

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ТЕМПЕРАТУРЫ В ЗОНЕ
РЕЗАНИЯ ОТ СКОРОСТИ ПОТОКА СТРУИ СМАЗОЧНО-
ОХЛАЖДАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ ПРИ ТОЧЕНИИ ПРОХОДНЫМ
УПОРНЫМ РЕЗЦОМ С ПЛАСТИНОЙ ИЗ ТВЁРДОГО СПЛАВА T15K6**

Трубин А.А., Ромашиин Р.В.

Ключевые слова: резец, СОЖ, температура, скорости потока струи СОЖ, метод конечных элементов.

Аннотация. Методом конечных элементов в программе SolidWorks Simulation смоделирован процесс резания с охлаждением потоком СОЖ. Рассмотрена зависимость максимальной температуры в зоне резания от скорости подачи СОЖ. Она близка к степенной функции – незначительное увеличение скорости течения СОЖ в диапазоне от 0,05 до 5-10 м/с приводит к значительному уменьшению температуры в зоне резания, а значительное увеличение скорости потока СОЖ вплоть до 60 м/с приводит к незначительному уменьшению температуры.

**RESEARCH OF THE TEMPERATURE DEPENDENCE IN THE CUTTING
AREA ON THE FLOW RATE OF A LUBRICANT-COOLING LIQUID JET
WHEN CUTTING WITH A THRUST CUTTER WITH A T15K6 HARD
ALLOY PLATE**

Trubin A.A., Romashin R.V.

Keywords: cutter, coolant, temperature, coolant jet flow rate, finite element method.

Abstract. The finite element method in the SolidWorks Simulation software simulates the cutting process with cooling with a coolant flow. The dependence of the maximum temperature in the cutting zone on the coolant supply rate is considered. It is close to a power-law function - a slight increase in the coolant flow rate in the range from 0.05 to 5-10 m/s leads to a significant decrease in the temperature in the cutting zone, and a significant increase in the coolant flow rate up to 60 m/s leads to a slight decrease in temperature.

При обработке металлов на токарных станках в зоне резания возникает повышенная температура, которая может приводить к разупрочнению и разрушению инструмента и заготовки. Для предотвращения термического воздействия в машиностроении используют жидкие смазочно-охлаждающие технологические средства (СОТС).

Смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) можно подводить в зону резания как свободным поливом, так и под давлением. При подаче СОЖ напорной струей увеличивается скорость потока жидкости и улучшаются охлаждающие свойства [1, 2].

В качестве рассматриваемого процесса было взято точение детали типа вал (материал детали – Сталь 40ХС) проходным упорным резцом с углом в плане 90° с пластинами из твёрдого сплава (T15K6) по ГОСТ 18870.

Рассматривался широкий диапазон скоростей (табл. 1) и для каждого значения рассчитывались числа Рейнольдса и коэффициенты теплоотдачи.

В программе SolidWorks Simulation, для каждого значения скорости, проводилось свое исследование методом конечных элементов [3]. Пример

последовательности получения данных температуры показан на рисунках с 1 по 3. Для этого назначались все термические нагрузки (рис. 1), запускалось исследование (рис. 2) и проводилось зондирование зоны нагрева (рис. 3).

