

## ОБОСНОВАНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО УРОВНЯ ИЗНОСА РЕЗЦОВОГО ИНСТРУМЕНТА ПРОХОДЧЕСКОГО КОМБАЙНА КПД

**Шабаев О.Е., Тыртычный С.В.** (*кафедра ГМ, ДонНТУ, Донецк, Украина*)

Основой топливно-энергетического комплекса Украины является каменный уголь, разведанные запасы которого оцениваются в 110 млрд. т.

Современная тенденция добычи угля на Украине, а также в других технологически развитых угледобывающих странах характеризуется всевозрастающей интенсификацией нагрузки на лаву. Отечественные механизированные очистные комплексы нового технического уровня обеспечивают возможность роста нагрузки на лаву до 2-х и более тысяч тонн в сутки.

Одним из факторов, наиболее сдерживающих рост нагрузки на современные добычные комплексы, является отставание в подготовке нового фронта очистных работ. Эта задача реально выполнима при проходке горных выработок с темпами 400-600 м/месяц.

Такие темпы проходки может обеспечить только комбайновая технология проведения выработок, которая наиболее полно отвечает требованиям экономической эффективности горно-подготовительных работ.

В настоящее время все более широкое применение на шахтах Украины и за рубежом получают проходческие комбайны со стреловидным исполнительным органом, оснащенные коронками различной конфигурации.

Прилагаемые в последнее время усилия, направленные на интенсификацию прохода горных выработок, а также дальнейшее расширение области применения проходческих комбайнов избирательного действия на забои с повышенными показателями абразивности и прочности горных пород, обуславливают существенное возрастание нагруженности исполнительного органа, а в частности его режущего инструмента.

Из практики проходки известно, что выход из строя рабочего инструмента в среднем составляет 7-10 резцов в сутки. Кроме того, работа с затупленным инструментом ведет к повышенной загруженностью силовых систем комбайна и привода исполнительного органа, что является сдерживающим фактором для дальнейшей интенсификации темпов прохода горных выработок.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод о том, что существует потребность отслеживать граничное состояние режущего инструмента, для рационального использования ресурса машины, и для обеспечения заданной производительности.

Вопросом обоснования критериев износа резцов посвящены труды многих ученых. Так авторы статьи [1]. представили зависимости мгновенной площадки контакта (площадки затупления) резца с разрушаемым массивом от износа резца по длине при различных значениях толщины стружки. Влияние износа резцов на силы резания подробно изучалось в работе [2]. В работе [3] представлены результаты которые не противоречат предположению о том, что переизношенные резцы находятся в состоянии предельного затупления, при которых не происходит существенного возрастания нагрузок. В месте с тем в этих и других известных нам работах не исследовалось влияния степени затупления резцов на формирования нагрузок на исполнительном органе проходческого комбайна и также обоснования допустимой величины износа для обеспечения технико-экономических показателей оговоренных техническим заданием на конкретную машину.

Таким образом, целью работы является определение предельной степени затупления рабочего инструмента, обеспечивающий требуемую по техническому условию теоретическую производительность.

Для оценки влияния нагрузки на исполнительном органе проходческого комбайна в зависимости от степени затупления рабочего инструмента использовалась математическая модель вектора внешнего возмущения на аксиальную коронку проходческого комбайна [4]:

