

**РАСЧЕТ СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ
ПЕРВИЧНОГО ПРОФИЛЯ ПРИ УЧАСТИИ ВЕРШИНЫ РЕЗЦА
С РАДИУСОМ, ГЛАВНОЙ И ВСПОМОГАТЕЛЬНОЙ
РЕЖУЩИХ КРОМОК И ПОДАЧИ**

Л.Г. ЧЕРНЫХ, С.Н. СТЕПАНОВ, М.М. РАДКЕВИЧ
*Санкт-Петербургский государственный политехнический
университет имени Петра Великого,
г. Санкт-Петербург, Российская Федерация*

В данной работе освещены вопросы, связанные с формированием профиля текстуры поверхности тонкостенных машиностроительных деталей и влияние текстуры на свойства поверхностного слоя деталей. Для описания текстуры поверхности, полученной при тонком точении, в статье рассмотрена композиционная математическая модель первичного профиля. Данная модель представлена как след от периодически перемещающегося режущего инструмента по обрабатываемой поверхности, в зависимости от профиля режущего инструмента и режимов резания. Рассмотрен случай, когда в образовании составляющей профиля участвует вершина резца с радиусом r , главная и вспомогательная режущие кромки с углами φ и φ_1 и подача S .

Обработка заготовок на токарных станках характеризуется периодическим смещением инструмента относительно детали, при этом на обработанной поверхности образуется профиль, который представляет собой геометрический след инструмента. Профиль геометрического следа зависит от геометрии инструмента, режимов резания, относительных колебаний заготовки и лезвия инструмента и упругопластической деформации в зоне резания. В зависимости от соотношения указанных факторов и их случайных отклонений окончательно формируется первичный профиль текстуры поверхности, в котором может преобладать либо систематическая, либо случайная составляющие.

Наличие в первичном профиле систематической составляющей связано с постоянно действующими факторами: подачей, геометрией инструмента, амплитудой и частотой относительных колебаний заготовки и инструмента (если они постоянны) [1-4]. Ее можно выделить и теоретически рассчитать.

Методика исследования. В данном разделе рассмотрен общий случай, когда в образовании систематической составляющей профиля участвует вершина резца с радиусом r , главная и вспомогательная режущие кромки с углами φ и φ_1 и подача S (рисунок 1).

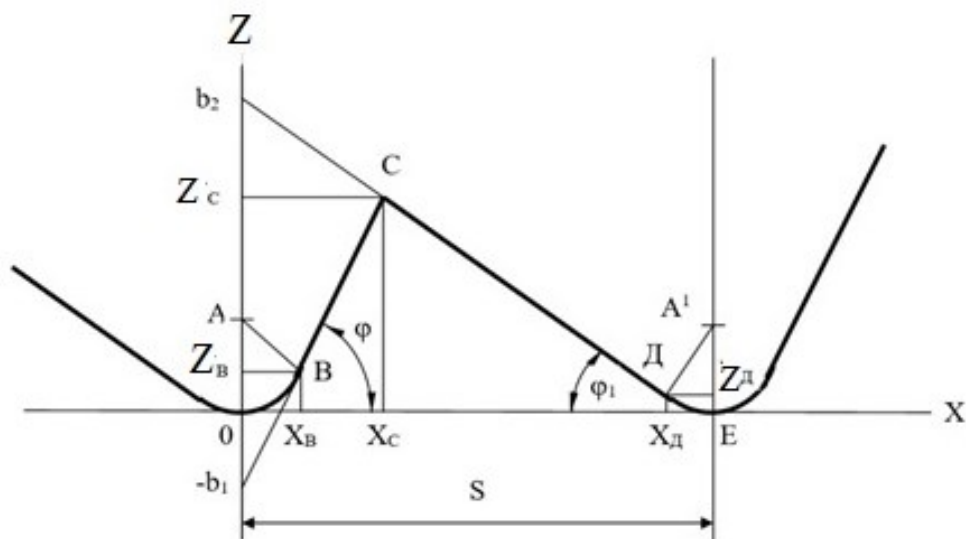


Рисунок 1. – Систематическая составляющая первичного профиля при участии вершины резца с радиусом r , главной и вспомогательной режущей кромкой, с углами φ и φ_1 и подачей S

В расчете систематической составляющей общего случая участвуют:

- X, Z - текущие координаты точки систематической составляющей профиля;
- X_A, Z_A, X_A^1, Z_A^1 – абсциссы и ординаты центров окружностей, описывающих впадины систематической составляющей профиля при начальном и конечном положениях резца;
- b_1, b_2 – начальные координаты прямых BC и CD, при $X=0$;
- X_B, X_D, Z_B, Z_D – абсциссы и ординаты точек касания окружностей впадин с боковыми сторонами выступов систематической составляющей;
- X_0, Z_0 - условное начало координат впадин первичного профиля;
- X_E, Z_E - абсциссы и ординаты впадин первичного профиля со сдвигом на величину подачи S ;

