

*Новиков Ф.В., Нежебовский В.В.* Харьковский  
национальный экономический университет,  
Харьков, Украина

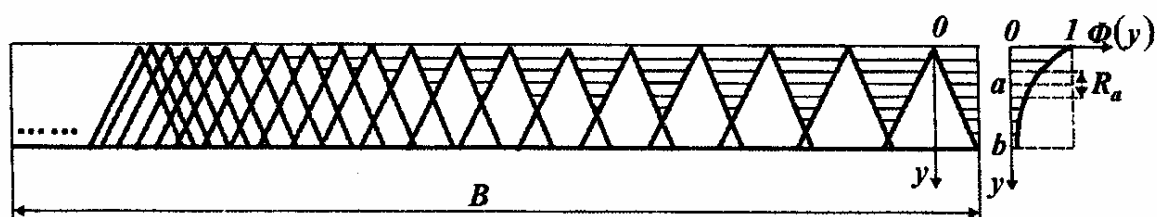
## **АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКЕ**

Многочисленными теоретическими и экспериментальными исследованиями шероховатости поверхности при абразивной обработке созданы объективные предпосылки для решения практических задач по технологическому обеспечению качества обработки деталей машин. Большой вклад в решение этих задач внесли проф. Рыжов Э.В., Новоселов Ю.К., Королев А.В., Якимов А.В., Евсеев Д.Г. и другие ученые. Важным итогом работы стал разработанный теоретико-вероятностный подход к расчету параметров шероховатости поверхности при абразивной обработке. Он открыл новые возможности повышения качества обработки. В настоящей работе приведены результаты исследований, направленных на дальнейшее развитие

данного подхода. Основу решений составляет аналитическое описание вероятностной функции  $\Phi(y)$  не удаленного материала (рис. 1), которая по структуре построения идентична относительной опорной длине микропрофиля обработанной поверхности. Применительно к доводке зернами одного размера функция  $\Phi(y)$ , а также положение средней линии профиля  $a$  и параметр шероховатости поверхности  $Ra$  описываются:

$$\Phi(y) = e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n}{B} \cdot y}; \quad a = \frac{B}{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n}; \quad Ra = 0,734 \cdot a = \frac{0,367 \cdot B}{\text{tg} \gamma \cdot n}, \quad (1)$$

где  $2\gamma$  – угол при вершине зерна;  $B$  – ширина обрабатываемого образца, м;  $n$  – количество зерен, участвующих в формировании шероховатости поверхности;  $y$  – координата, отсчитываемая от вершины режущего зерна, м;  $b = R_{\max}$  – максимальная высота микронеровностей обработанной поверхности, м.



**Рисунок 1 – Вероятностный характер наложения и перекрытия проекций зерен на поверхности обрабатываемого образца**

Применительно к доводке зернами, имеющими разные размеры и подчиняющимися равномерному закону распределения, функция  $\Phi(y)$  описывается:

$$\Phi(y) = e^{-\frac{2 \cdot \text{tg} \gamma \cdot n}{B} \cdot \frac{y^2}{2b}} \quad (2)$$

Полученные на основе зависимости (1) значения параметров шероховатости (рис. 2, а и табл. 1) меньше аналогичных значений, полученных на основе зависимости (2) и приведенных на рис. 2, б и в табл. 2.

При доводке зернами, имеющими разные размеры, с радиальной подачей образца (что по сути соответствует схеме

шлифования) функция  $\Phi(y)$  описывается более сложной зависимостью:

$$\Phi(y) = e^{-\frac{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n}{B} \frac{y^3}{6 \cdot b^2}} \quad (3)$$

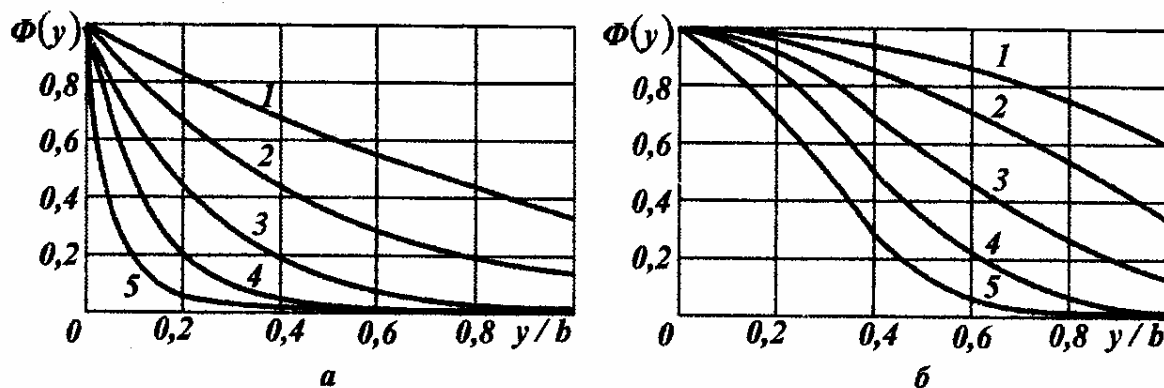


Рис. 2. Характер изменения функции  $\Phi(y)$  при доводке зернами одного размера (а) и при доводке зернами, имеющими разные размеры (б): 1 –  $n=10$ ; 2 –  $n=20$ ; 3 –  $n=40$ ; 4 –  $n=80$ ; 5 –  $n=160$ .