$$\left\{ \begin{array}{l} FX_{ni} = -PX_{ni} \cdot n_{xx_{ni}} - PY_{ni} \cdot n_{yx_{ni}} - PZ_{ni} \cdot n_{zx_{ni}}; \\ FY_{ni} = -PX_{ni} \cdot n_{xy_{ni}} - PY_{ni} \cdot n_{yy_{ni}} - PZ_{ni} \cdot n_{zy_{ni}}; \\ FZ_{ni} = -PX_{ni} \cdot n_{xz_{ni}} - PY_{ni} \cdot n_{yz_{ni}} - PZ_{ni} \cdot n_{zz_{ni}}; \\ M_{ni} = PZ_{ni} \cdot r_i; \\ M'_n = \sum_i M_{ni}; FX_n = \sum_i FX_{ni}; FY_n = \sum_i FY_{ni}; FZ_n = \sum_i FZ_{ni}; \\ n = \overline{1, N_n} \\ \left[ F_{xn} = FX_n; F_{yn} = FY_n; F_{zn} = FZ_n; M_n = M'_n; \right. \\ \left. \kappa = \overline{1, N_3 - 1} \right. \\ \left. \left\{ \begin{array}{l} \kappa_1 = \kappa \cdot N_n / N_3 \\ n = \overline{1, \kappa_1} \\ \left[ j = N_n - \kappa_1 + n \right. \\ \left. F_{xn} = F_{xn} + FX_j; F_{yn} = F_{yn} + FY_j; F_{zn} = F_{zn} + FZ_j; M_n = M_n + M'_j; \right. \\ \left. n = \overline{\kappa_1 + 1, N_n} \right. \\ \left. \left[ F_{xn} = F_{xn} + FX_{n-\kappa_1}; F_{yn} = F_{yn} + FY_{n-\kappa_1}; F_{zn} = F_{zn} + FZ_{n-\kappa_1}; \right. \\ \left. M_n = M_n + M_{n-\kappa_1}; \right. \\ M = \sum_n M_n / N_n; F_x = \sum_n F_{xn} / N_n; F_y = \sum_n F_{yn} / N_n; F_z = \sum_n F_{zn} / N_n; \\ kM = \frac{\max(M_{kn})}{M_k}; kF_x = \frac{\max(F_{xn})}{F_x}; kF_y = \frac{\max(F_{yn})}{F_y}; kF_z = \frac{\max(F_{zn})}{F_z}; \\ Q = Vp \sum_i h_{ni} \cdot t_{ni} \end{array} \right. \end{array} \right.$$

Исходными данными определения вектора внешнего возмущения, формируемого на аксиальной коронке при разрушении массива, является: вектор параметров разрушения массива резцами лопасти коронки  $\bar{Y}_{p_{ni}} = \{h_{ni}, t_{ni}, \Delta\alpha_{y_{ni}}, \Delta\alpha_{x_{ni}}, \bar{n}_{x_{ni}}, \bar{n}_{y_{ni}}, \bar{n}_{z_{ni}}, i = \overline{1, N_i}, n = \overline{1, N_n}\}$ ,

вектор составляющих усилий резания на резцах лопасти  $\bar{P}_{p_{ni}} = \{PX_{ni}, PY_{ni}, PZ_{ni}, i = \overline{1, N_i}, n = \overline{1, N_n}\}$ ; при числе лопастей на коронке  $N_3$ .

При известной величине  $m$  (номера прослойка разрушаемого резцом) значения составляющих усилий резания на резцах определяются по зависимостям:

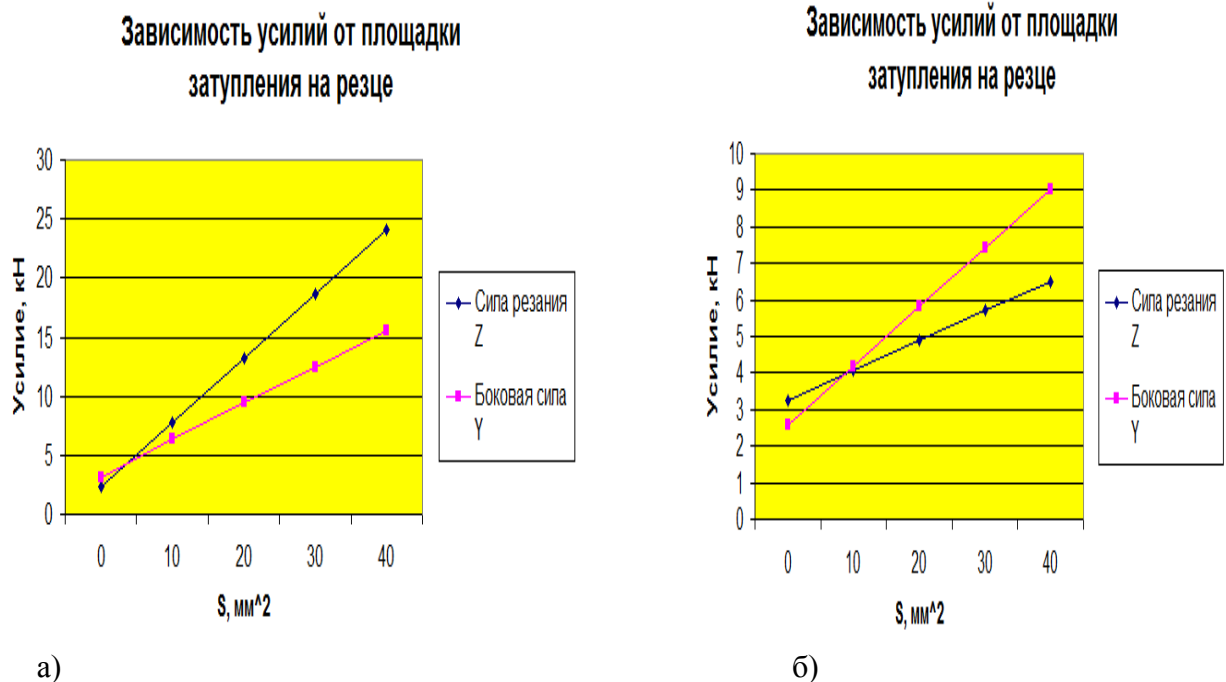
$$PX_{ni} = fx_m(\bar{Y}_{p_{ni}}); PY_{ni} = fy_m(\bar{Y}_{p_{ni}}); PZ_{ni} = fz_m(\bar{Y}_{p_{ni}}),$$

