

## **ВЫЕМКА МАЛОМОЩНЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ КОМБИНИРОВАННЫМ СПОСОБОМ РАЗРУШЕНИЯ**

*Виктор Никитович Лабутин*

Институт горного дела им. Н. А. Чинакала СО РАН, 630091, Россия, г. Новосибирск, Красный пр., 54, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, тел. (383)205-30-30, доп. 205, e-mail: LabVN@yandex.ru

Приведены сведения о состоянии очистной техники в угледобывающей отрасли и возникшие проблемы добычи угля из маломощных пластов. Конкуренция на мировом рынке определяет основные пути развития механизации очистной выемки. Успех конкурентной борьбы зависит от качества угля и себестоимости его добычи, которая находится в прямой зависимости от производительности. В последние годы достигнуты высокие технико-экономические показатели добычи угля из пластов мощностью 2.0...5.0 м с углом падения менее 18°. Для этих условий в нашей стране и за рубежом созданы для выемки «высокотехнологичных» угольных пластов мощные угольные комбайны (мощность привода РО до 850 кВт). Применение таких комбайнов с их массой (до 45т) и габаритами стало возможным только при достаточной вынимаемой мощности. При этом в пластах мощностью до 2.0 м остаются почти 50% всех промышленных запасов высококачественных остродефицитных углей действующих шахт, технико-экономические показатели добычи которых остаются на низком уровне, поэтому проблема создания высокопроизводительных выемочных машин для маломощных угольных пластов остается актуальной. Для решения этой проблемы предлагается использовать комбинированное разрушение, сочетающее послынное разрушение средней части угольного пласта ударным стругом и резание верхней и нижней частей пласта шнековым рабочим органом. Такое сочетание позволяет за счет послынного ударного разрушения, увеличить толщину стружки (до 0.3 м) и скорость подачи (до 30 м/мин), повысить производительность и сортность угля по сравнению с традиционным разрушением.

**Ключевые слова:** удар, резание, разрушение, уголь, порода, пласт, угольный комбайн, выемочная машина.

## **EXCAVATION OF THIN COAL SEAMS WITH A COMBINED METHOD OF DESTRUCTION**

*Victor N. Labutin*

Chinakal Institute of Mining SB RAS, 54, Krasny Prospect St., Novosibirsk, 630091, Russia, Ph. D., Senior Researcher, phone: (383)205-30-30, extension 205, e-mail: LabVN@yandex.ru

The information about the state of treatment equipment in the coal mining industry and the problems of coal mining from low-power reservoirs. Competition in the world market determines the main ways of development of mechanization of the treatment dredging. The success of competition depends on the quality of coal and the cost of its production, which is directly dependent on productivity. In recent years, high technical and economic indicators of coal mining from reservoirs with a capacity of 2.0...5.0 m with a drop angle of less than 18° have been achieved. For these conditions in our country and abroad, powerful coal combines (RO drive power up to 850 kW) were created for the excavation of "high-tech" coal seams. The use of such combines with their weight (up to 45T) and dimensions became possible only with sufficient removable power. At the same time, in reservoirs with a capacity of up to 2.0 m, almost 50% of all industrial reserves of high-

quality acute shortage coal of existing mines remain, the technical and economic indicators of production of which remain at a low level, so the problem of creating high-performance excavators for low-power coal seams remains relevant. To solve this problem, it is proposed to use a combined destruction, combining layer-by-layer destruction of the middle part of the coal seam with a shock plow and cutting the upper and lower parts of the formation with a screw working body. This combination makes it possible to increase the chip thickness (up to 0.3 m) and feed rate (up to 30 m/min) due to the layer-by-layer impact destruction, increase the productivity and grade of coal compared to traditional destruction.

