

Н. Г. Бойко, докт. техн. наук, Е. Н. Бойко, канд. техн. наук,
О. В. Федоров, инж., Донецк, Украина

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА С РАБОЧЕЙ БОКОВОЙ ГРАНЬЮ

A new cutting tool for stoping combines is proposed - cutter with a working lateral face. This cutter realises a combined way of a coal seam destroying, creating both compression and shift tension in it. It allows to reduce of specific energy expenses for coal crushing, to improve of coal grain-size distribution and to increase a productivity of a combine. The parameters of a working lateral face ensuring minimal specific energy expenses of a coal seam destruction are determined.

Применяемый в настоящее время режущий инструмент для разрушения хрупких материалов, например, углей разрушение пласта или его части производит путем раздавливания, т.е. создавая в массиве напряжение сжатия. Это наиболее неблагоприятный как с энергетической, так и силовой картины процесс разрушения. Разработанный нами режущий инструмент с рабочей боковой гранью создает в разрушаемом пласте или его части комбинацию напряжений – сжатия и сдвига. Это дает возможность значительно снизить удельные энергозатраты разрушения из-за того, что хрупкие материалы, в том числе и горные породы и уголь имеют пониженное примерно на порядок сопротивление сдвигу по сравнению с сопротивлением сжатию.

Действительно, представляя удельные энергозатраты разрушения в виде [1],

$$W_p = Z_n / (h_{cp} t),$$

где Z_n - полная сила резания на передней грани резца, h_{cp} , t – параметры среза, а силу на рабочей боковой грани резца с рабочей боковой гранью - в виде

$$X = k_{об} R_{сд} S_{сд},$$

где $k_{об}$, $R_{сд}$, $S_{сд}$ - соответственно, коэффициент, учитывающий объемное напряженное состояние массива пласта, напряжение и площадь сдвига разрушаемого пласта, и приняв $R_{сд}/R_{сж} = 0,1$, а $S_{сд} = 10 S_3$, где S_3 - площадь затупления резца по задней грани, получим $X = Y$. Здесь Y – сила на задней грани резца. Отношение удельных энергозатрат разрушения пласта резцом с рабочей боковой гранью $W_{p.н}$ к удельным энергозатратам разрушения резцом существующей конструкции $W_{p.с}$ имеет вид

$$W_{p.н} / W_{p.с} = [1 + f(1 + \cos \beta)Y / Z_0] / [k_t(1 + fY / Z_0)]$$

где Z_0 - сила резания на передней грани острого резца, f – коэффициент сопротивления резанию, β - угол наклона рабочей боковой грани, k_t – отношение

ширины среза для резцов с рабочей боковой гранью к ширине среза резцов существующей конструкции .

Для принятых параметров резцов, различных значений между силами на передней и задней гранях резца, что имеет место для углей с различными физико-механическими свойствами, и разных соотношений между шириной среза, отношения удельных энергозатрат составляют:

Y/Z_0	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7
	$k_t = 1,6$				
$W_{p.н}/W_{p.с}$	0,67	0,68	0,70	0,71	0,72
	$k_t = 2$				
$W_{p.н}/W_{p.с}$	0,53	0,54	0,56	0,57	0,58

Откуда следует: удельные энергозатраты разрушения пласта резцами с рабочей боковой гранью, создающими в массиве напряжения сжатия и сдвига, значительно (на 33...28 % при $k_t = 1,6$ и на 47 - 42 % при $k_t = 2$) ниже удельных энергозатрат разрушения пласта резцами существующей конструкции, а изменение соотношения между силами на передней и задней гранях резца в 2,3 раза обуславливает незначительное (7...9 %) изменение удельных энергозатрат разрушения пласта.

Отметим также, что имеющее место снижение удельных энергозатрат разрушения пласта обуславливает увеличение производительности комбайна и, как показала практика использования резцов с рабочей боковой гранью, улучшение гранулометрического (сортового) состава добытого угля.

