

П. Г. Матюха, д-р техн. наук, А. В. Бурдин, Донецк, Украина

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЛИМИТИРОВАННОЙ СИЛЫ ПОДЖИМА КОМБИНИРОВАННОГО ОБРАЗЦА К РЕЖУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КРУГА ПРИ ВРЕЗНОМ ШЛИФОВАНИИ ПО УПРУГОЙ СХЕМЕ**

*В статті запропоновано метод аналітичного розрахунку лімітованої сили підтиску комбінованого зразка «сталь – твердий сплав» до ріжучої поверхні круга при плоскому врзному шліфуванні за пружною схемою.*

*В статье предложен метод аналитического расчета лимитирующей силы поджима комбинированного образца «сталь – твердый сплав» к рабочей поверхности круга при плоском врезном шлифовании по упругой схеме.*

*P. G. MATYUHA, A. V. BURDIN*

*DEFINITION OF LIMITED HOLD-DOWN PRESSURE OF THE COMBINED SAMPLE TO THE CUTTING SURFACE OF THE WHEEL AT INFEEED GRINDING UNDER THE ELASTIC SCHEME*

*In article the method of analytical calculation of limiting radial force the complex workpiece «steel – hardmettal» to working surface of the circle is offered at flat infeed mode grinding under the elastic scheme.*

При плоском врезном шлифовании по упругой схеме к режимам обработки, влияющим на выходные показатели процесса, относятся: отношение скорости круга к скорости комбинированного образца, а также сила поджима образца к рабочей поверхности круга (РПК). Отношение скоростей круга и образца с учетом геометрических параметров поверхности РПК определяет параметры шероховатости обработанной поверхности, а сила поджима образца к РПК – условия работы круга и физико-механические свойства обработанной поверхности. В связи с этим, значение силы поджима образца к РПК может быть ограничено температурой окисления алмазов, механической прочностью алмазных зерен и температурой обработанной поверхности.

Как показал анализ литературы, сила поджима образца к РПК назначается на основе априорной информации [1, 2], а сведения об аналитическом определении силы поджима комбинированных образцов к РПК в литературе отсутствуют.

Цель работы: разработка методики аналитического расчета лимитированной силы поджима комбинированного образца «конструкционная сталь – твердый сплав» к РПК при плоском врезном шлифовании по упругой схеме.

Лимитированной силой поджима образца к РПК является сила поджима, удовлетворяющая технологическим ограничениям по температуре окисления алмазов, механической прочности алмазных зерен и температуре на обработанной поверхности.

При врезном шлифовании по упругой схеме комбинированного образца «конструкционная сталь – твердый сплав» (рис.), соединенных припоем, значение ограничивающих сил поджима к РПК определяется по зависимостям

$$P_{n\text{ок}} = P_{y\text{тс ок}} + P_{y\text{ст}}, \quad (1)$$

$$P_{n\text{мл}} = P_{y\text{тс мл}} + P_{y\text{ст}}, \quad (2)$$

$$P_{n\text{пл}} = P_{y\text{тс пл}} + P_{y\text{ст}}, \quad (3)$$

где  $P_{y\text{тс ок}}$ ,  $P_{y\text{тс мл}}$ ,  $P_{y\text{тс пл}}$  – соответственно, предельные радиальные силы резания на твердом сплаве, ограниченные температурой окисления алмазов, механической прочностью алмазных зерен, температурой плавления припоя, Н;  $P_{y\text{ст}}$  – радиальная сила резания, возникающая при шлифовании стальной части образца на одинаковых с твердым сплавом режимах, Н.