где:  $PX_{ni}, PY_{ni}, PZ_{ni}$  - соответственно боковое усилие, сила подачи и сила резания на  $i$ -том резце лопасти при  $n$ -том положении коронки по углу ее поворота;  $FX_{ni}, FY_{ni}, FZ_{ni}$  - составляющие усилий разрушения массива  $\bar{P}p_{ni}$ , формируемых на резцах лопасти, в системе координат коронки при ее  $n$ -ом положении по углу поворота;  $(n_{xx}, n_{xy}, n_{xz}), (n_{yx}, n_{yy}, n_{yz}), (n_{zx}, n_{zy}, n_{zz})$  - составляющие единичных векторов, соответственно,  $\bar{n}_x, \bar{n}_y$  и  $\bar{n}_z$ ;  $M'_n, FX_n, FY_n, FZ_n$  - вектор внешнего возмущения, действующий на коронку (при ее  $n$ -ом положении по углу поворота) от усилий разрушения массива резцами лопасти, компонентами которого являются момент сопротивления и составляющая главного вектора внешних сил с системе координат коронки;  $M_n, F_{xn}, F_{yn}, F_{zn}$  - вектор внешнего возмущения от разрушаемого массива, действующий на коронку в  $n$ -том положении;  $M, F_x, F_y, F_z$  - средняя величина составляющих вектора внешнего возмущения, действующего на коронку от разрушаемого массива за один ее оборот;  $kM, kF_x, kF_y, kF_z$  - коэффициенты неравномерности составляющих вектора внешнего возмущения, действующего на коронку;  $v_p$  - скорость подачи исполнительного органа на забой;  $h_{ni}$  - толщина среза единичным резцом;  $t_{ni}$  - ширина среза единичном резцом.

Модель позволяет определить параметры вектора внешнего возмущения в зависимости от усилия формирующемся на единичном резце и теоретическую производительность комбайна.

В качестве объекта исследования был принят наиболее яркий представитель проходческих комбайнов избирательного действия комбайн КПД, рабочим инструментом которого является резец Р32-70.

Для определения сил на единичном резце типа Р32-70 были использованы зави-



а)

б)

Рис.1. Зависимость усилий на резцах от площадки затупления на резце (а – зависимость полученная экспериментально, б – по формуле OST)

симости ОСТА [5] и экспериментально полученная зависимость описанные в работе [2]. Влияние площадки затупления на усилие на единичном резце представлено на рис.1. Эти зависимости учитывали влияние величины износа рабочего инструмента (площадку затупления) на составляющие нагрузки.

Проанализировав графики зависимости площадки затупления на силы формируемые на единичном резце, изображенных на рис. 1, можно сделать вывод, что силы резания и подачи возрастают по линейной зависимости при увеличении площадки затупления резца. Увеличение площадки затупления до  $40 \text{ мм}^2$  приводит к росту усилий резания и боковых усилий в 10-10,5 раз по формуле эксперимента и в 6-7 раз по формуле ОСТА для крепости породы  $\sigma_{сжс} = 100 \text{ МПа}$ .