Основными параметрами рабочей боковой грани являются ее ширина b_{Ci} и угол наклона β_i , критерием оптимальности которых примем удельные энергозатраты разрушения пласта. С учетом сказанного зависимость математического ожидания удельных энергозатрат разрушения пласта имеет вид [2]

$$\bar{W}_{Pi} = \frac{\bar{A}_{Pi}}{3,6t_i} \left[\bar{k}_{Pi} \bar{\xi}_{Pi} + \left(\frac{a}{\beta_i^2} + c(\beta_0 - \beta_i)b_{Ci} + d \right) \left(t'_i - \frac{\pi k_h \bar{v} \cdot \Delta\gamma_i}{4 \omega} \right) \times \right. \\ \left. \times ctg(\theta_0 - k_\beta \beta_i) + \frac{\pi}{2} \cdot \frac{\omega}{\bar{v} \cdot \Delta\gamma_i} \cdot \frac{f' \bar{k}_{\Delta Yi} \bar{S}_i}{\bar{\alpha}_{Ki} + \alpha_0} \right],$$

где \bar{A}_{Pi} — математическое ожидание сопротивляемости угля резанию в зоне, разрушаемой в заданный момент времени i -м резцом; \bar{k}_{Pi} , \bar{k}_{BPi} , $\bar{k}_{\Delta Yi}$ — 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; $\zeta_{Pi}(l_i)$ и $\zeta_{Bi}(l_i)$ — “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.

Для дальнейшего анализа полученную зависимость удобно представить в виде

$$\bar{W}_{Pi} = \bar{W}'_{Pi} + k_{\bar{W}_{Pi}} \Phi(\beta_i, b_{Ci}),$$

где \bar{W}'_{Pi} и $k_{\bar{W}_{Pi}}$ — величины, не зависящие от геометрических параметров рабочей боковой грани, а функция

$$\Phi(\beta_i, b_{Ci}) = \left(\frac{a}{\beta_i^2} + c(\beta_0 - \beta_i)b_{Ci} + d \right) \operatorname{ctg}(\theta_0 - k_\beta \beta_i)$$

характеризует влияние геометрических параметров рабочей боковой грани на удельные энергозатраты разрушения массива.

Характер функции Φ от ее аргументов — угла наклона и ширины рабочей боковой грани — представлены графически, рис. 1 а, б, соответственно. Как видно из графиков, зависимость функции Φ от угла β_i нелинейная, имеющая минимум, а зависимость ее от ширины b_{Ci} линейна, причем функция Φ убывает с увеличением b_{Ci} .

Приравняв частную производную функции Φ по параметру β_i

$$\frac{\partial \Phi}{\partial \beta_i} = \left(\frac{a}{\beta_i^2} + c(\beta_0 - \beta_i)b_{Ci} + d \right) \frac{k_\beta}{\sin^2(\theta_0 - k_\beta \beta_i)} - \left(\frac{2a}{\beta_i^3} + cb_{Ci} \right) \operatorname{ctg}(\theta_0 - k_\beta \beta_i)$$

нулю и решив ее относительно угла наклона рабочей боковой грани, найдем величину угла β_i , при которой функция Φ , а следовательно, и удельные энергозатраты разрушения пласта будут минимальны. Уравнение решено численным методом с использованием ЭВМ, в результате чего получена зависимость оптимального значения угла β_{onm} от ширины рабочей боковой грани, рис. 2. Эти значения имеют характер гиперболы, асимптотически приближающиеся к величине $28,3^\circ$ при больших b_{Ci} и на интервале $15 \text{ мм} \leq b_{Ci} \leq 45 \text{ мм}$ близки к линейной зависимости и могут быть аппроксимированы выражением

$$\beta_{onm} = \beta_{onm0} - k_{bc} b_{Ci},$$

где β_{onm0} и k_{bc} — коэффициенты регрессии, значения которых составляют соответственно $31,1^\circ$ и $9,5 \cdot 10^{-3}$ град/мм.