**Key words:** punch, cutting, breaking, coal, rock, reservoir, coal combine, the mining and machine.

Конкурентная добыча угля в современной мировой рыночной экономике определяет в качестве основного направления в угледобыче преимущественную разработку «высокотехнологичных» угольных месторождений [1] из пластов мощностью 2.0–5.0 м и углом падения менее  $18^{\circ}$ . При этом в пластах мощностью до 2.0 м сосредоточено почти половина всех промышленных запасов действующих шахт [2], в которых находятся высококачественные угли, значительная часть их относится по принятой классификации к технологическим. В связи с отмеченной выше ситуацией в угледобыче основной задачей машиностроителей было создание мощных узкозахватных угольных комбайнов способных разрабатывать угольные пласты во всем диапазоне сопротивляемости угля резанию, которые стали основными очистными машинами при подземной добыче угля. Современные угледобывающие машины оснащаются электрическими приводами мощностью до 750-860 кВт (например, EL 2000, EL 3000). Такие комбайны позволяют не только разрабатывать угольные пласты с любой сопротивляемостью резанию, но и разрушать эффективно даже прослойки горных пород в угольных пластах. Вместе с тем, наряду с возросшей мощностью очистных комбайнов увеличились их габариты и масса (до 45 т), которые не позволяют использовать такую технику для маломощных пластов. Среди существующих в настоящее время средств выемки пластов менее 2-х м доминируют угольные струги, которые в последние годы не претерпели существенных изменений.

В современном развитии очистных комбайнов, направленном в основном на увеличение мощности исполнительных органов, следует отметить существенные недостатки, касающиеся их режимных параметров. Это, прежде всего, относится к скорости резания и подачи, а также величине захвата исполнительного органа (0,63...1,1 м). Увеличенные скорости подачи до 5 м/мин не решают проблемы получения требуемой производительности очистных комбайнов, эксплуатируемых в маломощных угольных пластах. Сохранение на прежнем уровне величины захвата и скорости резания привело к увеличению габаритов и массы выемочных комбайнов и комплексов при требовании высокой их производительности. Наиболее существенным недостатком узкозахватных шнековых комбайнов является переизмельчение добываемого угля – выход штыба (класс 0-6 мм) по отношению к общему объему добычи находится в пределах 35-45% [3].

Известно, что для снижения энергозатрат на разрушение угля и уменьшения выхода мелких фракций необходимо повышать толщину стружки. Об этом свидетельствуют осредненные зависимости удельной энергоемкости разрушения угля (рис. 1) и выхода продуктов разрушения (рис. 2) от толщины стружки [4-5].

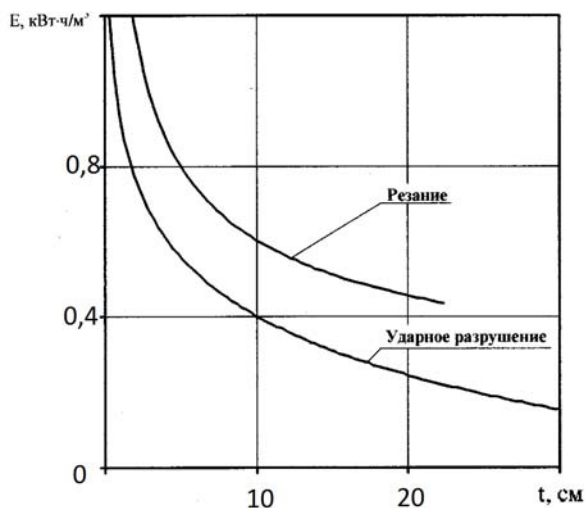


Рис. 1. Зависимость удельной энергоемкости разрушения угля от толщины стружки

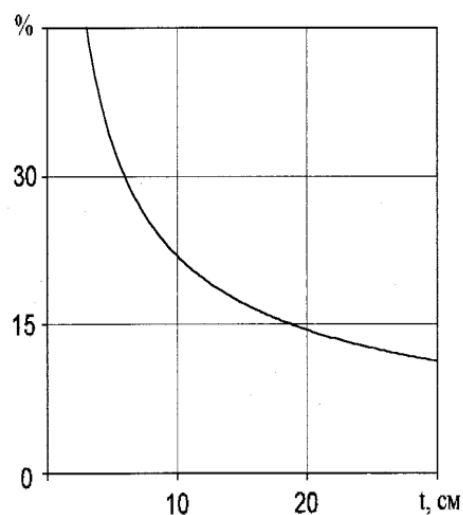


Рис. 2. Зависимость выхода продукта разрушения класса (0-25 мм) от толщины стружки

Поддержание постоянной толщины стружки современными комбайнами невозможно вследствие кинематики роторных исполнительных органов, для которых стружка имеет серповидную форму, и текущее значение ее толщины изменяется при повороте шнека на  $180^0$  – от 0 до max и снова до 0. Поэтому зона реальных максимальных ее значений современных выемочных машин с роторными исполнительными органами составляет 50-60 мм [6], что является главным фактором, определяющим фракционный состав извлекаемого из недр угля этими машинами.

