

С.А. Дитиненко, канд. техн. наук, Харьков, Украина,  
Ф.В. Новиков, докт. техн. наук, Харьков, Украина

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ РАСЧЕТ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ

*In work the results of numeral calculations are resulted by the developed program of parameter of roughness of surface after polishing*

Шероховатость поверхности детали является одним из основных параметров, определяющих качество ее обработки. Вопросам расчета шероховатости поверхности при механической обработке с целью определения оптимальных режимов резания постоянно уделяется большое внимание. В особенности это относится к операциям шлифования, на которых в большинстве случаев окончательно формируются параметры шероховатости поверхности [1–3]. В наших работах [4, 5] показано существенное влияние на шероховатость поверхности образующихся на зернах алмазного круга в процессе шлифования площадок износа: с их увеличением шероховатость уменьшается. Для определения шероховатости в указанных работах приведены аналитические уравнения. Однако они требуют применения численных расчетов. Поэтому целью настоящей работы является разработка автоматизированной системы расчета шероховатости поверхности при шлифовании и анализ полученных результатов численных расчетов.

Выполним расчет параметра шероховатости поверхности  $R_{max}$  для трех случаев [4]:

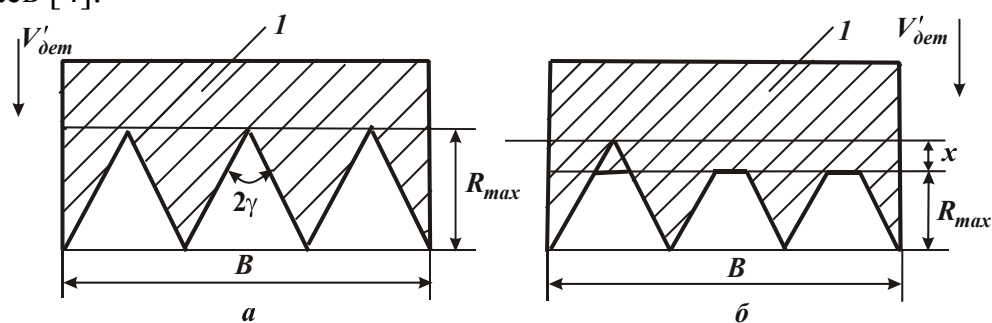
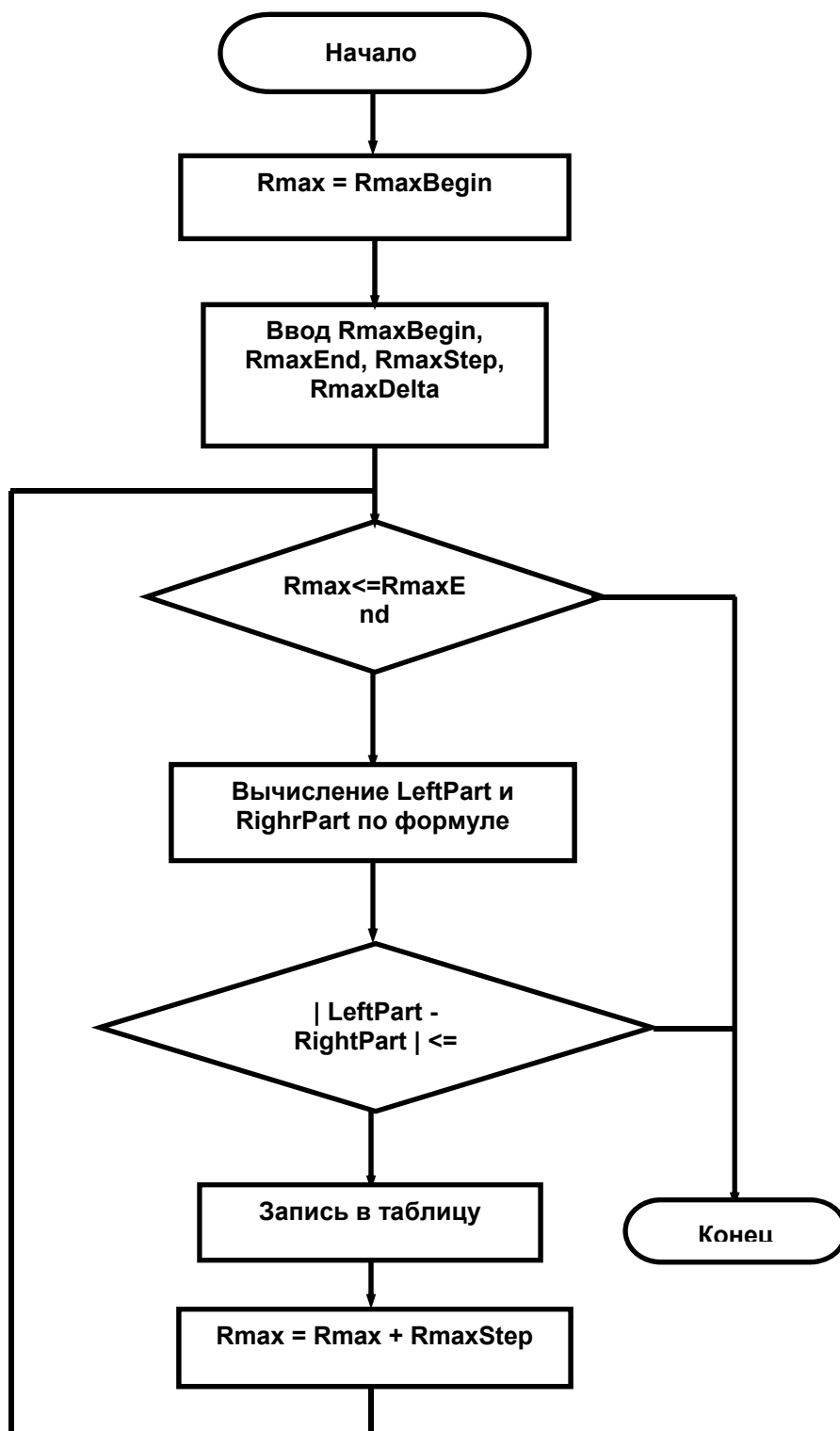


