

## МОДЕЛЬ РАЗРУШЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА И СООТВЕТСТВИЕ ЕЕ РЕАЛЬНОМУ ПРОЦЕССУ

*В основу современного представления о разрушении массива пласта режущим инструментом положена концепция формирования в месте контакта резца с массивом мелкодисперсного уплотненного ядра, выполняющего роль клина. При этом установлено, что процесс формирования гранулометрического состава разрушаемой породы прослоек является случайным, распределение вероятностей которого не противоречит нормальному закону и на который оказывает влияние ряд факторов – расположение прослойка по высоте (мощности) пласта, его мощность, тип породы и т.д.*

**Ключевые слова:** модель, пласт, разрушение, сортовой состав, уголь, случайное распределение.

### Постановка проблемы

Проверку соответствия модели процесса разрушения пласта режущим инструментом выполним путем сравнения сортового (гранулометрического) состава угля, добытого комбайном, исполнительный орган которого оснащался серийно изготавливаемым режущим инструментом (резцы типа ЗР4-80) и режущим инструментом с рабочей боковой гранью (резцы типа ЗРБ2-80П, ЗРБ2-80Л).

Это обусловлено следующим. Во-первых, провести киносъемку процесса разрушения пласта режущим инструментом в реальных условиях работы комбайна не только практически, но и теоретически выполнить невозможно. Тензометрирование усилий, формирующихся на гранях резца при работе комбайна в шахте, хотя практически и весьма трудно, но возможно. Но, как показали проведенные исследования, принципиальной разности в полученных на стенде и в реальных условиях работы комбайнов мгновенных значениях сил, формирующихся на гранях резца, практически нет. Во-вторых, на основании процесса механического разрушения пласта режущим инструментом очистных комбайнов в соавторстве была разработана теория формирования сортового (гранулометрического) состава добытого угля и проведена экспериментальная проверка полученных теоретическим путем результатов, которые с допускаемой для инженерных расчетов погрешностью совпали с расчетными данными.

Поэтому основные положения по разрушению пласта режущим инструментом проверим косвенным, но вполне доступным и допускаемым путем, – по интегральному показателю: гранулометрическому составу добытого угля.

### Анализ последних исследований и публикаций

Созданию и исследованию работы очистных комбайнов посвящены работы многих научно-исследовательских, проектно-конструкторских институтов, заводов горного машиностроения, ряда высших учебных заведений, среди которых, в первую очередь, следует отметить: ИГД им. А.А. Скочинского, ГИПРОУГЛЕМАШ (Россия), ДОНГИПРОУГЛЕМАШ, ДонУГИ (ДНР), Московская горная академия, Тульский, Кузнецкий, Карагандинский технические университеты (Россия, Казахстан), Донецкий национальный технический университет (ДНР), АО «Горловский машиностроительный завод им. С.М. Кирова» (ДНР) и многие другие.

Значительный вклад в решение этих вопросов внесли многие видные ученые и инженеры, среди которых академики В.Н. Потураев, А.В. Докукин, доктора технических наук А.А. Алейников, Я.И. Альшиц, А.И. Берон, Н.Г. Бойко, В.А. Бреннер, Н.Г. Верескунов, Б.А. Верклов, В.Н. Гетопанов, П.А. Горбатов, В.Г. Гуляев, Л.И. Кантович, Н.Г. Картавий, В.П. Кондрахин, А.П. Кононенко, А.Н. Коршунов, Ю.Д. Красников, А.Г. Лазуткин, А.Г. Лаптев, Е.З. Позин, В.М. Рачек, М.С. Сафохин, П.В. Семенча, А.К. Семенченко, В.И. Солод, Г.И. Солод, А.В. Топчиев, З.Л. Финкельштейн, В.Н. Хорин, Г.Н. Самсонов, В.А. Юргилевич и многие другие.