В последние десятилетия в угольной промышленности РФ выход штыба увеличился в 2 раза, уменьшилась добыча крупного угля, а крупный уголь в 2-3 раза дороже штыба, поэтому добыча крупного угля (при тех же объемах) может значительно увеличить доходность предприятий угольной промышленности. Первые отечественные узкозахватные комбайны имели лучшее соотношение мощности электродвигателей к количеству резцов на исполнительных органах, чем современные новейшие комбайны [7]. Комбайны 2К-52 имели по 17 или 22 резца на шнеке при мощности электродвигателя 110 кВт, новый комбайн К-500 имеет на шнеке от 64 до 100 резцов при мощности электродвигателя 200кВт. При увеличении мощности двигателя в 2 раза, число резцов на шнеке комбайна увеличено в 5 раз. Поэтому уменьшилась глубина резания, увеличилась энергоемкость разрушения и выход штыба, соответственно возросли поте-

ри угля. Это говорит о том, что современная выемочная техника в угольной промышленности требует совершенствования.

В отличие от шнековых комбайнов струговая выемка за счет использования эффективного способа разрушения угольного пласта вдоль напластования с увеличенной толщиной стружки обеспечивает минимальную энергоемкость процесса разрушения угля, высокую его сортность при небольшом пылеобразовании. К существенным недостаткам струговой выемки относятся: ограниченная область применения по сопротивляемости угля резанию и наличию крепких включений породных прослоек; низкий КПД стругов из-за больших потерь на трение струга о почву и став забойного конвейера. Наибольшее применение струговые установки нашли на маломощных пластах.

Учитывая известные преимущества удельных энергетических показателей ударного способа разрушения перед резанием [4-5], в 70-е годы прошлого столетия в нашей стране активно велись поисковые работы по созданию динамических стругов. В качестве рабочих органов стругов использовались пневматические, гидравлические, взрывоимпульсные ударные устройства. Полноразмерные экспериментальные образцы стругов испытывались на углецементных блоках, крепких углях сланцевых пластах, многолетнемерзлых продуктивных пластах [8-10]. Результаты проведенных испытаний показали в целом достаточно высокую эффективность применения ударных машин при разрушении крепких материалов. В то же время проведенные испытания динамических стругов выявили ряд недостатков: несовершенство ударных устройств, конструкции струга и его направляющих; отмечено значительное сопротивление перемещению, обусловленное большими силами трения и заблокированным режимом работы ударного инструмента, расположенного у почвы пласта.

Следует отметить, что поисковый период создания динамических стругов совпал с периодом успешного внедрения прогрессивной технологии, основанной на применении механизированных комплексов с узкозахватными очистными комбайнами. Поэтому конструктивные недостатки ударных стругов на фоне положительного внедрения узкозахватных комбайнов явились тормозом для продолжения доводочных работ динамических стругов.

В то же время в нашей стране и за рубежом в последние годы были достигнуты значительные успехи в области создания импульсной техники для разрушения крепких материалов и применения ее в различных областях производства. Ударные устройства благодаря возможности формирования импульсов большой мощности при относительно небольших габаритах стали составлять серьезную конкуренцию буровзрывной технологии разрушения горных пород [5, 11, 12].

Процесс послойного ударного разрушения крепких материалов характеризуется увеличенными параметрами стружки в сравнении с резанием и отличается более высокой интенсивностью. Так, при разрушении мерзлых грунтов и углей одним ударным инструментом с энергией единичного удара 1000 Дж и частотой 9.5 Гц она составляет 150-200 м<sup>3</sup>/ч [13]. Более высокая интенсив-

ность разрушения получена при работе ковша активного действия карьерного экскаватора ЭКГ-5В, оснащенного тремя ударными зубьями [14].