Рис. 1. Схемы образования шероховатости поверхности без учета (а) и с учетом (б) образования площадок износа на режущих зернах круга: 1 – обрабатываемый материал.

1. Шлифование прямолинейного образца, движущегося по нормали к рабочей поверхности круга со скоростью  $V'_{дет}$ :

$$\left[ \left( R_{max} + \frac{3 \cdot x}{4} \right)^2 - \frac{x^2}{16} \right] \cdot R_{max} = \bar{R}_{max}^3, \quad (1)$$

где  $x$  – величина линейного износа зерна с образованием на нем площадки (рис. 1,б), мкм;  $\bar{R}_{max}$  – значение параметра  $R_{max}$  для условия  $x=0$ , мкм.



$R_{maxBegin}$  - минимальное значение  $R_{max}=0,00000$  (задается в настройках)  
 $R_{maxEnd}$  - максимальное значение  $R_{max}=15,00000$   
 $R_{maxStep}$  - шаг -  $0,00000100$   
 $R_{maxDelta}$  - погрешность, разница между левой и правой частью равенства -  $0,0010$   
 $LeftPart$  - левая часть равенства  
 $RightPart$  - правая часть равенства

Рис. 2. Структурная схема расчета параметра шероховатости поверхности  $R_{max}$ .

2. Круглое наружное шлифование (шероховатость формируется по схеме, показанной на рис. 1,б):

$$\left[ \left( R_{max} + \frac{3 \cdot x}{4} \right)^2 - \frac{x^2}{16} \right] \cdot \sqrt{R_{max}} = \bar{R}_{max}^{2,5} . \quad (2)$$

3. Круглое наружное шлифование (шероховатость формируется по схеме, показанной на рис. 1,а):

$$R_{max}^{1,5} \cdot (R_{max} + x) = \bar{R}_{max}^{2,5} . \quad (3)$$

На рис. 2 приведена структурная схема расчета параметра шероховатости поверхности  $R_{max}$  на основе уравнений (1), (2) и (3) для  $\bar{R}_{max}=3; 5; 7,5; 10; 15$  мкм. На рис. 3 – рис. 5 показаны зависимости  $R_{max}$  от  $x$  для разных значений  $\bar{R}_{max}$ , установленные на основе решения уравнений (1), (2), (3) с использованием разработанной программы расчета в соответствии со структурной схемой (рис. 2). Размерность параметров  $R_{max}$ ,  $x$ ,  $\bar{R}_{max}$  – в мкм.