Благодаря работам этих и других организаций и ученых, созданы современные очистные комбайны, разработаны основы теории их работы, определены параметры и энерговооруженность комбайнов, обеспечившие получение высоких нагрузок лав. Вместе с тем, разработанные теоретические положения и полученные по ним

результаты в большинстве своем относятся к очистным комбайнам, предназначенным для добычи угля из пластов средней мощности и выше, и не учитывают специфики их работы в тонких пластах с ограниченной высотой рабочего пространства. В указанных работах практически не разрабатывались вопросы, относящиеся к теории формирования гранулометрического (сортового) состава добываемого этими комбайнами угля. Поэтому ряд вопросов теоретического плана, относящихся, в первую очередь, к работе комбайнов, предназначенных для добычи угля из тонких пластов, а также к вопросам формирования гранулометрического состава угля нуждаются как в дальнейшем развитии, так и новых разработках.

### Цель (задачи) исследования

Целью настоящего исследования является улучшение гранулометрического (сортового) состава угля при добыче его очистными комбайнами на основании обобщения и дальнейшего развития теории разрушения и формирования его гранулометрического состава, добытого современными очистными комбайнами, и повышение их производительности. При этом используются свойства горных пород, в том числе и углей пониженного (примерно на порядок) сопротивления разрушению сдвигом (растяжением) по сравнению с сопротивлением разрушению его раздавливанием, принятого способа разрушения углей в современных очистных комбайнах.

### Основной материал исследования

С целью лучшего понимания этого вопроса кратко изложим процесс формирования сортового (гранулометрического) состава угля при добыче его современными очистными комбайнами для последовательного реза (при 2-х резах в линии резания) и приведем результаты, полученные в реальных условиях эксплуатации комбайнов.

При разрушении пласта рабочим (исполнительным) органом очистного комбайна в процессе его разрушения одновременно участвует несколько резцов (как правило, до 26 для одного рабочего органа). Каждый из участвующих в процессе разрушения пласта резцов, занимая «свое» место на органе по его длине, и разрушает «свой» участок по ширине захвата. При этом толщина среза каждым резцом, изменяясь по близкому к синусоидальному закону, принимает значения от 0 при входе (выходе) резца в контакт (из контакта) с пластом, т.е. при угле его поворота 0 и  $\pi$  и  $h_{\max} = V_k / (n_{op} \cdot n_{pl})$ , в так называемой

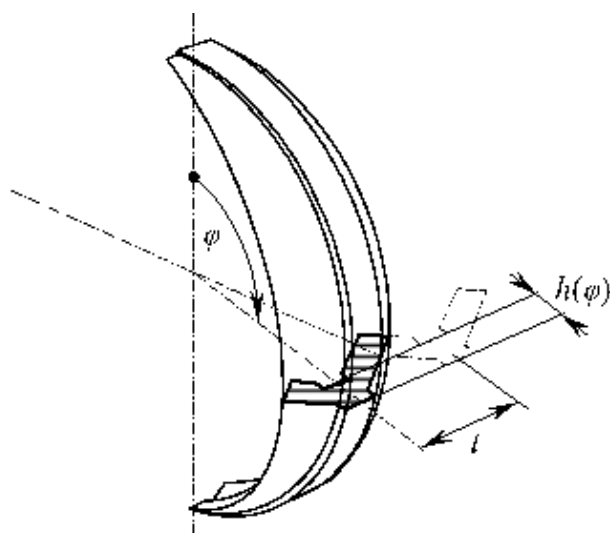


Рис. 1. Характер «вырезаемой» резцами части пласта при последовательном резе

диаметральной плоскости, т.е. при угле поворота  $\pi/2$ . Здесь  $n_{op}$  и  $n_{pl}$  – соответственно частота вращения органа и число резцов в линии резания схемы набора режущего инструмента.

В зависимости от числа резцов в линии резания схемы набора режущего инструмента различают последовательный – при двух и более резах в линии резания и шахматный рез – при одном резе в линии резания.

Здесь будем рассматривать формирование гранулометрического состава угля для резцов забойной группы.