В таблице приведены результаты расчета интенсивности послойного разрушения для одного долотчато-клинового инструмента (зуба экскаватора) с энергией единичного удара 1700 Дж и частотой 7 Гц. Высокие значения интенсивности в данном случае объясняется эффектом взаимодействия группы ударных инструментов и статических зубьев между ними, значительными тяговыми усилиями на блоке ковша (до 500 кН) и высокой скоростью перемещения ковша относительно забоя (до 0.9 м/с). Положительный опыт применения импульсной техники в ковшах активного действия экскаваторов, а так же мощных навесных ударных рабочих органов при разработке массивов горных пород говорит о том, что применение мощных разрушающих устройств в качестве исполнительных органов выемочных машин позволит повысить производительность при выемке маломощных угольных пластов и снизить выход продуктов разрушения мелкой фракции.

Интенсивность процесса ударного разрушения  
различных по прочности горных пород

Породы	Прочность породы, МПа	Интенсивность разрушения, м <sup>3</sup> /ч
Алеволит (разрез «Красногорский», Кузбасс)	50-60	340
Песчаник (разрез «Красногорский», Кузбасс)	50-60	350
Уголь марки СС, матовый (разрез «Новосергеевский», Кузбасс)	20-30	460
Уголь (разрез «Майкюбенский, ГАО «Экибастузко-мир» Казахстан)	20	500
Смешанная свинцово-цинковая руда (Жайремский ГОК, Казахстан)	60-120	300
Многолетнемерзлые алевролиты на известковистом цементе (карьер «Мир» ПНО «Якуталмаз»)	30-90	280
Карбонатные породы (ПО «Гремячевнеруд», Нижегородская область)	60-80	250

В связи с изложенным в качестве выемочной техники для добычи угля из пластов мощностью менее 2.0 м предлагается использовать динамические струги. Выше были отмечены основные недостатки испытываемых экспериментальных образцов стругов, в том числе наличие значительного сопротивления перемещению, обусловленного большими силами сопротивления блокированному разрушению угля ударным инструментом, расположенным у почвы угольного пласта. Поэтому предлагается использовать комбинированный способ разрушения забоя, сочетающий ударное разрушение основной части угольного пласта ударными устройствами и резание шнековым органом, оставшегося

угля и зачистки почвы и кровли пласта. Таким образом, можно снизить усилие сопротивления перемещению струговой установки, увеличив при этом ее скорость перемещения.

Схема выемочной машины флангового действия, оснащенной шнековым и ударным исполнительными органами, представлена на рис.3. Она состоит из корпуса 1, в котором размещены приводные устройства исполнительных органов и подачи комбайна, поворотных редукторов-рукоятей 2, с помощью которых исполнительные органы могут менять свое положение по мощности пласта, шнека 3, оснащенного резцами. Ударные устройства 4 закреплены на поворотной плите с помощью телескопической стойки 5 и шарнира 6. Количество ударных устройств выбирается в зависимости от мощности угольного пласта. Для облегчения конструкции исполнительного органа динамического струга желательно использовать не более двух ударных устройств. Перемещается выемочная машина по ставу скребкового конвейера 7, примыкающего к механизированной крепи 9, с помощью механизма подачи, лоток 8 служит для приема и направления отбитого угля на конвейер.