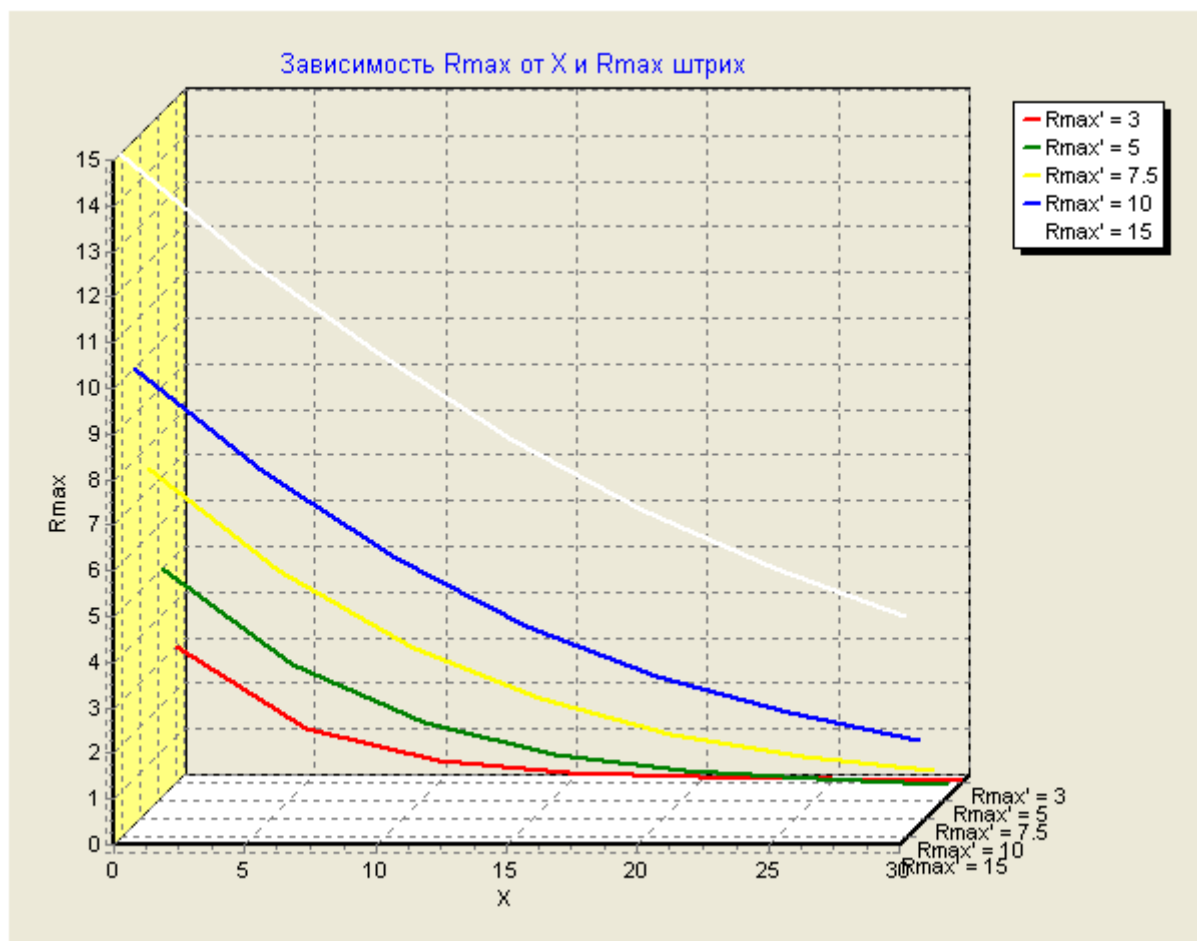


Рис. 3. Зависимость  $R_{max}$  от  $x$  для разных значений  $\bar{R}_{max}$ , установленная на основе решения уравнения (1).