Кривая ОВСДЕ, описывающая систематическую составляющую, может быть представлена в виде системы уравнений, где K_1, K_2 – угловые коэффициенты уравнений прямых, описывающих боковые стороны систематической составляющей:

$$\begin{cases} (X - X_A)^2 + (Z - Z_A) = r^2 & 0 \leq X \leq X_B \\ Z = K_1 X + b_1 & X_B \leq X \leq X_C \\ Z = K_2 X + b_2 & X_C \leq X \leq X_D \\ (X - X_A^1)^2 + (Z - Z_A^1) = r^2 & X_D \leq X \leq X_E \end{cases}$$

Из рисунка 1 видно, что значения абсцисс и ординат $X_A, Z_A, X_A^1, Z_A^1, X_E, Z_E$ угловых коэффициентов K_1, K_2 - будут иметь значения:

$$\begin{aligned}
X_A = X_0 = 0; \quad X_A^1 = X_E = S; \\
Z_A = Z_A^1 = r; \quad Z_E = Z_0 = 0; \\
K_1 = \operatorname{tg} \varphi; \quad K_2 = -\operatorname{tg} \varphi_1.
\end{aligned}$$

Подставляя эти равенства была получена система уравнений:

$$\begin{cases}
X^2 - (Z - r)^2 = r^2 & 0 \leq X \leq X_B \\
Z = X \cdot \operatorname{tg} \varphi - b_1 & X_B \leq X \leq X_C \\
Z = -X \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 - b_2 & X_C \leq X \leq X_D \\
(X - S)^2 + (Z - r)^2 = r^2 & X_D \leq X \leq X_E
\end{cases}$$

Решая систему уравнений относительно координат Z и X , были получены координаты опорных точек (таблица 1).

Таким образом, систематическая составляющая первичного профиля (рисунок 1) будет описываться уравнениями и значениями опорных точек, представленных в таблице 1.

Таблица 1. – Уравнения систематической составляющей с координатами опорных точек, в зависимости от формы лезвия режущего инструмента

Форма лезвия режущего инструмента	Уравнения систематической составляющей	Координаты опорных точек
Лезвие с радиусом, передней и задней поверхностью	$Z = r - \sqrt{r^2 - X^2}$ $0 \leq X \leq X_B$ $Z = X \operatorname{tg} \varphi + r - \frac{r}{\cos \varphi}$ $X_B \leq X \leq X_C$ $Z = r - \sqrt{r^2 - (X - S)^2}$ $X_D \leq X \leq X_E$ $Z = (S - X) \operatorname{tg} \varphi_1 + r - \frac{r}{\cos \varphi_1}$ $X_C \leq X \leq X_D$	$X_B = r \sin \varphi; \quad Z_B = r(1 - \cos \varphi)$ $X_D = S - r \sin \varphi_1; \quad Z_D = r(1 - \cos \varphi_1); \quad X_E = S; \quad Z_E = 0$ $X_C = \left(S \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{r}{\cos \varphi_1} + \frac{r}{\cos \varphi} \right) \frac{1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}$ $Z_C = \left(S \operatorname{tg} \varphi_1 - \frac{r}{\cos \varphi_1} + \frac{r}{\cos \varphi} \right) \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1} + r - \frac{r}{\cos \varphi}$

Данные исследования, используя результаты вышеописанных расчетов, представленные в таблице 1, позволяют воспроизвести профилограмму теоретически-обработанной поверхности, по которой возможно определить параметры первичного профиля текстуры поверхности, согласно ГОСТ 4287-2014.

Меняя форму инструмента и режимы резания, можно управлять первичным профилем текстуры поверхности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Табенкин А. Н., Тарасов С. Б., Степанов С. Н. Шероховатость, волнистость, профиль. Международный опыт: СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. 136 с.
2. Табенкин А.Н. ,Тарасов С.Б., Степанов С.Н. Текстура поверхности и ее измерение. Шероховатость, волнистость, профиль, топография. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2018 – 263 с.
3. Leach Richard, The Measurement of Surface Texture using Stylus Instruments, Measurement Good Practice Guide, No. 37, 2001.
4. Learn R. The Measurement of Surface Texture using Stylus Instruments. Measurement Good Practice Guide № 37. National Physical Laboratory Teddington, Middlesex, United Kingdom. 2001.