

УДК 621.91

DOI: 10.35211/1990-5297-2025-3-298-31-34

*В. А. Солодков, С. И. Кормилицин, П. А. Норченко***МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ
УСТАНОВИВШЕГОСЯ И ПРЕРЫВИСТОГО РЕЗАНИЯ
В ОДИНАКОВЫХ УСЛОВИЯХ****Волгоградский государственный технический университет**

E-mail: v-a-solodkov@yandex.ru, fpo@vstu.ru, norchenko.p.a@yandex.ru

Принято считать, что при прерывистом резании интенсивность тепловыделения, а следовательно, и температура при врезании существенно ниже по сравнению с установившимся резанием. Однако, как показывают результаты эксперимента, величина параметров, влияющих на температуру при прерывистом резании, соответствует более высокой интенсивности тепловыделений и более высокой температуре резания.

Ключевые слова: температурные параметры, врезание, установившееся резание, прерывистое резание, интенсивность тепловыделений

*V. A. Solodkov, S. I. Kormilitsin, P. A. Norchenko***THE METHOD OF CALCULATING THE TEMPERATURE
PARAMETERS OF STEADY AND INTERMITTENT
CUTTING UNDER THE SAME CONDITIONS****Volgograd State Technical University**

It is generally assumed that with intermittent cutting, the intensity of heat release and, consequently, the temperature during cutting is significantly lower compared to steady cutting. However, as the experimental results show, the magnitude of the parameters affecting the temperature during intermittent cutting corresponds to a higher intensity of heat generation and a higher cutting temperature.

Keywords: temperature parameters, embedding, steady cutting, intermittent cutting, heat release intensity

В данном исследовании представлен пошаговый расчет температурных параметров установившегося и прерывистого резания при одинаковых условиях обработки. Используемая методика расчета [1] позволяет выполнять такие расчеты и обеспечивает хорошее совпадение с экспериментальными данными. Необходимость выполнения такого расчета связана с результатами экспериментальных исследований роста температуры резания при врезании инструмента в обрабатываемый материал. Для проверки сходимости результатов экспериментальных исследований и результатов теоретических расчетов особое внимание обращалось, во-первых, абсолютное совпадение условий непрерывной и прерывистой обработки, и во-вторых, на использование в теоретических расчетах только тех экспериментальных данных (угол сдвига, усадка стружки, длина контакта, высота контактной зоны, силы резания), которые получены при выполнении обоих видов обработки в абсолютно одинаковых условиях. При этом с расчетом можно сравнивать только

один результат эксперимента, а именно, температуру резания. Для измерения температуры резания использовался универсальный метод – метод естественной термопары, позволяющий оценить в любое мгновение процесса резания. Использование этого метода при прерывистом резании показывает практически мгновенное увеличение температуры резания до высоких значений (близких к температуре установившегося резания при тех же условиях обработки) в момент врезания. Причины подобного явления выявлены ранее [2] и связаны с более высокой скоростью пластической деформации, прежде всего, в контактной зоне на передней поверхности инструмента.

В таблице представлен подробный расчет температурных параметров установившегося и прерывистого резания в одинаковых условиях обработки для трех скоростей резания: 90 м/мин, 120 м/мин и 150 м/мин. В каждом шаге расчета приводится расчетная формула и промежуточные результаты расчета по этой формуле.