Теоретическая производительность проходческого комбайна является функцией следующих параметров: глубина зарубки  $B$ , шага фрезерования  $\Delta H$  и скорость подачи  $Vp$ . Согласно разработанному плану вычислительных экспериментов значения максимальных производительностей комбайна для различных крепостей разрушаемого материала определялось путем варьирования параметров глубины зарубки  $B$ , шага фрезерования  $\Delta H$  и скорости подачи  $Vp$

$$Q(B, \Delta H, Vp) \rightarrow \max$$

с учетом затупленности рабочего инструмента и принятых ограничений:

-по устойчивому моменту приводного электродвигателя

$$M \leq M_y ;$$

-по предельному давлению в гидроцилиндрах поворота исполнительного органа

$$P \leq P_{нк} .$$

Где  $M_y$  – устойчивый момент приводного электродвигателя привода исполнительного органа;

$P_{нк}$  – давление настройки предохранительного клапана гидроцилиндров поворота исполнительного органа комбайна.

Результаты моделирования для крепости породы  $\sigma_{сжс} = 100 \text{ МПа}$  исполнительным органом проходческого комбайна КПД оснащенный резцами Р32-70 представлены на рис.2 и рис.3.

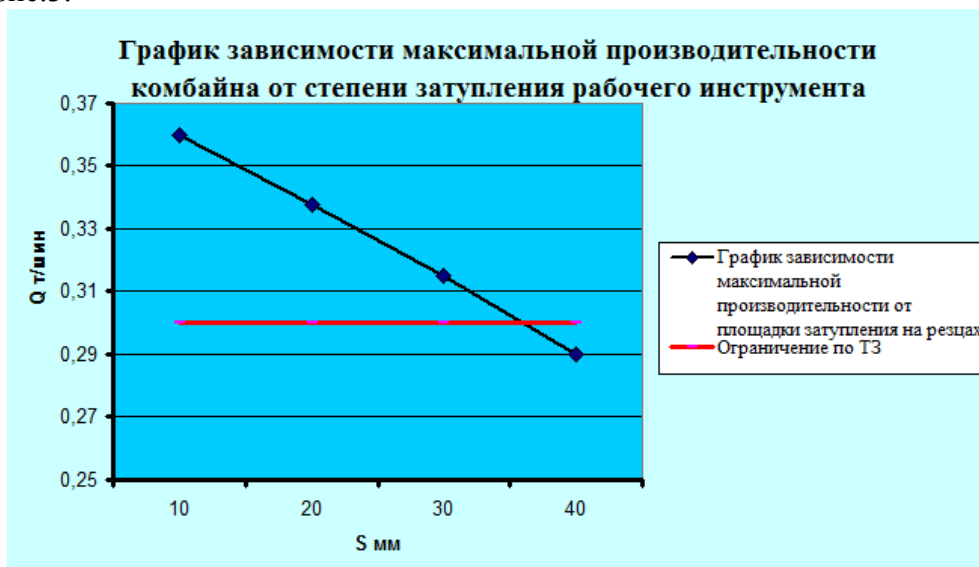


Рис.2. График зависимости максимальной производительности проходческого комбайна КПД от площадки затупления на резцах (ОСТ)