Таблица 1 – Расчетные значения параметров  $a$ ,  $Ra$ ,  $R_{\max}/Ra$ ,  $Ra/a$  и  $R_p/Ra$

(исходные данные:  $B = 20$  мкм;  $b = R_{\max} = 1$  мкм;  $\operatorname{tg} \gamma = 1$ )

$n$	40	80	160	320
$a$ , мкм	0,25	0,125	0,0625	0,03125
$Ra$ , мкм	0,1835	0,09175	0,04587	0,02294
$R_{\max}/Ra$	5,45	10,9	21,8	43,59
$Ra/a$	0,734	0,734	0,734	0,734
$R_p/Ra$	4,1	9,54	20,44	42,22

Таблица 2 – Расчетные значения параметров  $a$ ,  $Ra$ ,  $R_{\max}/Ra$ ,  $Ra/a$  и  $R_p/Ra$

$n$	40	80	160
$a$ , мкм	0,599	0,442	0,311
$Ra$ , мкм	0,236	0,188	0,13
$R_{\max}/Ra$	4,237	5,319	7,692
$Ra/a$	0,393	0,425	0,418
$R_p/Ra$	1,69	2,97	5,3

Значения параметров шероховатости, рассчитанные на основе зависимости (3) и приведенные в табл. 3, больше аналогичных значений, приведенных в табл. 1 и табл. 2, что связано с разновысотным расположением проекций зерен на поверхности обрабатываемого образца.

**Таблица 3 – Расчетные значения параметров  $a$ ,  $Ra$ ,  $R_{\max}/Ra$ ,  $Ra/a$  и  $R_p/Ra$**

$n$	120	240	360
$a$ , мкм	0,69	0,561	0,491
$Ra$ , мкм	0,18	0,174	0,134
$R_{\max}/Ra$	5,55	5,747	7,462
$Ra/a$	0,26	0,31	0,27
$R_p/Ra$	1,65	2,52	3,76

С учетом образования на зернах площадок износа длиной  $x$  функции  $\Phi(y)$ , описываемые зависимостями (1) и (2), принимают вид

$$\Phi(y) = e^{-\frac{x \cdot n}{B}} \cdot e^{-\frac{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n \cdot y}{B}}; \quad \Phi(y) = e^{-\frac{n}{B \cdot b} \cdot (x \cdot y + \operatorname{tg} \gamma \cdot y^2)} \quad (4)$$

В первом случае параметры  $a$  и  $Ra$  описываются зависимостями:

$$a = \frac{B}{2 \cdot \operatorname{tg} \gamma \cdot n} \cdot e^{-\frac{x \cdot n}{B}}; \quad Ra = \frac{0,367 \cdot B}{\operatorname{tg} \gamma \cdot n} \cdot e^{-\frac{x \cdot n}{B}} \quad (5)$$

За счет множителя  $e^{-\frac{x \cdot n}{B}}$  функция  $\Phi(y=0)$  изменяется в пределах 0–1, чего не достигалось по зависимости (1), а параметр  $Ra$  уменьшается.

**Таблица 4 – Расчетные значения множителя  $e^{-\frac{x \cdot n}{B}}$  для  $x/B = 0,05$**

$n$	20	40	80	160	320
$e^{-\frac{x \cdot n}{B}}$	0,368	0,135	0,0182	0,00033	0,0000001

Как следует из табл. 4, с увеличением  $n$  в пределах 20...320 множитель  $e^{-\frac{x \cdot n}{B}}$  уменьшился в  $10^6$  раз, тогда как множитель  $\frac{0,367 \cdot B}{\operatorname{tg} \gamma \cdot n}$  уменьшился всего в 16 раз. Следовательно, за счет увеличения величины площадки износа на зерне  $x$  можно многократно уменьшить параметр шероховатости поверхности  $Ra$ , чего нельзя добиться другими методами. Таким образом, в работе разработан новый математический аппарат, позволяющий с единых позиций аналитически описать параметры шероховатости поверхности при абразивной обработке, включая процессы доводки, шлифования и т.д. Результаты исследований использованы для совершенствования операций абразивной обработки в ОАО "Харьковский машиностроительный завод "Свет шахтера".