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
Средняя температура на площадке контакта стружки с резцом, °C	$\theta_c^{\text{cp}} = (1 + c) \cdot \theta_d + 0,142 \cdot \sqrt{(\omega)/\lambda \cdot L_c \cdot \sqrt{(k \cdot l_1/v)} \cdot (q_{1T} - 1,3 \cdot q_1)} = a_1 - b_1 \cdot q_1$	—	—	—	—	—	—
коэффициент a_1		767,70	709,30	709,96	723,37	662,4	659,75
коэффициент b_1		0,060	0,045	0,075	0,056	0,099	0,072
Коэффициент распределения температуры, вызванной теплотой деформации, на задней поверхности	$\xi = l_2 \cdot \text{tg}\Phi/(2 \cdot a)$	0,141	0,167	0,127	0,155	0,112	0,149
Функция температуры на задней поверхности, вызванной теплотой деформации	$T_n \approx \sqrt{(1 + \xi)} - \sqrt{\xi}$	0,693	0,672	0,705	0,681	0,720	0,686
Средняя температура на задней поверхности	$\theta_n^{\text{cp}} = (1 + c) \cdot \theta_d \cdot T_n + 0,1 \cdot \sqrt{(\omega \cdot l_2)/(\lambda \cdot \sqrt{v})} \cdot (q_{2T} - 1,82 \cdot q_2) = a_2 - b_2 \cdot q_2$	—	—	—	—	—	—
коэффициент a_2		298,91	223,87	306,33	270,42	311,45	258,78
коэффициент b_2		0,012	0,012	0,014	0,014	0,016	0,016
Безразмерный коэффициент длины контакта по передней поверхности	$\eta_1 = b/l_1$	1,537	2,318	1,400	2,050	1,209	1,704
Безразмерный коэффициент длины контакта по задней поверхности	$\eta_2 = b/l_2$	14,142	14,142	14,142	14,142	14,142	14,142
Для прерывистого резания необходимо ввести поправки на величину рабочего и холостого ходов для расчета функции температуры на передней поверхности в конце данных ходов. Данные поправки χ_p и χ_x определяются из графика на основании следующих данных (рисунок 1 [3]):							
безразмерный коэффициент времени рабочего хода	$F_{0p} = 100 \cdot \omega_p \cdot \tau_p/l_1^2$	3,421	2,959	3,548	2,891	3,525	2,664
относительный коэффициент рабочих ходов	$\varepsilon = \tau_p/\tau_x$	∞	0,614	∞	0,614	∞	0,614
поправка на величину рабочего хода χ_p	—	—	0,520	—	0,520	—	0,520
поправка на величину холостого хода χ_x	—	—	0,460	—	0,460	—	0,460
Функция температуры на передней поверхности (для рабочего хода при прерывистом резании)	$M_{1(p)} = (\chi_p) \cdot (4,88 + 2,64 \cdot \eta_1^{0,5} \cdot \lg \eta_1) \cdot \beta^{-0,85}$, при $\eta_1 \geq 1$; $M_{1(p)} = (\chi_p) \cdot (4,88 + 3,92 \cdot \eta_1^{0,5} \cdot \lg \eta_1) \cdot \beta^{-0,85}$, при $\eta_1 \leq 1$	0,152	0,091	0,148	0,087	0,142	0,082
Функция температуры на задней поверхности	$M_2 = (4,88 + 2,64 \cdot \eta_2^{0,5} \cdot \lg \eta_2) \cdot \beta^{-0,85}$, при $\eta_2 \geq 1$; $M_2 = (4,88 + 3,92 \cdot \eta_2^{0,5} \cdot \lg \eta_2) \cdot \beta^{-0,85}$, при $\eta_2 \leq 1$	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451	0,451
Относительный показатель	l_1/l_2	9,200	6,100	10,100	6,900	11,700	8,300
Относительный показатель	l_2/l_1	0,109	0,164	0,099	0,145	0,085	0,120
Функция, используемая при расчете тепловых потоков в резце $B(l_1/l_2)$	—	0,856	1,139	0,794	1,051	0,712	0,919
Функция, используемая при расчете тепловых потоков в резце $B(l_2/l_1)$	—	3,816	3,788	3,821	3,798	3,834	3,810
Вспомогательные функции длин контактных площадок							
на передней поверхности G_1	$G_1 = 0,04 + 0,02 \cdot \eta_1^{0,6} \cdot \lg \eta_1$, при $\eta_1 \geq 1$; $G_1 = 0,04 + 0,028 \cdot \eta_1^{0,22} \cdot \lg \eta_1$, при $\eta_1 \leq 1$	0,045	0,052	0,044	0,050	0,042	0,046

