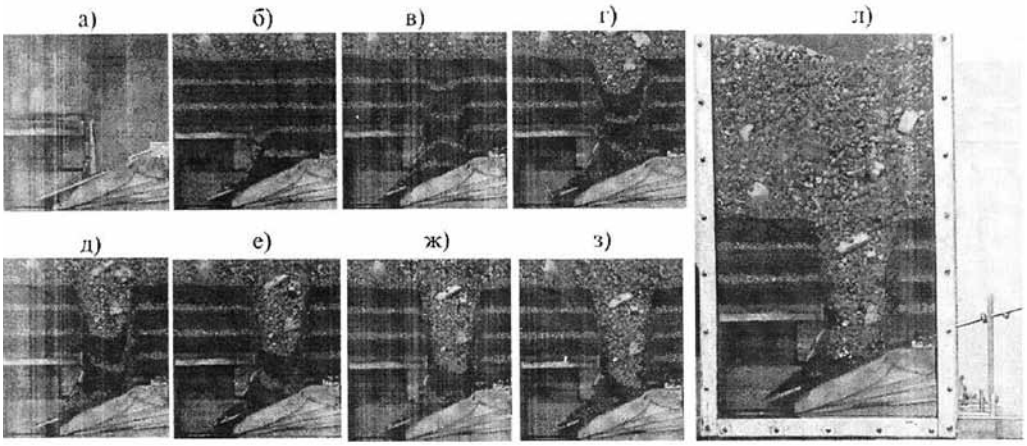

Рис. 13. Влияние угла наклона питателя на процесс выпуска

тателю. При увеличении угла наклона питателя с 10° до 15° уменьшается застойная зона на его завальном конце.

Увеличение угла наклона с 15° до 20° (см. рис. 13 *а, б*) приводит к смещению самообрушающего угля при принудительном его выпуске, сначала с завальной стороны (рис. 13 *в, г, д, е*) и дальнейший разворот потока угля на желобе (рис. 13 *ж, з*).

При этом угол наклона зоны потока с забойной и завальной стороны увеличивается до 85°, т.е. образуется вертикальная стена и выпускное окно работает как свободное отверстие. Это исключает образование застойной зоны на желобе.

Так как выше рассмотренные параметры механизированной крепи, при прочих равных условиях зависимы между собой и технологическими операциями передвижки секции механизированной крепи, то выбор рационального шага передвижки, необходимо производить с учетом ширины зоны потока угля на уровне выпускного окна. Учитывая, что ширина зоны потока, по данным результатов экспериментов находятся в пределах 1,84–2,1 м, т.е. равна 344 шагам передвижки секции крепи или ширины вынимаемой ленты лавы. Тогда, для обеспечения выхода потока самообрушающегося угля с желоба без сопротивления, величина высоты выпускного окна должно быть высотой не менее ширины вынимаемой ленты лавы. Такое соотношение обеспечивает разворот потока на желобе (рис. 13 *ж, з*) при выпуске самообрушающегося угля. А ход жесткой плиты плунжерного питателя, исходя из приведенных экспериментальных данных должен составлять 1/441/10 ширины ленты лавы, т.е. 5 004 200 мм. Расстояния между рифлениями жесткой плиты равны 0,74–0,95 ее хода при высоте рифлений 754 125 мм. Это компенсирует процесс расширения и сжатия угля при смене направления движения плунжерного питателя, при этом стабильность процесса его движения нарастает.

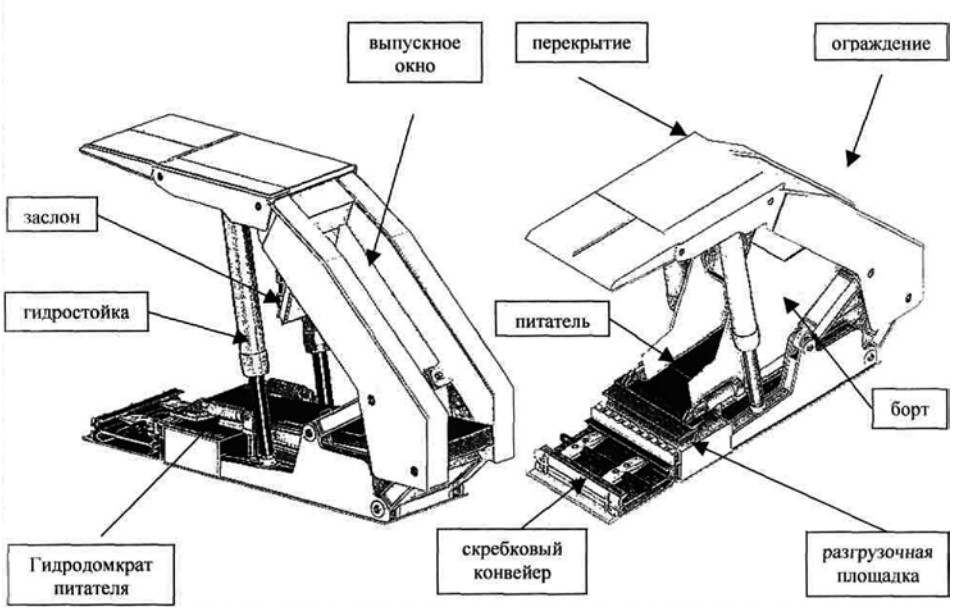

Рис. 14. Общий вид механизированной крепи с регулируемым выпуском угля на забойный скребковый конвейер