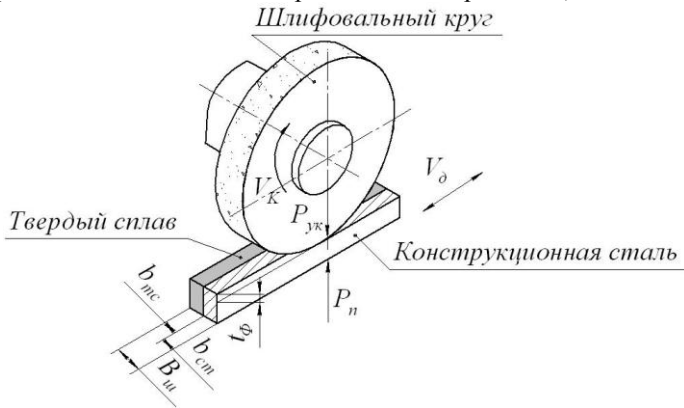


Рисунок – Схема плоского шлифования комбинированного образца

Аналитический расчет силы поджима образца к РПК, ограниченной температурой окисления алмазов, выполним по ранее полученным нами формулам, с учетом того, что ограничивающая радиальная сила резания возникает на твердосплавной компоненте комбинированного образца. Радиальная составляющая силы резания на твердосплавной части образца, ограниченная температурой окисления алмазов, определяется по формуле [3]

$$P_{y\text{тс ок}} = \frac{1}{k_{ш}} \left( \frac{[T_{ок} - 293] (\lambda_1 + 2,25\lambda_{тс} A^* \sqrt{F_0}) \pi z_p d^2}{4,52 A^* \delta \sqrt{\omega_1 V_k L}} \right), \quad (4)$$

где  $k_{ш}$  – коэффициент шлифования твердого сплава алмазным кругом;  $T_{ок}$  – температура окисления алмазного зерна, °К;  $L$  – длина дуги контакта зерна с обрабатываемой поверхностью, мм;  $V_k$  – скорость круга, м/с;  $d$  – диаметр основания цилиндрической модели зерна, мм;  $\lambda_{ка}$  – коэффициент теплопроводности алмаза, Вт/(м·°С);  $\lambda_{тс}$  – коэффициент теплопроводности твердого сплава.

ва, Вт/м·град;  $\omega_a$  – коэффициент температуропроводности алмаза, м<sup>2</sup>/с;  $\delta$  – коэффициент неравномерности нагрузки на зерне;  $z_{p\ mc}$  – количество режущих зерен на площадке контакта круга с твердосплавной частью образца, шт;  $F_0$  – безразмерное время контакта зерна с кругом, представленное с помощью критерия Фурье;  $A^*$  – безразмерная функция температуры на алмазе.

Длина дуги контакта шлифовального круга с образцом равна

$$L = \sqrt{D_k t_\phi},$$

где  $D_k$  – диаметр шлифовального круга, мм;  $t_\phi$  – глубина шлифования, мм.

Диаметр цилиндрической модели зерна определяется через диаметр шаровой модели, по условию равенства объёмов цилиндрической и шаровой моделей зерна [3], мкм,

$$d = \sqrt[3]{\frac{2}{3}} d_{cp}.$$

Диаметр шаровой модели зерна  $d_{cp}$ , мкм, [4]

$$d_{cp} = \frac{6090}{\sqrt[3]{N_z}},$$

где  $N_z$  – среднее количество зерен в одном карате, шт.

Количество одновременно работающих зерен  $z_{p\ mc}$ , на твердосплавной части образца, шт,

$$z_{p\ mc} = \frac{L b_{TC}}{S_{3n}^2} F(a_z),$$

где  $b_{TC}$  – ширина шлифования твердого сплава, мм.

Расстояние между зёрнами на поверхности круга, мм,

$$S_{3n} = S_{3p} K_1.$$

Расстояние между зёрнами в сечении алмазоносного слоя плоскостью, мм,

$$S_{3p} = \frac{10}{\sqrt[3]{\frac{4,4KN_z}{100}}},$$

где  $K$  – относительная концентрация алмазов в алмазоносном слое, %;  $K_1$  – коэффициент, учитывающий критическую величину закрепления зерна в связке алмазоносного слоя.

Вероятность попадания вершины зерна в интервал, равный толщине среза, определяется значением функции распределения Вейбулла, описывающей разновысотность вершин зерен.

$$F(a_z) = 1 - \exp\left(-\frac{a_z^m}{X_0}\right),$$

где  $X_0$ ,  $m$  – параметры распределения Вейбулла.