При последовательном резе резцы идут «след в след». Поэтому разрушение пласта производится с параметрами:

$$h(\phi) = h_{\max} \sin \phi, \quad t = t_y, \quad (1)$$

где  $t_y$  – шаг установки резцов на рабочем органе по его длине (ширине захвата).

**Оснащение шнека резцами существующей конструкции.** Ширина среза резцами выбирается таким образом, чтобы остающаяся вне воздействия инструмента часть пласта (межщелевой целик) сама разрушалась под действием естественного напряженного состояния угля, рис. 1.

Гранулометрический состав угля, разрушенного рабочим органом, будет обуславливаться площадью среза. Поэтому для дальнейшего анализа введем одномерный параметр гранулометрического состава угля – медианный диаметр, который адекватно отображал бы изменение основного параметра разрушения пласта рабочим органом – площадь среза. С этой целью определим медианный диаметр из условия равенства площадей среза и условного круга диаметром, равным медианному,

$$d_m = 2\sqrt{1/\pi h_{\max} t_y \sin \phi}, \quad 0 \leq \phi \leq \pi, \quad (2)$$

величина которого изменяется от 0 до  $d_m^{\max} = 2\sqrt{1/\pi h_{\max} t_y}$  при изменении угла поворота в указанных пределах.

Удельные затраты энергии разрушения пласта рабочим органом

$$w_{p.op} = \frac{Z_{n.op}}{S_{op}} = z_n n_p / [s(\phi) n_p] = z_n / s(\phi), \quad (3)$$

где индексом «op» обозначена соответствующая величина, относящаяся к рабочему органу.

Из приведенной зависимости следует, что удельные затраты энергии разрушения пласта органом определяются через удельные затраты энергии его разрушения одиночным резцом и численно им равны. Тогда удельные затраты энергии разрушения пласта рабочим органом запишем в виде [2]

$$W_{p.op} = k_w \left[ \left( F + \frac{4M}{\pi d_m^2} \right) A_p + \frac{4N}{\pi d_m^2} \right], \quad (4)$$

где  $k_w$  – коэффициент пропорциональности,  $F$ ,  $M$ ,  $N$  – постоянные величины, учитывающие горнотехнические и горно-геологические особенности пласта.

Решив это уравнение относительно  $d_m$ , будем иметь

$$d_m = 2\sqrt{\frac{k_w(M+N)A_p}{\pi(W_p - k_w F A_p)}} = 2\sqrt{\frac{\bar{k}_w A_p}{W_p}}; \quad (5)$$

здесь  $\bar{k}_w = k_w(M+N)/\pi$ ,  $W_p = W_p - k_w F A_p$ .

Откуда следует, что медианный диаметр гранул разрушенного угля рабочим органом пропорционален корню квадратному отношению сопротивляемости угля резанию к удельным затратам энергии разрушения пласта. Или, медианный диаметр гранул угля, разрушенного рабочим органом, увеличивается с увеличением сопротивляемости угля резанию и с уменьшением удельных затрат энергии его разрушения, что, в общем-то, не противоречит экспериментальным данным.

Так как удельные затраты энергии разрушения пласта являются гиперболической функцией толщины среза (стружки) асимптотически стремящейся к минимальной величине с ее увеличением, медианный диаметр гранул угля будет увеличиваться. Следовательно, одним из путей улучшения гранулометрического (сортового) состава угля, добытого очистным комбайном,

рабочие органы которого оснащены режущим инструментом существующей конструкции, является снижение удельных затрат энергии разрушения пласта.

Установим закон распределения вероятностей величины медианного диаметра для гранул разрушенного угля. С этой целью зависимость (5) представим в виде

$$d_m = C_{wp} A_p^{1/2}, \quad C_{wp} = 2\sqrt{\bar{k}_w / W_p}. \quad (6)$$

Согласно [5], для монотонной функции, в том числе и нелинейной, аргумент которой является случайной величиной, плотность распределения вероятностей медианного диаметра

$$g(d_m) = \frac{2C_m^2 d_m}{\sigma_{C_m d_m}^2 \sqrt{2\pi}} e^{-0,5 C_m^2 (d_m - \bar{d}_m)^2 / \sigma_{C_m d_m}^2}, \quad C_m = 1 / C_{wp}, \quad (7)$$

где  $\bar{d}_m$  – математическое ожидание медианного диаметра.

