

Список источников:

1. Сандлер А.С., Гусяцкий Ю.М. Тиристорные инверторы с широтно-импульсной модуляцией для управления асинхронными двигателями. М.: Энергия, 1968. - 96 с.
2. Ситник Н.Х., Некрасов Л.Т., Беркович Е.И., Ягунов С.М. Автономные инверторы на тиристорах с отделенными от нагрузки конденсаторами. М.: Энергия, 1968. - 96 с.
3. Тиристорные преобразователи частоты в электроприводе.// А.Я.Бернштейн, Ю.М.Гусяцкий, А.В.Кудрявцев, Р.С.Сарбатов; Под ред. Р.С.Сарбатова. - М.: Энергия, 1980. - 328 с.
4. Справочник по преобразовательной технике.// И.М.Чиженко и др. Под ред И.М.Чиженко. К.: Техніка, 1978. -447 с.

УДК 622.232.72

ФОРМИРОВАНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА УГЛЯ ПРИ РАЗРУШЕНИИ ПЛАСТА ИСПОЛНИТЕЛЬНЫМ ОРГАНОМ КОМБАЙНА

Марков Н.А., канд. техн. наук, МУП Украины

Рассмотрены вопросы формирования гранулометрического состава угля, добываемого современными очистными комбайнами исходя из режима их работы, параметров схемы набора режущего инструмента и строения пласта.

A forming of granulometrie coal's composition that is mined by modern mining combines depends on: combine's working, parameters of a sheme cutting instruments set, stratum's structure.

При разрушении пласта рабочим (исполнительным) органом очистного комбайна в процессе его разрушения одновременно участвует несколько резцов (как правило, до 25 для одного рабочего органа). Каждый из участвующих в процессе разрушения пласта резцов, занимая «свое» место на органе по его длине, разрушает и «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 π и $h_{max} = V_k / (n_{op} n_{pl})$ в так называемой 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.

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

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

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

Поскольку ширина среза резцами выбирается таким образом, чтобы остающаяся вне воздействия инструмента часть пласта (межщелевой целик) само разрушалась под действием естественного напряженного состояния угля, площадь среза в этом случае

$$S_n(\varphi) = h(\varphi)t_y, \quad 0 \leq \varphi \leq \pi.$$

Откуда следует, что площадь среза резцами рабочего органа изменяются от 0 до $S_{max} = h_{max}t_y$ при изменении угла поворота резцов в указанных пределах.

Гранулометрический состав угля, разрушенного рабочим органом, будет обуславливаться площадью определенного таким образом среза. Поэтому для дальнейшего анализа удобно ввести 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 площади среза площади условного круга диаметром, равным медианному,

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

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 энергозатраты разрушения пласта рабочим органом

$$W_{p.op} = Z_{n.op} / S_{op} = Z_n n_p / [S(\varphi) n_p] = Z_n / S(\varphi),$$

где индексом «op» обозначена соответствующая величина, относящаяся к рабочему органу. Из приведенной зависимости следует, что удельные энергозатраты разрушения пласта органов определяются через удельные энергозатраты его разрушения одиночным резцом и численно им равны. Тогда удельные энергозатраты разрушения пласта рабочим органом запишем в виде

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

решив которое относительно d_m , будем иметь

$$d_m = 2\sqrt{\frac{k_w(M+N)A_p}{\pi(W_p - k_w F A_p)}} = 2\sqrt{\frac{\bar{k}_w A_p}{\hat{W}_p}}.$$

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

Откуда следует, что медианный диаметр гранул разрушенного угля рабочим органом пропорционален корню квадратному из сопротивляемости угля резанию и обратно пропорционален корню квадратному из удельных энергозатрат разрушения пласта, т.е. медианный диаметр гранул угля, разрушенного рабочим органом, увеличивается с увеличением сопротивляемости угля резанию и с уменьшением удельных энергозатрат его разрушения, что, в общем-то, не противоречит экспериментальным данным.

Поскольку удельные энергозатраты 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 энергозатрат разрушения пласта.