Толщина единичного среза  $a_z$ , мкм,

$$a_z = a_{z \max} + R_z k_{cp},$$

где  $R_z$  – параметр шероховатости на поверхности резания, мкм;  $k_{cp}$  – коэффициент, учитывающий влияние марки твердого сплава на параметр шероховатости поверхности резания при обработке твердого сплава [3].

Максимальная толщина среза  $a_{z \max}$ , мкм,

$$a_{z \max} = R_\kappa - \sqrt{\left(\frac{V_\delta l_{\phiок}}{60V_\kappa}\right)^2 + R_\kappa^2 - 2 \frac{V_\delta l_{\phiок} R_\kappa}{60V_\kappa} \sqrt{2 \frac{t_\phi 10^{-3}}{R_\kappa}}},$$

где  $l_{\phiок}$  – фактическое окружное расстояние между двумя контактирующими зернами, мм;  $R_\kappa$  – радиус шлифовального круга, мм;  $V_\delta$  – скорость детали, м/мин.

Фактическое окружное расстояние между контактирующими зернами определяется по формуле

$$l_{\phiок} = S_{зр} K_1 K_c K_\delta.$$

Значение коэффициента  $K_c$ , учитывающего разновысотное положение зерен определяется через вероятность попадания вершин зерен в интервал равный глубине шлифования, выраженной значением функции распределения Вейбулла

$$K_c = \frac{1}{\sqrt{F(t_\phi)}},$$

$$F(t_\phi) = 1 - \exp\left(-\frac{t_\phi^m}{X_0}\right),$$

где  $X_0$ ,  $m$  – параметры разновысотности вершин зерен, описываемых распределением Вейбулла.

Кинематический коэффициент  $K_\delta$ , учитывающий влияние режимов шлифования на окружное расстояние между зёрнами

$$K_\delta = \alpha_\delta + \beta_\delta \frac{60V_\kappa}{V_\delta},$$

где  $\alpha_\delta$ ,  $\beta_\delta$  – параметры уравнения регрессии.

Величина  $A^*$  определяется по формуле, [3]

$$A^* = A_1 - \frac{8\lambda_\kappa F_0}{\ln \frac{4h}{d} \lambda_1 + 8\lambda_\kappa F_0} A_{cp}. \quad (5)$$

Здесь:  $A_1$  – безразмерная функция учитывающая температуру рабочего торца зерна;  $A_{cp}$  – безразмерная функция, учитывающая среднюю температуру рабочего и не рабочего торца зерна;  $h$  – высота цилиндрической модели

зерна ( $d=h$ ), мм;  $\lambda_{\kappa}$  – коэффициентом теплопроводности алмазосносного слоя шлифовального круга, Вт/(м·°К);

Коэффициент теплопроводности алмазосносного слоя шлифовального круга, Вт/(м·°К), рассчитывается по формуле

$$\lambda_{\kappa} = \lambda_{\kappa a}^{0,01 Y_a} \cdot \lambda_{\kappa o}^{0,01 Y_o} \cdot \lambda_{\kappa m}^{0,01 Y_m},$$

где  $Y_a, Y_o, Y_m$  – процентное содержание алмаза, олова, меди в алмазосносном слое;  $\lambda_{\kappa a}, \lambda_{\kappa o}, \lambda_{\kappa m}$  – коэффициенты теплопроводности алмаза, олова и меди.

Безразмерное время шлифования определим следующим образом, [3]

$$F_0 = \frac{\omega_1 L}{V_{\kappa} d^2}.$$

При  $F_0 > 10$

$$A_1 = 0,977 + 0,718 F_0^{0,602},$$

$$A_{cp} = 1,041 F_0^{0,5}.$$

При  $F_0 \leq 10$

$$A_1 = 1,033 + 0,576 F_0^{0,719},$$

$$A_{cp} = 1,075 F_0^{0,502}.$$

Радиальную силу резания при шлифовании твердого сплава, ограниченную механической прочностью алмазных зерен, определим по зависимости

$$P_{ytc.m} = \frac{z_{разр} P_{\kappa}}{\sqrt{1 + k_{ш}^2}}, \quad (6)$$

где  $z_{разр}$  – количество зерен, находящихся в слое РПК, когда наиболее вероятно их поломка, шт;  $P_{\kappa}$  – разрушающая сила на единичном зерне, рассматриваемой зернистости, Н.