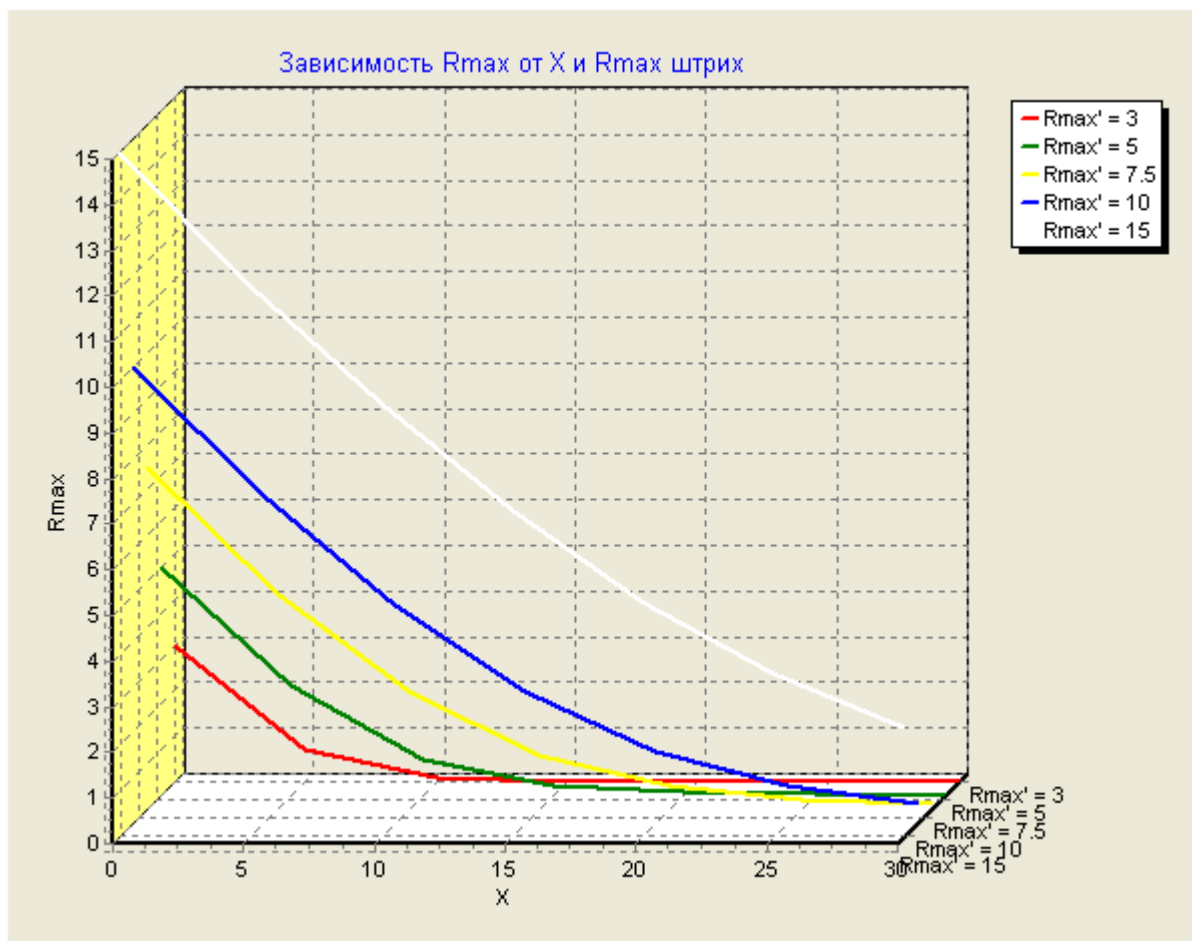


Рис. 4. Зависимость  $R_{max}$  от  $x$  для разных значений  $\bar{R}_{max}$ , установленная на основе решения уравнения (2).

Суть расчета состояла в том, что задавались значения  $R_{max}$  (с определенным шагом) и для них рассчитывалась левая часть уравнения (1), которая затем сравнивалась с правой (известной) частью уравнения (1). Искомым решением считалось то значение  $R_{max}$ , при котором различие левой и правой частей уравнения (1) не превышало определенного (заданного) значения. Этим обеспечивалась необходимая точность расчетов. Аналогичным образом рассчитывались значения  $R_{max}$  по уравнениям (2) и (3).

Анализируя приведенные на рис. 3 – рис. 5 графики, видно, что наименьшие значения  $R_{max}$  достигаются во втором случае, т.е. при круглом наружном шлифовании, когда шероховатость формируется по схеме, показанной на рис. 1,б. За счет образования площадок износа на зернах параметр шероховатости поверхности  $R_{max}$  уменьшается многократно, что свидетельствует о значительных технологических возможностях шлифования алмазными кругами на металлических связках с плосковершинными зёрнами, образованными в процессе специальной механической обработки алмазного круга (например, обтачивания его алмазным карандашом). Полученные теоретические результаты прошли апробацию в производстве на операциях круглого наружного алмазного шлифования твердосплавных инструментов.