Обозначив  $C_m / \sigma_{C_m d_m}^2 = 1 / \sigma_{d_m}$ , получим

$$g(d_m) = \frac{2C_m d_m}{\sigma_{d_m} \sqrt{2\pi}} e^{-0,5 (d_m - \bar{d}_m)^2 / \sigma_{d_m}^2}. \quad (8)$$

Полученное выражение не является строго нормально распределенной величиной из-за множителя  $2C_m d_m$ . При  $2C_m d_m \rightarrow 1$  выражение для  $g(d_m)$  стремится к нормальному распределению вероятностей. Однако, с достаточной для инженерных расчетов точностью и получения оценочных значений медианного диаметра гранул разрушенного угля можно считать, что его размеры укладываются в интервал

$$\bar{d}_m - 3\sigma_{d_m} \leq d_m \leq \bar{d}_m + 3\sigma_{d_m}.$$

Переходя к среднему значению сечения среза, величину медианного диаметра гранулы запишем в виде

$$d_{m.cp} = 2\sqrt{1/\pi S_{cp}}. \quad (9)$$

При скорости перемещения комбайна, например, 3,2 м/мин и принятых параметрах рабочего органа у комбайнов типа 1К-101 или К-103 (частота вращения органа 80 мин<sup>-1</sup>, 2 резца в линии резания и шаг установки резцов 4,5 см) сечение среза изменяется от 0 до 9 см<sup>2</sup> при средней его величине 5,7 см<sup>2</sup>. При этом величина медианного диаметра гранул разрушенного угля изменяется

от 0 до 3,4 см при средней его величине 2,7 см. Физически это означает, что при указанном режиме работы комбайнов вероятностный гранулометрический состав разрушенного угля оценочно не превысит 25...50 мм при наиболее вероятном его составе 0...25 мм.

Полученный на основании теоретических положений результат подтверждается данными рассева угля, добытого комбайном типа К-103 в лаве № 841 по пласту С<sub>8</sub> «нижний» на шахте «Западнодонецкая» ГП «Павлоградуголь», проведенный в соответствии с требованиями ГОСТ2093-77. По данным рассева 63,23 % – уголь, размеры гранул которого находятся в пределах от 0 до 25 мм, и 15,94 % – с размерами гранул 25...50 мм. Результаты рассева угля, добытого комбайном типа К-101 в центральной разгрузочной лаве пласта h<sub>10</sub> «верхний» шахты «Холодная Балка» ГП «Макеевуголь», близки к данным его рассева по шахте «Западнодонецкая» ГП «Павлоградуголь».

Снижение удельных затрат энергии разрушения пласта рабочим органом при увеличении площади сечения среза, см. (4), за счет увеличения толщины среза (стружки) при постоянном шаге установки резов по зависимости, близкой к гиперболической, и асимптотическое стремление их к минимальному для данной сопротивляемости угля резанию величине, а также зависимость медианного диаметра гранул от удельных затрат энергии разрушения обуславливают следующее. Если достигнут (выбран) такой режим работы комбайна (такая толщина среза), при котором удельные затраты энергии разрушения близки к минимальным, дальнейшая интенсификация режима работы комбайна (дальнейшее увеличение толщины среза) не дает желаемых результатов по улучшению гранулометрического (сортового) состава угля.

На основании (5) запишем

$$d_{m2} / d_{m1} = \sqrt{W_{p1} / W_{p2}}. \quad (10)$$

Положив  $W_{p1} = k_p W_{p.min}$ ,  $k_p \leq 1,2$  и  $W_{p2} = W_{p.min}$ , что достигается в этой зоне изменения толщины среза почти полуторакратным ее увеличением, получим

$$d_{m2} \leq d_{m1} \sqrt{k_p} = d_{m1} \sqrt{1,2} = 1,1d_{m1}, \quad (11)$$

т.е. почти полуторакратное увеличение толщины среза обуславливает увеличение медианного диаметра гранул угля около 10 %.