Количество зерен, которые разрушатся при шлифовании на заданных режимах, определится по формуле

$$z_{разр} = \frac{L b_{mc}}{S_{3n}^2} \cdot \left[ F\left(a_{zmax} + \frac{R_z}{2}\right) - F\left(a_{znp}\right) \right], \quad (7)$$

где  $F\left(a_{zmax} + \frac{R_z}{2}\right)$  – значение вероятности попадания вершин зерен в интервал равный толщины среза ( $a_{zmax} + \frac{R_z}{2}$ );  $F\left(a_{znp}\right)$  – значение вероятности попадания вершин зерен в интервал  $a_{znp}$ , при которой разрушение не происходит.

Предельную радиальную силу резания на твердом сплаве, ограниченную температурой плавления припоя, определим с учетом того, что температура на поверхности твердосплавной части образца равна температуре на поверхности припоя, а поверхности соприкосновения компонентов образца являются адиабатическими, что вносит погрешность не более 0,06 % [5],

$$P_{y_{mc\ nл}} = \frac{[T_{nл} - 293] \lambda_{mc} V_{\partial} L b_{mc} \sqrt{\pi} 10^{-6}}{4 a_{mc} 60 V_{\kappa} \sqrt{H_{mc}} \alpha_{\theta mc} k_{и mc}}, \quad (8)$$

где  $T_{nл}$  – допустимая температура на поверхности твердосплавной части образца, равная температуре плавления припоя, °K;  $H_{mc}$  – безразмерная полуширина источника тепла;  $a_{mc}$  – коэффициент температуропроводности твердого сплава, м<sup>2</sup>/с;  $\alpha_{\theta mc}$  – безразмерный коэффициент ввода тепла в образец.

Коэффициент ввода теплоты в твердосплавную часть образца  $\alpha_{\theta mc}$

$$\alpha_{\theta mc} = \frac{1}{\left( 1,25 \frac{\lambda_{\kappa}}{\lambda_{mc}} \sqrt{\frac{a_{mc}}{21 \cdot 10^{-6} V_{\kappa}}} \right) + 1}.$$

Расчет составляющих силы резания при плоском врезном шлифовании стальной части комбинированного образца периферией круга на одинаковых с твердым сплавом режимах, выполним по методике, изложенной в работе [4].

При этом, тангенциальная составляющая силы резания на круге определяется по формуле

$$P_{z\kappa} = \frac{\left( \frac{\sqrt{1+M^2} a_z \cos \omega}{\sin \beta} + \kappa_3 M \mu l_3 \right) b_{cm} z_{p\ cm} C}{1 + \left( \frac{\sqrt{1+M^2} a_z \cos \omega}{\sin \beta} + \kappa_3 M \mu l_3 \right) b_{cm} z_{p\ cm} \frac{4 a_{cm} \alpha_{V\kappa} \sqrt{H_{cm}} \alpha_{\theta cm}}{\sqrt{\pi} \lambda_{cm} V_{\partial} S_{cm}}}, \quad (9)$$

а радиальная составляющая – по формуле

$$P_{y_{cm}} = \left( \frac{\sqrt{1+M^2} a_z \sin \omega}{\sin \beta} + \kappa_3 M l_3 \right) b_{cm} z_{p\ cm} \left( C - \frac{4 a_{cm} \alpha_{V\kappa} \sqrt{H_{cm}} \alpha_{\theta cm}}{\sqrt{\pi} \lambda_{cm} V_{\partial} S_{cm}} P_{z\kappa} \right). \quad (10)$$