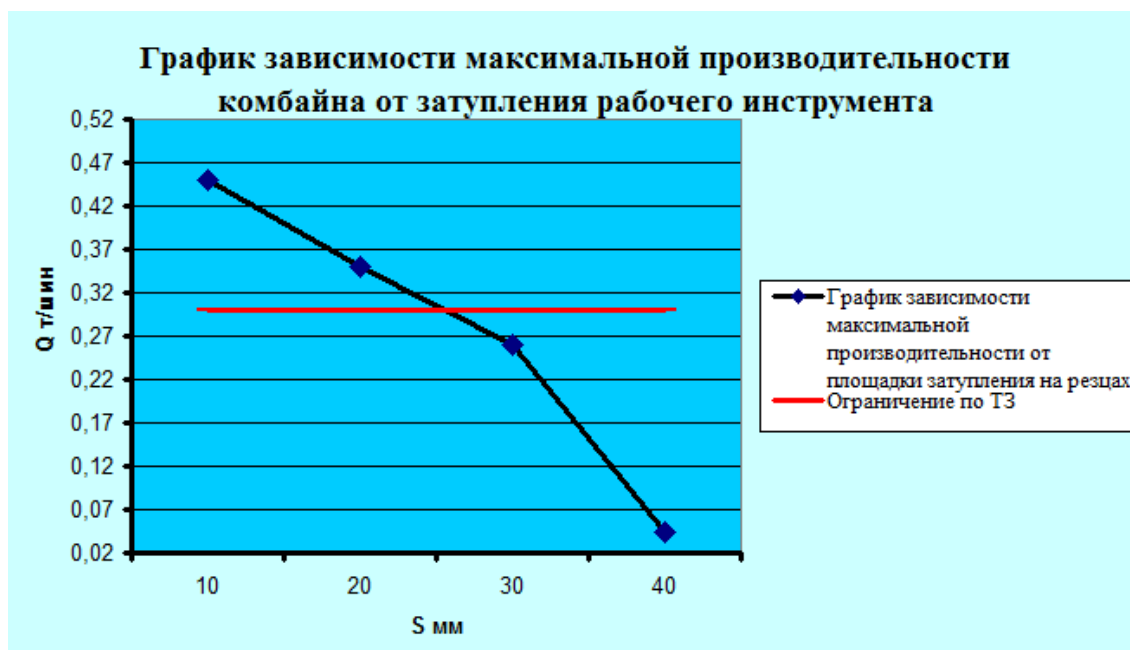


Рис. 3. График зависимости максимальной производительности проходческого комбайна КПД от площадки затупления на резцах (формула эксперимента)

Вместе с тем в техническом условии на комбайн КПД даны значения требуемых теоретических производительностей в зависимости от крепости разрушаемого материала представлены в таблице 1. и показаны на рис.2 и рис.3 горизонтальными линиями.

Таблица 1: Требования к производительности проходческого комбайна КПД

Крепость разрушаемых пород	Значение производительности $m^3 / мин$
- по породе $\sigma_{сж} \leq 100 МПа$	0,3
- по породе $\sigma_{сж} \leq 80 МПа$	0,35
- по породе $\sigma_{сж} \leq 60 МПа$	1

Анализ полученных результатов (рис.2 и рис.3) показывает, что для обеспечения оговоренной в техническом условии теоретической (минутной) производительности проходческого комбайна КПД, оснащенного резцами типа Р32-70, предельным уровнем износа режущего инструмента является значение площадки затупления порядка 25-35 мм<sup>2</sup>. При этом большее значение необходимо принимать для разрушения горного массива с менее крепкими породами.

Таким образом, для оценки предельного уровня износа резового инструмента проходческого комбайна в общем случае необходимо учитывать следующие параметры: форму и тип исполнительного органа проходческого комбайна, крепость разрушаемых пород; тип режущего инструмента, техническое условие на комбайн. Направлением дальнейших исследований является обоснование критериев для диагностики степени износа режущего инструмента и определение времени его замены на основе мехатронной концепции создания проходческих комбайнов.

**Список литературы:** 1. Разрушение углей и горных пород: Науч.сообщ./Ин-т горн.дела им. А.А. Скачинского.- М.,1988.-80с. 2. Костенко А,П. Установление рациональных режимов разрушения сильвинитовых пластов барабанными очистными комбайнами Дис. канд. техн. наук.-Донецк, 1992.-193с. 3. Разрушение углей и горных пород: Науч.сообщ./Ин-т горн.дела им. А.А. Скачинского.- М.,1988.-80с. 4. Математическая модель формирования вектора внешнего возмущения на аксиальной коронке механического проходческого комбайна / А.К. Семенченко, О.Е. Шабаев, Н.В. Хиценко, Е.Ю. Степаненко // Наукові праці Донецького нац. техн. ун-ту. Вип. 18(172), серія гірничо-електромеханічна. – Донецьк: ДонНТУ, 2010. – с. 3-12. 5. ОСТ 12.44.197-81. Комбайны проходческие со стреловидным исполнительным органом. Расчет эксплуатационной нагруженности трансмиссии исполнительного органа. Введен с 01.07.1982. –М.: Минуглепром СССР, 1981. – 48 с.