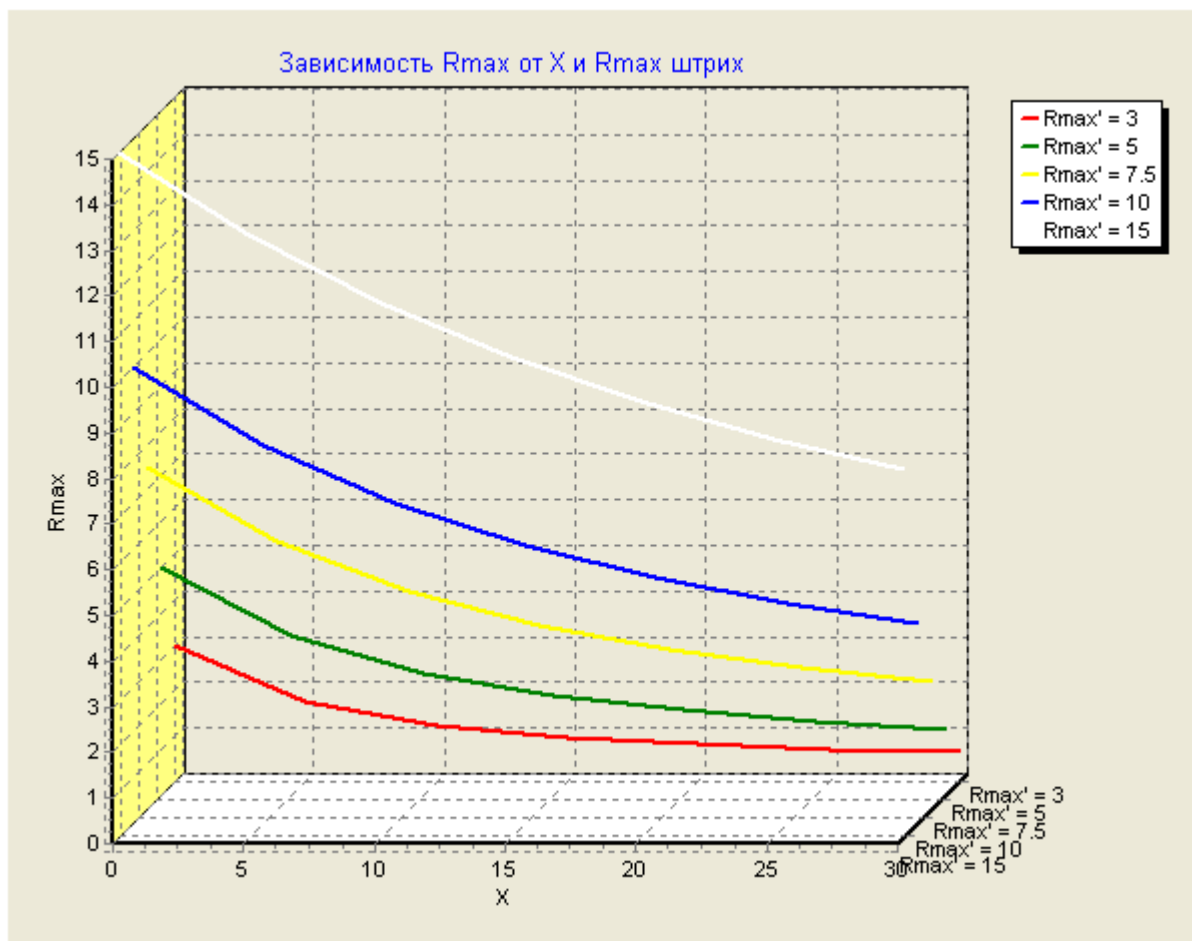


Рис. 5. Зависимость  $R_{max}$  от  $x$  для разных значений  $\bar{R}_{max}$ , установленная на основе решения уравнения (3).

Установлено, что при этом параметр шероховатости поверхности  $R_a$  уменьшился с 1,5 мкм (после шлифования вновь заправленным – электроэрозионным методом правки – алмазным кругом на металлической связке) до 0,1 мкм, т.е. более чем в 10 раз. Следовательно, достигнут значительный эффект, который практически невозможно достичь путем изменения режимов шлифования и других условий обработки.

**Список литературы:** 1. Новиков Ф.В. Физические и кинематические основы высокопроизводительного алмазного шлифования. – Автореферат дис. ... докт. техн. наук, Одесса, 1995. – 36 с. 2. Теоретические основы резания и шлифования материалов: Учебное пособие / А.В. Якимов, Ф.В. Новиков, Г.В. Новиков, Б.С. Серов, А.А. Якимов. – Одесса: ОГПУ, 1999. – 450 с. 3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.4. “Теория абразивной и алмазно-абразивной обработки материалов” – Одесса: ОНПУ, 2002. – 802 с. 4. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения / Под общей редакцией Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.7. “Точность обработки деталей машин” – Одесса: ОНПУ, 2004. – 546 с. 5. Новиков Ф.В., Дитиненко С.А. Технология и теория прецизионной обработки твердосплавных инструментов алмазными кругами на металлических связках. - Физические и компьютерные технологии. - Труды 8-й Международной научно-технической конференции, 9-10 декабря 2003г. – Харьков: ХНПК “ФЭД”, 2003. – С. 34-39.