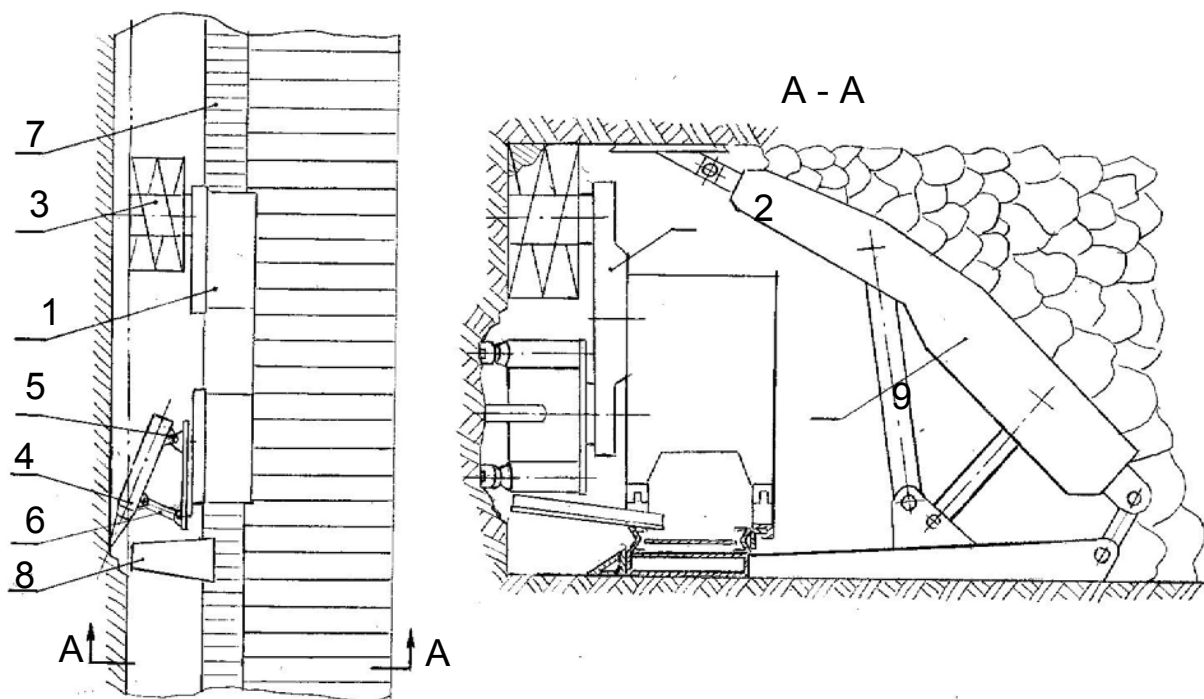


Рис. 3. Схема компоновки выемочной машины с режущим и ударным исполнительными органами

Выемочная машина работает следующим образом. Ударный исполнительный орган струга с помощью рукояти 2 устанавливается и фиксируется в исходное положение в начале лавы, ударные зубья с помощью телескопической стойки 6 ориентируются по отношению к плоскости забоя под углом атаки  $\alpha = 20-25^{\circ}$ . Шнек 3 с отставанием от ударного органа по ходу движения вы-

емочной машины занимает в забое верхнее положение. Включаются привод шнека 3 и гидравлический механизм подачи и осуществляется отбойка нижней зоны вынимаемой мощности угольного пласта на глубину принятого захвата – снимается стружка 1 (рис. 4) толщиной  $h = 0,2 — 0,3$  м ударными устройствами 4. Одновременно с работой ударного струга поднятым в верхнее положение шнеком производится отработка верхней угловой зоны забоя *а)* и зачистка кровли. В конце лавы после выхода ударных механизмов из забоя, машина останавливается. С помощью рукояти 2 ударные устройства 4 поворачиваются на  $180^0$  и устанавливаются на обратный ход машины, а шнек опускается вниз к почве забоя. При обратном ходе выемочной машины ударным органом 4 отделяется стружка 2, а шнеком 3 осуществляется разрушение и зачистка полосы у забоя с погрузкой отбитой горной массы на конвейер и оформлением нижней угловой зоны *б)*.