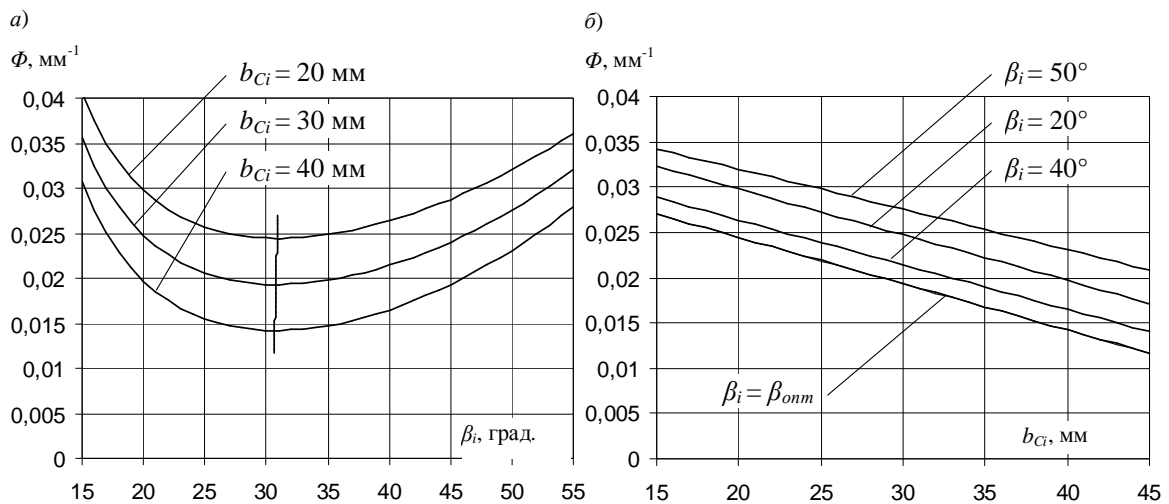


Рисунок 1 — Графики зависимости функции Φ от угла наклона (а) и ширины (б) рабочей боковой грани

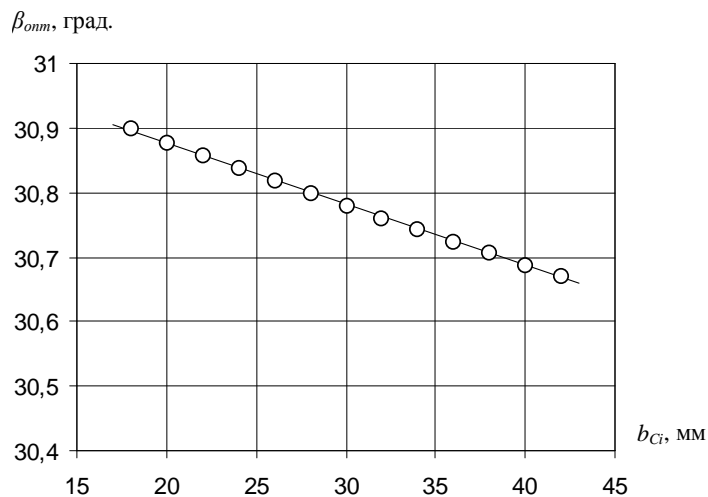


Рисунок 2 — График зависимости оптимальной величины угла наклона рабочей боковой грани от ее ширины

Таким образом, оптимальное значение угла наклона рабочей боковой грани различно при различных значениях ее ширины: при большей ширине оптимальный угол меньше. Однако эти изменения незначительны: в указанном диапазоне ширины рабочей боковой грани оптимальный угол изменяется от $30,6^\circ$ до $30,9^\circ$. Следует отметить также, что в диапазоне углов $26^\circ \leq \beta_i \leq 35^\circ$ отклонение значения функции Φ от оптимального составляет не более 5%, что позволяет варьировать угол β_i с учетом иных требований и конструктивных ограничений.

Список литературы: 1. Позин Е.З. Сопротивляемость углей разрушению режущими инструментами.— М.: Наука, 1972. — 240 с. 2. Федоров О. В. Обоснование параметров режущего инструмента с рабочей боковой гранью для очистных комбайнов. Дис. ... канд.техн. наук. — Донецк: ДонНТУ, 2001. — 179 с.