Окончание таблицы

1	2	3	4	5	6	7	8
на задней поверхности G_2	$G_2 = 0,04 + 0,02 \cdot \eta_2^{0,6} \cdot \lg \eta_2$, при $\eta_2 \geq 1$; $G_2 = 0,04 + 0,028 \cdot \eta_2^{0,22} \cdot \lg \eta_2$, при $\eta_2 \leq 1$	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153	0,153
Функции, учитывающие взаимный нагрев площадок							
передней поверхности N_1	$N_1 = G_1 \cdot B(l_2/l_1)$	0,171	0,197	0,167	0,188	0,160	0,177
задней поверхности N_2	$N_2 = G_2 \cdot B(l_1/l_2)$	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131	0,131
Средняя температура на передней поверхности	$\theta_1^{\text{cp}} = M_{1p} \cdot q_1 \cdot l_1 / \lambda_p + N_2 \cdot q_2 \cdot l_2 / \lambda_p = a_3 \cdot q_1 + b_3 \cdot q_2$	–	–	–	–	–	–
коэффициент a_3		1,554	0,620	1,659	0,669	1,843	0,754
коэффициент b_3		0,145	0,145	0,145	0,145	0,145	0,145
Средняя температура на задней поверхности	$\theta_2^{\text{cp}} = M_2 \cdot q_2 \cdot l_2 / \lambda_p + N_1 \cdot q_1 \cdot l_1 / \lambda_p = a_4 \cdot q_1 + b_4 \cdot q_2$	–	–	–	–	–	–
коэффициент a_4		1,749	1,338	1,869	1,444	2,086	1,629
коэффициент b_4		0,502	0,502	0,502	0,502	0,502	0,502
Решив уравнения: $\{a_1 - (b_1 + \Delta/(40 \cdot \lambda)) \cdot q_1 = a_3 \cdot q_1 + b_3 \cdot q_2\}$ и $\{a_2 - b_2 \cdot q_2 = a_4 \cdot q_1 + b_4 \cdot q_2\}$ совместно, получим значения интенсивностей теплообразующих источников:							
на передней поверхности q_1		601	2166	509	1959	416	1526
на задней поверхности q_2		-1463	-5202	-1249	-4962	-1975	-4303
Средняя температура на передней поверхности	$\theta_1^{\text{cp}} = a_3 \cdot q_1 + b_3 \cdot q_2$	722	586	662	589	611	525
Средняя температура на задней поверхности	$\theta_2^{\text{cp}} = a_4 \cdot q_1 + b_4 \cdot q_2$	317	288	324	339	329	328
Температура резания – средняя температура на всей контактной поверхности инструмента со стружкой и деталью	$\theta = (\theta_1^{\text{cp}} \cdot l_1 + \theta_2^{\text{cp}} \cdot l_2) / (l_1 + l_2)$	682	544	631	557	588	504

Анализ представленной методики расчета позволяет сделать выводы о том, что при расчете учитываются все факторы влияющие на температурные параметры как установившегося, так и прерывистого резания. При этом полученные результаты (представлены в работе [3]) позволяют утверждать, что температурные параметры обоих видов обработки достаточно близки, а некоторые (например интенсивность тепловыделений) при прерывистом резании даже выше, чем при установившемся. Достоверность полученных данных выше достоверности данных, полученных ранее, так как в расчетах использовались реальные экспери-

ментальные данные, значительно отличающиеся от полученных и использованных ранее.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Резников, А. Н. Теплофизика процессов механической обработки материалов / А. Н. Резников. – М. : Машиностроение, 1981. – 279 с.
2. Солодков, В. А. Физические основы контактных процессов при прерывистом резании : монография / В. А. Солодков ; ВолгГТУ. – Волгоград, 2018. – 156 с.
3. Солодков, В. А. Температурные особенности прерывистого резания / В. А. Солодков, С. И. Кормилицин, П. А. Норченко // Машиностроение : сетевой электронный научный журнал. – 2019. – Т. 7, № 3. – С. 30–35. – URL : <http://www.indust-engineering.ru/issues/2019/2019-3.pdf>.