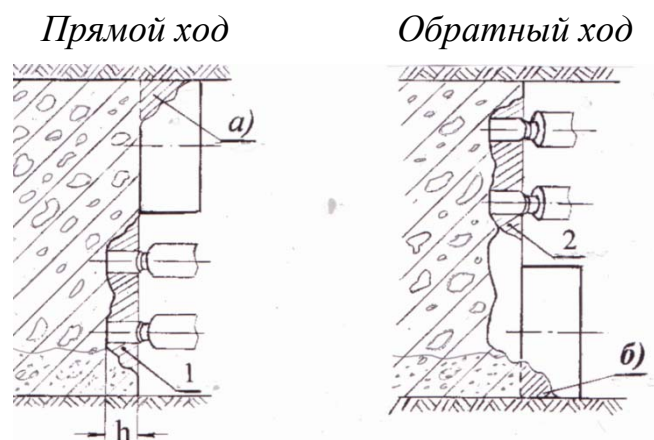


Рис. 4. Схема отработки забоя выемочной машиной

Выемочная машина с комбинированным исполнительным органом может одновременно осуществлять ударное разрушение вынимаемого угольного пласта, и резание оставшихся полуразрушенных целочков угля с последующей зачисткой почвы и угловых зон забоя. Передвижка крепи осуществляется после снятия с груди забоя слоя толщиной равной величине шага передвижки крепи.

Таким образом, применение комбинированного способа разрушения, сочетающего резание с ударом, позволяет за счет высокой эффективности процесса ударного разрушения решить проблему выемки угольных пластов в любом диапазоне сопротивляемости угля резанию, включая даже породные прослойки и твердые включения, увеличить выход крупного угля (+25 мм) более чем в 2 раза, исключив при этом небезопасный и дорогостоящий буровзрывной способ разрушения.

Кроме того, комбинированный способ, основанный на поэтапном ударном разрушении крепких породных прослоек с последующим разрушением разупрочненной части забоя резанием может найти применение при селективной

добыче неоднородных по строению и прочностным свойствам продуктивных пластов рудных, россыпных, жильных месторождений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Краснянский Г. Л. Уголь в экономике России / Г. Л. Краснянский и др. – М.: Экономика, 2011. – 383 с.
2. Лиманский А.В. Перспективные технологии снижения потерь угля в недрах при разработке угольных пластов со сложными горно-геологическими условиями: Научные сообщения № 335. – М.: ННЦ ГП – ИГД им. А.А. Скочинского. – Люберцы – 2009. – С. 150-166.
3. Солод В. И. Горные машины и автоматизированные комплексы / В.И. Солод, В. И. Зайков, К. М. Первов. – М: Недра, 1981. – 502 с.
4. Федулов А.И. Ударное разрушение угля / А.И. Федулов, В.Н. Лабутин – Новосибирск: Наука, 1973. – 125 с.
5. Безвзрывные технологии открытой добычи твердых полезных ископаемых / А. Р. Маттис и др. Отв. ред. В.Н. Опарин - Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2007. – 337 с.
6. Габов В.В. Разработка и теоретическое обоснование модульных комплексов избирательного действия для добычи угля: автореф. дис...докт. техн. наук:05.05.06 / В.В. Габов; СПбГГИ. – СПб., 1999. – 50 с.
7. Плотников В.П. Экономическое обоснование внедрения выемочных комбайнов с гидроприводом исполнительных органов для добычи крупного угля. – М: Уголь. – 2005. – № 12. – С.11-13.
8. Взрывоимпульсное разрушение горных пород / А. В. Докукин и др. – М: Недра, 1974. – 210 с.
9. Результаты стендовых испытаний динамической струговой установки УСД2 // А. Г. Лазуткин и др. – ФТПРПИ. – 1976. – № 6. – С. 47–50.
10. Импульсная машина для подземной отбойки вечноммерзлых продуктивных песков // А. Г. Лазуткин и др. – ФТПРПИ. – № 4. – С. 51–55.
11. Романов А. Н. Гидравлические молоты фирмы КруппМашинотехник и их особенности // Горный журнал. – 1994. – № 10.
12. Панкевич Ю. Б., Дзюба В. М. Применение мощных гидромолотов фирмы Крупп на Савинском месторождении магнезита // Горный журнал. – 1994. – № 10.
13. Федулов А.И. Ударное разрушение мерзлых грунтов и горных пород /А.И. Федулов, В. Н. Лабутин // ФТПРПИ. – 1995. – № 5. – С. 57–62.
14. Экскаваторы с ковшом активного действия / А.Р. Маттис и др. Отв. ред. А.Д. Костылев. – Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1996. – 174 с.

© В. Н. Лабутин, 2019