Отсюда следует, что при работе комбайна в рациональном или близком к нему режиме

(удельные затраты энергии разрушения пласта близки к минимальным) дальнейшая его интенсификация не желательна. Это обусловлено тем, что при увеличении нагрузки комбайна не достигается желаемого результата по улучшению гранулометрического (сортового) состава добытого этим комбайном угля.

Увеличение толщины среза обуславливает пропорциональное увеличение площади сечения среза. Тогда, используя зависимость (2) или (9), будем иметь

$$d_{m2} \leq d_{m1} \sqrt{k_h} = d_{m1} \sqrt{1,5} = 1,22d_{m1}, \quad (12)$$

где  $k_h$  – увеличение толщины среза (стружки).

Отсюда следует, что, хотя увеличение медианного диаметра гранул и не пропорционально увеличению толщины среза, тем не менее, значительно больше, чем за счет уменьшения удельных затрат энергии разрушения пласта.

Полученный результат подтверждается данными работы комбайна типа К-103 с пространственно динамически уравновешенными шнеками на шахте «Западнодонецкая» ГП «Павлоградуголь» в лаве № 841 пласта С<sub>8</sub> «нижний». Установлено повышение примерно в 1,5 раза скорости его перемещения (с 3,0 до 4,5 м/мин). При этом наблюдалось улучшение сортового (гранулометрического) состава угля с одновременным снижением запыленности рудничной атмосферы.

На основании выполненных исследований и полученных результатов можно сделать следующее заключение. Гранулометрический (сортовой) состав угля, разрушенного рабочим органом, который оснащен режущим инструментом существующей конструкции, можно оценивать медианным диаметром гранул. Медианный диаметр гранул является случайной величиной, обусловленной удельными затратами энергии разрушения пласта и площадью сечения среза (стружки). При работе комбайна в рациональном режиме, дальнейшая интенсификация его работы не ведет к пропорциональному улучшению гранулометрического (сортового) состава угля.

**Оснащение шнека режущими с рабочей боковой гранью.** Разработанный режущий инструмент с рабочей боковой гранью отличается от режущего инструмента существующей конструкции одной принципиальной особенностью, а именно: разрушение пласта производится путем создания в его массиве сложного объемного комбинированного напряженного состояния, сочетающего напряжения сжатия и сдвига. При этом напряжение сжатия в массиве создается теми же передней и задней гранями, напряжение

сдвига – рабочей боковой гранью. Поскольку сопротивление горных пород, в том числе и угля разрушению сдвигом значительно (на порядок) ниже сопротивления разрушению сжатием, процесс разрушения угля резцом с рабочей боковой гранью, как показали исследования, менее энергозатратен.

Установка режущего инструмента с рабочей боковой гранью на рабочем органе должна быть таковой, при которой его рабочая боковая грань всегда находилась бы со стороны вновь обнаженной поверхности, образованной впереди расположенным резцом, как показано на рис. 2.

При этом кутковая группа резцов может состоять как из резцов существующей конструкции, так и резцов с рабочей боковой гранью. Необходимым условием для эффективного разрушения пласта является такое расположение резцов, при котором всегда создавался бы опережающий вруб, т.е. начальная дополнительная обнаженная поверхность. В качестве режущего инструмента для создания опережающего вруба должен использоваться режущий инструмент или существующей конструкции, или аналогичный ему по конструкции и параметрам.

Теоретически разрушение пласта рабочим органом, оснащенным режущим инструментом с рабочей боковой гранью, может производиться как по схеме последовательного, так и шахматного реза.