Здесь  $M$  – соотношение нормальных и касательных напряжений вдоль условной плоскости сдвига;  $\beta$  – угол сдвига, рад;  $a_z$  – толщина единичного среза, мкм;  $\omega$  – угол действия, рад;  $C$ ,  $\alpha$  – коэффициенты модификации Мак-Грегора-Фишера;  $\kappa_3$  – коэффициент контактирования задней поверхности зерна по поверхности заготовки;  $\mu$  – коэффициент трения между зерном и заготовкой (алмаз по стали);  $b_{cm}$  – ширина шлифования стальной части образца, мм;  $\lambda_{cm}$  – коэффициент теплопроводности стали, Вт/м·град;  $l_3$  – величина контактной площадки на зерне, мкм;  $z_{p\ cm}$  – количество одновременно работающих, на стальной части образца, зерен, шт;  $S_{cm}$  – площадь зоны контакта стальной части образца с кругом, мм<sup>2</sup>;  $H_{cm}$  – безразмерная полуширина источника тепла;  $a_{cm}$  – коэффициент температуропроводности стали, м<sup>2</sup>/с;  $\alpha_{\theta cm}$  – безразмерный коэффициент ввода теплоты в стальную часть образца.

Расчет величин, входящих в формулы (9, 10) выполняются по следующим зависимостям [4]:

– соотношение нормальных и касательных напряжений вдоль условной плоскости сдвига  $M$

$$M = 1 + 2 \left( \frac{\pi}{4} - \beta \right);$$

– угол сдвига  $\beta$ , рад

$$\beta = \arctg \left( \frac{\cos \gamma}{K_L - \sin \gamma} \right),$$

где  $K_L$  – коэффициент усадки стружки;

– передний угол зерна, рад

$$\gamma = -\arcsin \left( 1 - \frac{2a_z}{d_{cp}} \right);$$

– толщина единичного среза  $a_z$ , мкм,

$$a_z = a_{z \max} + \frac{R_z}{2},$$

где  $R_z$  – параметр шероховатости на поверхности резания, мкм;

составляющие формулы (10) находятся по ранее приведенным зависимостям,

– количество одновременно работающих зерен  $z_{p \text{ см}}$  на стальной части образца, шт,

$$z_{p \text{ см}} = \frac{L \cdot b_{cm} \cdot K_k}{S_{3n}^2} \cdot F(t_\phi);$$

– угол действия  $\omega$ , рад,

$$\omega = \arctg M - \beta;$$

– площадь зоны контакта стальной части образца с кругом  $S$ , мм<sup>2</sup>, с учетом размерности в системе СИ

$$S_{cm} = b_{cm} \sqrt{D_k t_\phi 10^{-3}};$$

– величина контактной площадки на зерне  $l_3$ , мкм

$$l_3 = 0,22 d_{cp} T^{0,047},$$

где  $T$  – время шлифования после правки круга, мин;

– ширина единичных срезов, мм,

$$S_x = \frac{S_{3n}^2}{l_\phi F(t_\phi) K_k};$$

– безразмерная полуширина источника тепла  $H_{cm}$  на стальной части образца

$$H_{cm} = \frac{0,5 V_\delta L}{60 \cdot 1000 \cdot 2 a_{cm}};$$

– коэффициент ввода теплоты в стальную часть образца  $\alpha_{в ст}$

$$\alpha_{в ст} = \frac{1}{\left(1,25 \frac{\lambda_{к}}{\lambda_{ст}} \sqrt{\frac{a_{ст}}{21 \cdot 10^{-6} V_{к}}}\right) + 1}$$

Рассчитаем лимитированную силу поджима комбинированного образца «сталь 45 – ВК8» к РПК при плоском врезном шлифовании кругом 1А1 250x76x15x5 АС6 100/80-4 М2-01, воспользовавшись формулам (1) – (10) и исходными данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1 – Исходные данные для определения технологической силы поджима комбинированного образца к РПК.

