

*Докт. тех. наук. Бойко Н.Г.,
канд. техн. наук, Бойко Е.Н., инж. Федоров О.В.,
(Донецкий национальный технический университет)*

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ РАЗРУШЕНИЯ ПЛАСТА РЕЗЦАМИ С РАБОЧЕЙ БОКОВОЙ ГРАНЬЮ

Удельные энергозатраты разрушения есть количество энергии, затраченное на разрушение единицы объема горной породы или угля. Удельные энергозатраты разрушения материала i -м одиночным резцом при условии постоянства сечения среза на всем пути резания определяются по зависимости

$$W_{Pi} = \bar{Z}_i / (3,6S_{Ci}), \quad (1)$$

где \bar{Z}_i — усредненная величина усилия резания; S_{Ci} — сечение среза.

Для работы резцов очистных комбайнов характерно непостоянство сечения среза, обусловленное переменной толщиной стружки. Изменения последней вызваны сочетанием вращательного и поступательного движений, совершаемых исполнительным органом [1]. В этом случае целесообразно установить величину удельных энергозатрат разрушения за один цикл резания, соответствующий полуобороту исполнительного органа. Эта величина составит

$$W_{Pi} = \int_0^{\pi} Z_i(\phi) d\phi \times \left(3,6 \int_0^{\pi} S_{Ci}(\phi) d\phi \right)^{-1} = \int_0^{\pi} Z_i(\phi) d\phi \times \left(3,6 t_i \cdot \int_0^{\pi} h_i(\phi) d\phi \right)^{-1}, \quad (2)$$

где ϕ — угол поворота резца; h_i , t_i — толщина и ширина стружки, Z_i — мгновенное значение усилия резания.

Поскольку как усилие резания, так и толщина стружки являются случайными величинами, величина удельных энергозатрат разрушения за один цикл резания также будет случайной величиной. Математическое ожидание этой величины

$$\bar{W}_{Pi} = \int_0^{\pi} M_{Zi}(\phi) d\phi \times \left(3,6t_i \cdot \int_0^{\pi} \bar{h}_i(\phi) d\phi \right)^{-1}, \quad (3)$$

где M_{Zi} — математическое ожидание усилия резания, зависящее от угла поворота исполнительного органа.

С учетом выражения для математического ожидания усилия резания [2] после интегрирования и преобразований получим

$$\bar{W}_{Pi} = \frac{\bar{A}_{Pi}}{3,6t_i} \left[\bar{k}_{Pi} \bar{\xi}_{Pi} + \bar{k}_{BPi} \left(t'_i - \frac{\pi k_h \bar{v} \cdot \Delta\gamma_i}{4 \omega} \right) \bar{\xi}_{Bi} \text{ctg} \theta_i + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{\bar{v} \cdot \Delta\gamma_i} \cdot \frac{f' \bar{k}_{\Delta\gamma_i} \bar{S}_i}{\bar{\alpha}_{Ki} + \alpha_0} \right], \quad (4)$$

где A_{Pi} — сопротивляемость угля резанию в зоне, разрушаемой в заданный момент времени i -м резцом; \bar{k}_{Pi} , \bar{k}_{BPi} , $\bar{k}_{\Delta\gamma_i}$ — математические ожидания коэффициентов, учитывающих влияние хрупко-пластических свойств пласта и геометрических параметров режущего инструмента на величину усилий на передней, рабочей боковой и задней граней i -го резца; S_i — площадь контакта i -го резца с массивом по задней грани; α_{Ki} — величина кинематического заднего угла; α_0 — постоянная величина; f' — коэффициент сопротивления пласта резанию; $\bar{\xi}_{Pi}(l_i)$ и $\bar{\xi}_{Bi}(l_i)$ — “ функции скалывания ” — случайные функции пути, пройденного резцом от точки его первоначального соприкосновения с массивом [2]; θ_i — угол наклона вектора усилия, формирующегося на рабочей боковой грани; ω — угловая скорость вращения исполнительного органа; $\Delta\gamma_i$ — центральный угол между i -м и предыдущим резцом в одной линии резания; \bar{v} — среднее значение скорости перемещения комбайна.

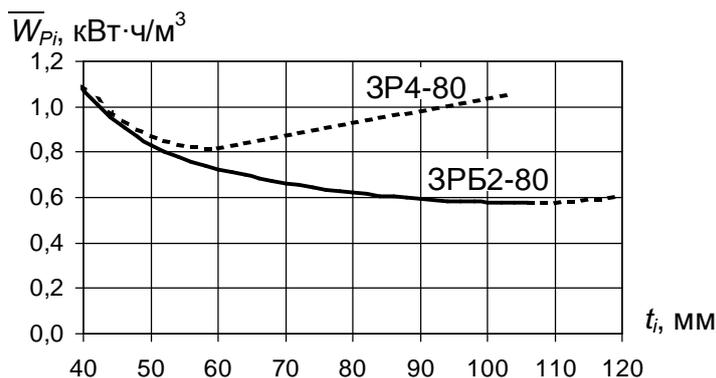


Рис. 1 Зависимость удельных энергозатрат разрушения пласта резцом с рабочей боковой гранью типа ЗРБ2-80 и резцом типа ЗР4-80 от ширины стружки

удельные энергозатраты разрушения на 30...45% в сравнении с существующими типами режущего инструмента, для которых оптимальная ширина стружки составляет 45...55 мм.