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

$$d_m = C_{wp} A_p^{1/2}, \quad C_{wp} = 2\sqrt{\bar{k}_w / \bar{W}_p}.$$

Согласно [1], для монотонной функции, в том числе и нелинейной, аргумент которой является случайной величиной, плотность распределения вероятностей медианного диаметра

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

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

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

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

Полученное выражение не является строго нормально распределенной величиной из-за множителя $2C_m d_m$. При $2C_m d_m \rightarrow 1$ выражение $g(d_m)$ 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 $\bar{d}_m - 3\sigma_{d_m} \leq d_m \leq \bar{d}_m + 3\sigma_{d_m}$.

Площадь сечения среза (стружки), определенная как произведение толщины среза на шаг установки резцов, вследствие переменности толщины стружки по мере поворота рабочего органа будет переменной и изменяющейся по закону изменения толщины среза, т.е.

$$S(\varphi) = h_{\max} t_y \sin \varphi = S_{\max} \sin \varphi, \quad S_{\max} = h_{\max} t_y.$$

В этом случае удобно перейти к средней величине площади сечения среза (стружки)

$$S_{cp} = 1/\pi S_{\max} \int_0^{\pi} \sin \varphi d\varphi = 2/\pi S_{\max}.$$

Тогда средняя величина медианного диаметра гранул

$$d_{m,cp} = 2\sqrt{1/\pi S_{cp}}.$$

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^{-1} , 2 резца в линии резания и шаг установки резцов 4,5 см) сечение среза изменяется от 0 до 9 см^2 при средней его величине $5,7 \text{ см}^2$. 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 класса 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 С₈ «нижний» на шахте «Западно-Донбасская» ГКХ «Павлоградуголь», проведенный в соответствии с требованиями ГОСТ2093-77. По данным рассева 63,23 % - уголь, размеры гранул которого находится в пределах от 0 до 25 мм, и 15,94% - с размерами гранул 25-50 мм.

Снижение удельных энергозатрат разрушения пласта рабочим органом при увеличении площади сечения среза или, что то же, при увеличении толщины среза (стружки) при постоянном шаге установки резцов по зависимости, близкой к гиперболе, и асимптотическое стремление их к минимальному для данной сопротивляемости угля резанию величине, а также зависимость медианного диаметра гранул разрушенного угля от удельных энергозатрат разрушения обуславливают тот факт, что если достигнут (выбран) такой режим работы комбайна (такая толщина среза), при котором удельные энергозатраты

разрушения близки к минимальным, дальнейшая интенсификация режима работы комбайна (дальнейшее увеличение толщины среза) не дает желаемых результатов по улучшению гранулометрического (сортового) состава угля. Действительно,

$$d_{m2} / d_{m1} = \sqrt{W_{p1} / W_{p2}}.$$

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 полутора кратным ее увеличением, получим

$$d_{m2} \leq d_{m1} \sqrt{k_p} = d_{m1} \sqrt{1,2} = 1,1d_{m1},$$

т.е. почти полутора кратное увеличение толщины среза обуславливает увеличение медианного диаметра гранул угля до 10 %.

Отсюда следует, что при работе комбайна в рациональном или близком к нему режиме (удельные энергозатраты разрушения пласта близки к минимальным) дальнейшая его интенсификация не желательна, так как при значительном увеличении нагрузки комбайна не достигается желаемого результата по улучшению гранулометрического (сортового) состава добытого этим комбайном угля.

Полученный на основании разработанных теоретических положений результат подтверждается наблюдаемыми данными натурных испытаний работы комбайна типа К-103 с пространственно динамически уравновешенными шнеками, проведенными на шахте «Западно-Донбасская» в лаве № 841 пласту С₈ «нижний». При повышении скорости перемещения комбайна в 1,5 раза (с 3,0 до 4,5 м/мин) наблюдалось улучшение гранулометрического (сортового) 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, оснащенным режущим инструментом существующей конструкции, можно оценивать медианным диаметром гранул, являющийся случайной величиной, зависящей как от удельных энергозатрат разрушения, так и площади сечения среза (стружки). При работе комбайна в рациональном или близком к нему режиму дальнейшая интенсификация режима его работы не ведет к пропорциональному увеличению интенсификации режима работы комбайна улучшению гранулометрического (сортового) состава угля.

Список источников.

1. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. - М.: Наука, 1964. - 576 с.