**Разрушение пласта по схеме последовательно реза** происходит при двух и более резах в линии резания. При этом каждым резцом рабочего органа разрушается часть пласта объемом

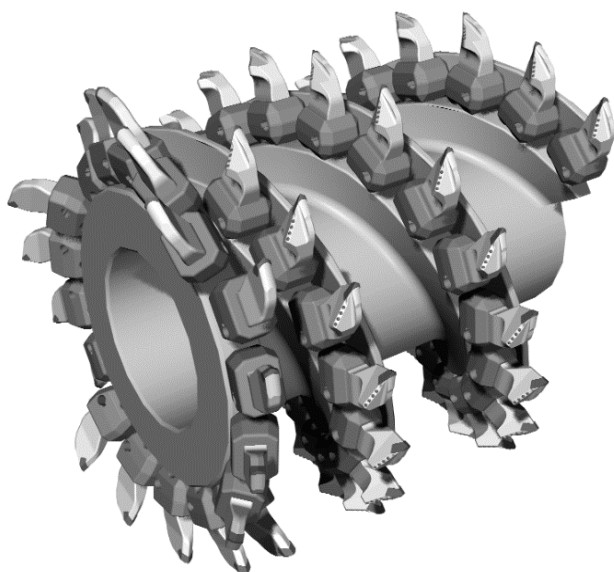


Рис. 2. Схема расположения режущего инструмента с рабочей боковой гранью на шнеке

$$V_{p\phi}(\phi) = k_t l_{\phi} h_{max} t_y \sec \beta \sin \phi = V_{p\phi max} \sin \phi, \tag{13}$$

где  $V_{p\phi max} = k_t l_{\phi} h_{max} t_y \sec \beta$ .

Величина разрушаемого каждым резцом рабочего органа объема, как следует из (13), изменяется от 0 до  $V_{p\phi max}$  при изменении угла его поворота от 0 до  $\pi/2$  и от  $V_{p\phi max}$  до 0 при изменении угла поворота от  $\pi/2$  до  $\pi$ . При этом разрушение – сдвиг этого объема происходит по площади  $S_{\phi co} = k_t l_{\phi} t_y \sec \beta$ , максимально возможная, т.е. предельная длина скола, обусловленная разрушением пласта режущим инструментом, может составлять  $l_{\phi max} = k_t t_y \sec \beta$ . Фактическое разрушение указанного объема угля будет происходить с параметрами, которые обусловлены трещиноватостью массива пласта, сопротивляемостью угля резанию в месте установки резца и других указанных выше факторов, большинство из которых являются случайными.

Для характеристики гранулометрического состава разрушенного рабочим органом угля введем медианный диаметр условного шара, объем которого равен объему разрушаемого каждым резцом угля,

$$d_{m\phi}(\phi) = 1,82^3 \sqrt{1/\pi V_{p\phi max} \sin \phi}. \tag{14}$$

Величина этого параметра изменяется от 0 до  $d_{m\phi max}$  и от  $d_{m\phi max}$  до 0 при изменении угла поворота органа (резца) от 0 до  $\pi$ . Характер медианного диаметра, который обусловлен многими факторами и большинство из которых являются случайными, будет случайным.

Несмотря на то, что составляющие медианного диаметра подчиняются различным законам распределения вероятностей, при совместном их проявлении в пространстве и во времени, что и имеет место при разрушении пласта режущим инструментом, согласно центральной предельной теореме [5], будет подчиняться нормальному закону распределения вероятностей. Поэтому в дальнейшем, как и раньше, для характеристики гранулометрического состава угля, разрушенного рабочим органом, оснащенного режущим инструментом с рабочей боковой гранью, будем считать медианный диаметр гранул нормально распределенной случайной величиной с плотностью распределения вероятностей

$$f(d_{m\phi}) = \frac{1}{\sigma_{d_{m\phi}} \sqrt{2\pi}} \exp \left[ \frac{-0,5(d_{m\phi} - \bar{d}_{m\phi})^2}{\sigma_{d_{m\phi}}^2} \right]. \tag{15}$$

Табл. 1. Вероятный гранулометрический состав угля

Размер гранул, мм	0 – 6	6 – 13	13 – 18	18 – 25	25 – 50	50 – 100
Вероятность, %	1	4	9	25	52	9