Удельные энергозатраты разрушения угля резцом с рабочей боковой гранью обратно пропорциональны ширине стружки t_i . Однако зависимость не является строго гиперболической, поскольку ширина сечения среза оказывает влияние на величину коэффициентов, входящих в выражение (4), а также определяет величину приведенного сечения среза t'_i ; составляющая удельных энергозатрат разрушения, обусловленная затратами энергии на разрушение межщелевого целика рабочей боковой гранью, возрастает при увеличении ширины среза. Это приводит к выполаживанию графика зависимости при увеличении ширины среза свыше 80...100 мм.

Выражение (4) описывает удельные энергозатраты разрушения пласта одиночным резцом. Исполнительные органы современных комбайнов снабжены значительным (50 и более) количеством резцов, условия работы которых неодинаковы: ширина снимаемой стружки для резцов кутковой группы значительно меньше, чем для забойных резцов, внутри каждой из групп ширина резания также может меняться, неодинаково и число резцов в линии резания. При

Удельные энергозатраты разрушения пласта резцом с рабочей боковой гранью снижаются с увеличением ширины среза, рис. 1. Резец с рабочей боковой гранью способен работать с шириной срезаемой стружки до 90 мм, что позволяет снизить

оснащении исполнительного органа резцами с рабочей боковой гранью, последние используются в забойной группе, кутковая же группа формируется из резцов ЗР4-80 или других типов. Поэтому удельные энергозатраты разрушения массива пласта исполнительным органом могут существенно отличаться от удельных энергозатрат разрушения, рассчитанных для одиночного резца забойной группы.

Удельные энергозатраты разрушения пласта исполнительным органом за некоторый промежуток времени $[t_H; t_K]$ составят

$$W_P = D_{II} \sum_{i=1}^n \int_{\phi_H}^{\phi_K} Z_i(\phi) d\phi \times \left(2F_P \int_{t_H}^{t_K} \dot{x}(t) dt \right)^{-1}, \quad (5)$$

где F_P — площадь поперечного сечения вынимаемой исполнительным органом полосы угля; n — количество резцов на исполнительном органе; ϕ_H, ϕ_K — угол поворота исполнительного органа в начальный и конечный моменты времени.

Математическое ожидание удельных энергозатрат разрушения пласта исполнительным органом

$$\bar{W}_P = D_{II} \omega \sum_{i=1}^n \int_0^{2\pi} M_{Z_i}(\phi) d\phi \times (4\pi F_P \bar{v})^{-1}, \quad (6)$$

Найдя значение входящего в приведенное выражение интеграла из зависимости (3), представим удельные энергозатраты разрушения массива пласта в виде

$$\bar{W}_P = D_{II} \omega \sum_{i=1}^n \left(\bar{W}_i t_i \int_0^{2\pi} \bar{h}_i(\phi) d\phi \right) \times (4\pi F_P \bar{v})^{-1}, \quad (7)$$

С учетом того, что $\bar{h}_i(\phi_i) = \bar{v} \cdot \Delta\gamma_i \omega^{-1} \sin \phi_i$, [1], получим

$$\bar{W}_P = \frac{1}{B_3} \sum_{i=1}^n \left(\frac{t_i}{m_i} \bar{W}_i \right), \quad (8)$$

где B_3 — ширина захвата исполнительного органа; m_i — число резцов в линии резания.

Таким образом, удельные энергозатраты разрушения массива пласта исполнительным органом комбайна есть средневзвешенное значение удельных энергозатрат разрушения массива каждым из резцов, взятых с учетом доли каждого резца в общем объеме разрушенного материала.

Удельные энергозатраты разрушения массива резцами кутковой группы весьма велики (в 2...3 раза выше, чем для забойной группы резцов), так как эти резцы производят резание в нерациональном режиме с малыми сечениями среза. Однако, поскольку свыше 80% пласта разрушается резцами забойной группы, влияние кутковой группы на формирование удельных энергозатрат разрушения невелико. Это обуславливает возможность существенного снижения общих энергозатрат разрушения за счет более эффективного разрушения массива резцами забойной группы: снижение удельных энергозатрат разрушения пласта резцами забойной группы на 30...45% позволяет, согласно выражению (8), уменьшить удельные энергозатраты разрушения пласта исполнительным органом на 20...30%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Исполнительные органы очистных комбайнов для тонких пологих пластов /Бойко Н.Г., Болтян А.В., Шевцов В.Г., Марков Н.А. — Донецк, “Донеччина”, 1996. — 223 с.
2. Бойко Н.Г., Бойко Е.Н., Федоров О.В. Математическое моделирование мгновенных усилий, формирующихся на резце с рабочей боковой гранью. // Наукові праці Донецького державного технічного університету. Випуск 35, серія гірничо-електромеханічна. — Донецьк: ДонДТУ, 2001. — С. 21-27.