Наименование параметра	Числовое значение
$l$	2
$b_{СТ}$ – Ширина стальной части комбинированного образца, мм.	7
$b_{ТС}$ – Ширина твердосплавной части образца, мм.	7
$D_{к}$ – Диаметр круга, мм.	250
$V_{к}$ – Скорость круга, м/с.	35
$V_{\theta}$ – Скорость стола, м/мин.	6
$t_{ф}$ – Глубина резания, мм.	0,015
$T$ – Время шлифования, мин.	1
$K$ – Относительная концентрация алмазов, %.	100
Параметры распределения разновысотности*, сформированные после электроэрозионной правки и описываемые законом Вейбулла: $m / X_0$ .	1,69 / 262
Параметры уравнения регрессии для расчета $K_{\theta}$ : $\alpha_{\theta} / \beta_{\theta}$	14,32 / 0,112
$N_z$ – Число зерен в одном карате, шт.	100000
$K_{к}$ – Коэффициент контактирования, учитывающий длительность шлифования.	0,44
$K_l$ – Коэффициент для расчета расстояния между зернами на РПК.	2,46
$\alpha_{СТ}$ – Коэффициент температуропроводности стали 45, м/с.	$0,08 \cdot 10^{-4}$
$\lambda_{СТ}$ – Коэффициент теплопроводности стали 45, Вт/м·град.	40,2
$\alpha_{ТС}$ – коэффициент температуропроводности твердого сплава ВК8, м <sup>2</sup> /с.	$0,246 \cdot 10^{-4}$
$\lambda_{ТС}$ – коэффициент теплопроводности твердого сплава ВК8, Вт/м·град	54,4
$\omega_a$ – Коэффициент температуропроводности алмаза, м <sup>2</sup> /с.	$0,83 \cdot 10^{-4}$
$\lambda_{ка}$ – Коэффициент теплопроводности алмаза, Вт/м·град.	520
$\lambda_{км}$ – коэффициент теплопроводности меди, Вт/м·град.	361
$\lambda_{ко}$ – коэффициент теплопроводности олова, Вт/м·град.	67
$Y_m$ – Объемная доля меди, %.	57,7
$Y_o$ – Объемная доля олова, %.	17,3



Продолжение табл.1

<i>I</i>	2
$Y_a$ – Содержание алмазов в, %.	25
$\delta$ – Коэффициент неравномерности нагрузки на зерне.	1,5
$k_{cp}$ – коэффициент, учитывающий влияние марки твердого сплава на параметр шероховатости.	0,94 [3]
$k_z$ – Коэффициент, учитывающий закон распределения нормальных напряжений на площадке износа.	1
$K_L$ – Коэффициент усадки стружки при шлифовании стали.	1,35
Параметры для определения величины касательных напряжений стали 45, $C$ (Па) и $\alpha$ (Па/°К).	$C=380 \cdot 10^6$ $\alpha=54 \cdot 10^3$
$\mu$ – Коэффициент трения (алмаз по стали).	0,2
$T_{ок}$ – температура начала окисления алмазов марки АС6, °К	823 [3]
$T_{пл}$ – температура начала плавления припоя марки Л63 [6], °К	1173
$k_{ш}$ – коэффициент шлифования для твердого сплава ВК8	0,35 [3]
$P_p$ – Разрушающая нагрузка для зерна, зернистости 100/80, Н	31,9
$a_{znp}$ – Предельная толщина среза для зернистости 100/80, мкм.	0,462

\* Примечание: влияние времени обработки на параметры распределения разновысотности и длину контактных площадок в процессе шлифования для обоих компонентов, определяются по зависимостям, найденным для шлифования твердого сплава ВК8, как имеющей большую твердость по сравнению со сталью 45.

Для определения лимитированной силы поджима комбинированного образца к РПК по формулам (1) – (10) была составлена программа на ПЭВМ в среде Mathcad. Результаты расчета радиальных сил резания компонент комбинированного образца при различных ограничивающих факторах, приведены в табл.2.

Таблица 2 – Радиальные силы резания на компонентах образца и сила поджима комбинированного образца «конструкционная сталь – твердый сплав» к РПК ( $V_k=35$  м/с,  $V_d=6$  м/мин,  $t_{\phi}=0,015$  мм, 1А1 250x76x15x5 АС6 100/80-М2-01, 1-я минута шлифования) для различных технологических ограничений.