Табл. 2. Данные экспериментальных исследований работы комбайна в шахтных условиях

Размер гранул, мм	0 – 6	6 – 13	13 – 18	18 – 25	25 – 50	50 – 100	св. 100
Вероятность, %	21	3	7	20	42	7	–
Класс, мм	+150	150 – 100	100 – 50	50 – 25	25 – 13	13 – 6	6 - 0
Шахта «Южнодонбасская №1», пласт С <sub>11</sub>							
При оснащении рабочего органа резцами с рабочей боковой гранью – ЗРБ2-80Л							
Относ. содерж., %	4,2	6,7	21,8	20,9	19,0	9,2	10,4
При оснащении рабочего органа серийно выпускаемыми резцами – ЗР4-80							
Относ. содерж., %	3,9	3,3	13,3	15,0	16,1	11,8	18,9
Изменения	+1,08	+2,03	+1,64	+1,40	+1,18	– 0,78	– 0,55

Примечания. 1. Знаком «+» обозначено увеличение, знаком «-» – уменьшение.

с параметрами:

– математическое ожидание

$$\bar{d}_{m6} = 1/2 d_{m6max} = 0,9 \cdot \sqrt[3]{k_t l_6 h_{max} t_y \sec \beta}$$

– среднеквадратичное отклонение

$$\sigma_{d_{m6}} = 0,3 \cdot \sqrt[3]{k_t l_6 h_{max} t_y \sec \beta}.$$

Сравнивая полученную выше зависимость для медианного диаметра при последовательном резе резцами существующей конструкции с медианным диаметром для такого же реза резцами с рабочей боковой гранью для максимальных их значений, будем иметь

$$\mu_{d_{max}} = \frac{0,9 \sqrt[3]{1/\pi k_t l_6 h_{max} t_y \sec \beta}}{\sqrt{1/\pi h_{max} t_y}}. \quad (16)$$

Для принятых параметров схемы набора режущего инструмента существующей конструкции очистных комбайнов, например, типа 1К-101, К-103 и режима их работы, при котором максимальная толщина среза составляет, например, 3 см (скорость перемещения комбайна 4,8 м/мин), и параметрах режущего инструмента с рабочей боковой гранью:  $l_6=45$  мм,  $\beta=45^\circ$ , получаем  $\mu_{d_{max}} \cong 1,7$ . Для этих же параметров и режима работы комбайна отношения математических ожиданий и среднеквадратичного отклонения медианных диаметров, соответственно, составляют 1,7 и 1,6 раза. Тогда вероятный гранулометрический состав угля оценочно будет (Табл. 1).

### Выводы

Из вышеизложенного следует, что применение режущего инструмента с рабочей боковой

гранью значительно улучшает гранулометрический (сортовой) состав добытого угля современными очистными комбайнами.

С учетом гранулометрического состава (штыба, размер гранул 0...6 мм) угля, разрушаемого резцами кутковой группы, вероятный гранулометрический состав угля оценочно будет (Табл. 2). Полученные на основании разработанной математической модели для органа, оснащенного резцами с рабочей боковой гранью, результаты в основном подтверждаются данными экспериментальных исследований работы комбайна в шахтных условиях – данными рассева угля в соответствии с требованиями ГОСТ 2093-77, приведенными ниже (Табл. 2).

### Список литературы

1. Бойко Н.Г. Погрузка угля очистными комбайнами. – Донецк: РВА ДонНТУ, 2002. – 157 с.
2. Моделирование разрушения углей режущими инструментами // Ю.Д. Красников, отв. ред. М., Наука, 1981. – 181 с.
3. Антипов И.В. Геомеханические и технологические основы создания нового уровня крепей очистных забоев тонких пологих пластов. Дисс. ... докт. техн. наук. Донецк, ДонГТУ, 1995. – 199 с.
4. Бойко Н.Г. Теория рабочих процессов комбайнов для добычи угля из тонких пологих пластов. Дисс. ... докт. техн. наук. – М., МГИ, 1985. – 287 с.
5. Динамические характеристики системы привода исполнительного органа комбайна 1К-101 // Я.И. Альшиц, В.Г. Гуляев, Г.В. Ма-