Таблица 5

Техническая характеристика механизированной крепи с регулируемым выпуском угля на забойный скребковый конвейер

Тип крепи	**поддерживающее-оградительная**
Конструктивная высота секции, м	1,8÷3,5
Шаг установки секции крепи, м	1,75; 2,0
Рабочее давление в гидросистеме, МПа	32
Рабочее сопротивление секции крепи, кн/м, не менее	1300
Рабочее сопротивление гидростойки, кН	3530
Давления срабатывания предохранительного клапана, МПа	50
Диаметр поршня гидростойки, мм	300
Количество гидростоек на секцию, шт	2
Усилие домкрата передвижки, кН	340/945
Удельное давление на почву, МПа, не более	2
Масса секции крепи, т	17,0

Таким образом, исследования закономерностей процессов разрушения угля и выпуска его из разрабатываемой части пласта, позволили предложить конструкцию механизированной крепи с устройством регулируемого выпуска угля на забойный конвейер, которая коренным образом изменяет условия труда горнорабочих и повышает технико-экономические показатели ведения очистных работ в лаве и выпуска угля. На рис. 14 показан внешний вид секции механизированной крепи с устройством регулируемого выпуска самообрушающегося угля из межслоевой толщи, которая включает основание, гидростойки, перекрытие закрепленное с ограждением. Устройство регулируемого выпуска самообрушающегося угля из межслоевой толщи выполнено в виде питателя с бортами, расположенного между гидростойками в проеме перекрытия (выпускного окна). Рабочая поверхность питателя выполнена с клиновыми рифлениями, обеспечивающими минимальное сопротивление перемещению его в сторону завала угля и максимальное трение и сцепление рабочей поверхности питателя при перемещении в сторону выпуска угля.

Питатель снабжен гидродомкратом (рис. 14), шток которого закреплен на его жесткой плите, а корпус – на бортах. Для обеспечения перегрузки угля с питателя на забойный скребковый конвейер на последнем выполнена разгрузочная площадка. Соединение перекрытия с основанием выполнено в виде траверс, образующих четырехзвенник Чебышева. Питатель снабжен дополнительным гидродомкратом, шток которого закреплен на его жесткой плите, а корпус – на бортах. Заслон (рис. 14), закрывающий выпускное окно, выполнен в виде телескопически соединенных плит, снабжен гидродомкратом управления и шарнирно закреплен на перекрытии. В секцию могут дополнительно входить следующие устройства: удержание груди забоя, направленного передвижения базовой балки и обеспечение устойчивости секции, удержание забойного конвейера, активного подпора в процессе передвижения, перекрытия боковых зазоров и др.

Система вышеописанных однотипных секций, расставленных с определенным шагом и последовательностью по длине очистного забоя и передвигающихся в направлении подвигания очистного забоя представляет собой – механизированный комплекс (лавокомплект).

Все технологические операции в дегазационном слое проводятся при постоянной откачке газа и подаче воздуха в забой. Разрыхленная до необходимой степени толща угля поступает на питатели механизированной крепи. Возможно одновременно включить в работу необходимое количество питателей и тем самым обеспечить регулирование величины опорного давления на механизированную крепь. Сочетая все известные методы разупрочнения и дегазации угольного массива, предлагаемый способ позволяет обеспечить разупрочнение массива угля и выпуск его из межслоевой или подкровельной толщ без зависаний, с высокой степенью безопасности добычных работ.

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Клишин Владимир Иванович – доктор технических наук,
зав. лабораторией, e-mail vklisnin@misd.nsc.ru,
Фокин Юрий Серафимович – кандидат технических наук,
Кокоулин Даньяр Иванович – кандидат технических наук,
Кубанычбек уулу Бакыт – кандидат технических наук,
e-mail: BJkut@yandex.ru,
Институт горного дела СО РАН.

UDC 622.232

MODEL OF COAL FRACTURING FOR INTENSIFIED METHANE RECOVERY UNDER VIBRATIONAL IMPACT

Klishin V.I., Doctor of Technical Sciences, Head of Laboratory,
e-mail vklisnin@misd.nsc.ru,
Fokin Yu.S., Candidate of Engineering Sciences,
Kokoulin D.I., Candidate of Engineering Sciences,
Kubanychbek uulu Bakyt, Candidate of Engineering Sciences,
e-mail: BJkut@yandex.ru,
Institute of Mining, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences .

The article offers a method to control coal flow by gravity during top coal cutting in roof (interlayer) formation in the zone of higher rock pressure, above powered support units, owing to assisted-controllable coal discharge in each unit equipped by capacity-adjusted feeders to direct coal to scraping transporter. It is estimated how design parameters of plunger feeder of powered support with the assisted discharge of self-caving coal influence the geometry of discharge coal flow. The discharge capacity is evaluated depending on the parameters of the controllable discharge facility and coal lumpiness. The studies of patterns of coal caving and discharge from the coal bed part under mining resulted in a new design of powered support equipped with the controllable coal discharger to scraping transporter, that drastically modifies working environment in a mine and improves engineering-and-economical performance of coal longwalling and discharge.

Key words: coal, rock pressure, self-caving coal discharge, plunger feeder, powered support, scraping transporter.