Технологическое ограничение	Радиальная сила резания при шлифовании твердосплавной части $P_{y_{мс}}$ , Н	Радиальная сила резания при шлифовании стальной части $P_{y_{см}}$ , Н	Сила поджима образца к РПК $P_n$ , Н
Температура окисления алмазов	41,6	22,8	64,4
Механическая прочность алмазных зерен	239		261,8
Температура плавления припоя	108,8		131,6

Как видно из таблицы, сила поджима комбинированного образца к РПК, удовлетворяющая всем технологическим ограничениям, является сила поджима, ограниченная температурой окисления алмазных зерен на РПК, которая и является лимитированной.

#### Выводы

1. Разработана методика аналитического расчета лимитированной силы поджима комбинированного образца к РПК.

2. При шлифовании комбинированного образца «конструкционная сталь – твердый сплав» кругом 1A1 250x76x15x5 AC6 100/80-4 M2-01 на приведенных выше режимах, лимитированная сила поджима образца к РПК равна 64,4 Н и ограничена температурой окисления алмаза.

**Список литературы:** 1.М.Ф.Семко, М.Д.Узунян, и др. Работоспособность алмазных кругов. – К.: Техника, 1983 – 95с. 2.М.Д.Узунян Алмазно-искровое шлифование твердых сплавов. – Харьков: НТУ «ХП» 2003. – 359с. 3.П.Г.Матюха Определение силы поджима образца к кругу, ограниченной температурой графитизации алмазных зерен / П.Г.Матюха, В.Б.Стрелков // Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: Машинобудування і машинознавство. Вип. 71. – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – с.41–46. 4.П.Г.Матюха Вископродуктивне шліфування ванадієвих штампових та інструментальних сталей. – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – 222 с. 5.П.Г. Матюха. Определение усилия поджима комбинированного образца „конструкционная сталь – твердый сплав” к рабочей по-верхности круга при шлифовании по упругой схеме / П.Г.Матюха, В.В.Габитов, и др // Надежность инструмента и оп-тимизация технологических систем. Сборник научных трудов: Краматорск, вып. №21, 2007.- с. 52-56. 6. Справочник паяльщика / В.Е.Хряпин. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1981 – 348 с.

*Поступила в редколлегию 16.05.2011*

**Bibliography (transliterated):** 1.M.F.Semko, M.D.Uzunjan, i dr. Rabotosposobnost' almaznyh krugov. – K.: Tehnika, 1983 – 95s. 2.M.D.Uzunjan Almazno-iskrovoe shlifovanie tverdyh splavov. – Harkiv: NTU «HP» 2003. – 359s. 3.P.G.Matjuha Opredelenie sily podzhima obrazca k krugu, ogranichennoj temperaturoj grafitizacii almaznyh zeren / P.G.Matjuha, V.B.Strelkov // Naukovi praci Donec'kogo nacional'nogo tehnicnogo universitetu. Serija: Mashinobuduvannja i mashinoznavstvo. Vip. 71. – Donec'k: DonNTU, 2004. – s.41–46. 4.P.G.Matjuha Visikoproduktivne shlifuvannja vanaдиеvih shtampovih ta instrumental'nih stalej. – Donec'k: DVNZ «DonNTU», 2008. – 222 s. 5.P.G Matjuha. Opredelenie usilija podzhima kombinirovannogo obrazca „konstrukcionnaja stal' – tverdyj splav” k rabochej poverhnosti kruga pri shlifovanii po uprugoj sheme / P.G.Matjuha, V.V.Gabitov, i dr // Nadezhnost' instrumenta i op-timizacija tehnologicheskikh sis-tem. Sbornik nauchnyh trudov: Kramatorsk, vyp. №21, 2007.- s. 52-56. 6. Spravochnik pajal'wika / V.E.Hrjapin. – 5-e izd., pererab. i dop. – M.: Mashinostroe-nie, 1981 – 348 s.