- леев и др. – В кн. Горные машины. Киев, МВССО Украины, 1971. – с. 61-87.
6. Горные машины и оборудование: учебное пособие для вузов – в 2-х томах. Т.1 // П.А. Горбатов, Г.В. Петрушкин, Н.М. Лысенко; под общей редакцией П.А. Горбатова. Донецк: РВА ДонГТУ, 2003. – 295 с.
7. Горные инструменты – 3-е изд. // М.Г. Крапивин, И.Я. Раков, Н.И. Сысоев. М., Недра, 1990. – 256 с.

E.N. Boyko/ Cand. Sci. (Eng.), A.P. Kononenko/ Dr. Sci. (Eng.)/  
Donetsk National Technical University (Donetsk)

### COAL SEAM FRACTURE MODEL AND ITS CORRESPONDENCE TO THE REAL PROCESS

**Background.** The formation of the granulometric (varietal) composition of coal during its extraction by modern cleaning combines is a multifactorial and multiparametric process. At the same time, to describe this process and assess the grade composition of coal, no more than three, and as a rule, two generalized relative parameters are proposed, which, according to researchers, fully characterize the variety of factors that accompany the formation of the granulometric composition of coal.

1. Loading of coal by the executive bodies of modern cleaning combines and, first of all, by combines for dredging thin shallow layers occurs in power mode, and the destroyed coal moved by the working body is in a stressed state, which is not taken into account when forming the granulometric (varietal) composition of coal.

2. The theory of the process of formation of the granulometric composition of rocks during their mechanical destruction is in the initial stage of developm.

3. The tasks and methods of research are being developed, using the modern mathematical apparatus of the theory of random functions and differential equations and modern computers to solve the problems of destruction of coal seams with a cutting tool that creates a volumetric stress state in the formation array with the advantage of shear stress (stretching), and the formation of granulometric (varietal) composition of coal.

**Materials and/or methods.** It is established that the process of formation of the granulometric composition of the destroyed rock layers is random, the probability distribution of which does not contradict the normal law and is influenced by a number of factors – the location of the layer in height (thickness) of the formation, its power, type of rock, etc.

**Results.** It is shown that the formation of the granulometric composition of coal during its mechanical destruction by cutting tools of mining machines is influenced by a large number of factors, which, in addition to those listed above, primarily include:

- power and energy factors,
- the ability of coal to mechanical destruction,
- the presence of rock layers and their properties,
- the method of loading coal onto the conveyor and the state of the already destroyed coal being unloaded from the workspace of the executive body,
- the size of the loading window, etc.

Due to the large number of factors affecting the granulometric (varietal) composition of coal and the considerable difficulty of their differential accounting, it is proposed to limit ourselves to three factors, namely: the type of machine, the strength of coal and the thickness of the formation. An integral indicator of the coal's ability to grind can also be proposed, which together takes into account the influence of all coal properties on the degree of its grinding when exposed to a cutting tool, and the possibility of using the analytical dependence of Rozin-Rammler to assess the grade composition of coal is established.

**Conclusion.** From the above it follows that the use of a cutting tool with a working side face significantly improves the granulometric (varietal) composition of the extracted coal by modern cleaning combines.

**Keywords:** model, formation, destruction, grade composition, coal, random distribution.

**Сведения об авторах**

**Е.Н. Бойко**

Телефон: +380 (71) 378-75-52

Эл. почта: chaklun@list.ru

**А.П. Кононенко**

SPIN-код: 3828-6755

Телефон: +380 (71) 334-90-21

Эл. почта: ap.konontnko@mail.ru

*Статья поступила 31.01.2022 г.*

*©Е.Н. Бойко, А.П. Кононенко, 2022*

*Рецензент д.т.н., проф. О.Е. Шабеев*