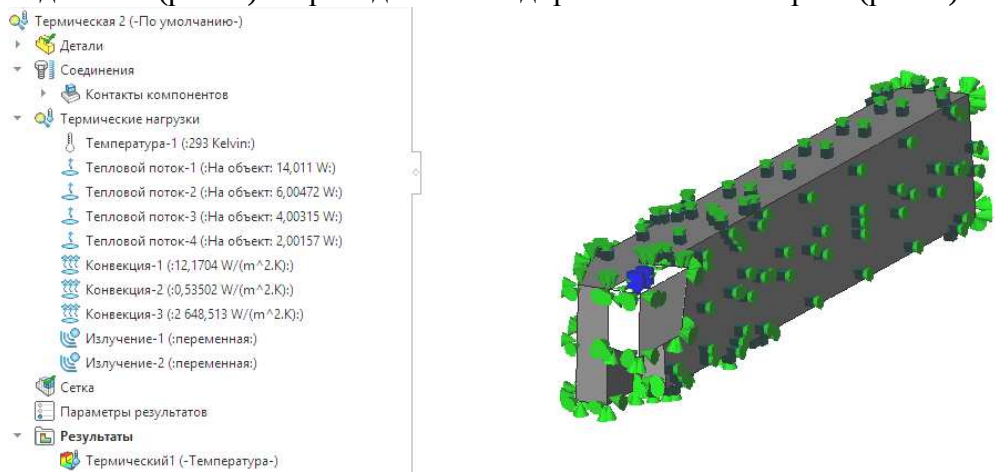


Рис. 1. Модель резца и приложенные термические нагрузки

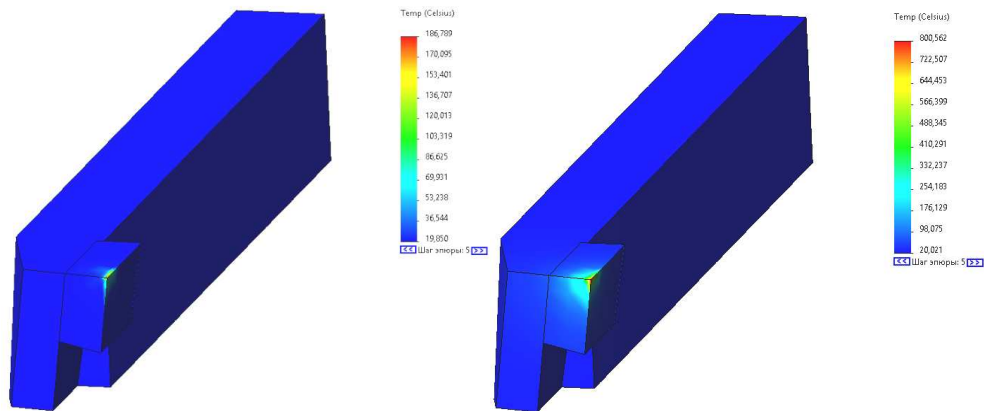


Рис. 2. Результаты исследования – эпюра температур (2 примера)

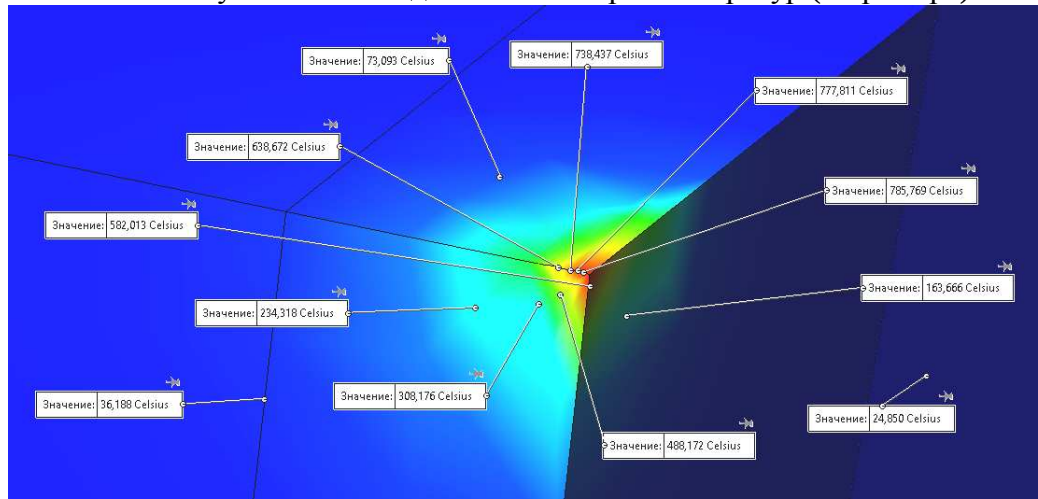


Рис. 3. Результаты зондирования

Были рассмотрены несколько процессов, отличающихся режимами резания [4]: подачей s , глубиной резания t , частотой вращения шпинделя n , а также скоростью течения СОЖ v . Результаты термических исследований представлены в таблице 1.

Табл. 1. Результаты исследований

n , об/мин	1600	1600	2000
s , мм/об	0,2	0,1	0,1
t , мм	0,2	0,2	0,1
v , м/с	Максимальная температура, °C		
0,05	2164,535	1307,654	800,562
0,1	2029,642	1223,921	749,319
0,2	1853,042	1115,631	683,281
0,3	1729,934	1040,804	637,763
0,4	1634,371	983,004	602,651
0,5	1556,095	935,813	574,009
0,6	1489,818	895,946	549,828
0,7	1432,403	861,468	528,926
0,8	1381,821	831,133	510,542
0,9	1336,676	804,087	494,156
1	1295,963	779,716	479,394
1,5	1137,863	685,233	422,192
2	1026,177	618,604	381,873
2,5	941,037	567,859	351,174
3	873,010	527,337	326,665
3,5	816,873	493,911	306,449
4	769,443	465,676	289,375
4,5	728,635	441,388	274,688
5	694,976	421,335	262,558
10	539,950	329,116	206,803
15	466,895	285,670	180,538
20	422,588	259,323	164,611
40	338,163	209,121	134,263
60	300,607	186,789	120,764

Наглядно полученные результаты можно увидеть на графике (рис. 4 и рис. 5). Для более качественного анализа проведена аппроксимация полученной функции (рис. 6) с использованием программы PLANETCALC [5]. Зависимость максимальной температуры в зоне резания от скорости подачи СОЖ близка к степенной и логарифмической регрессии (средняя ошибка аппроксимации 7,8-10,5%).

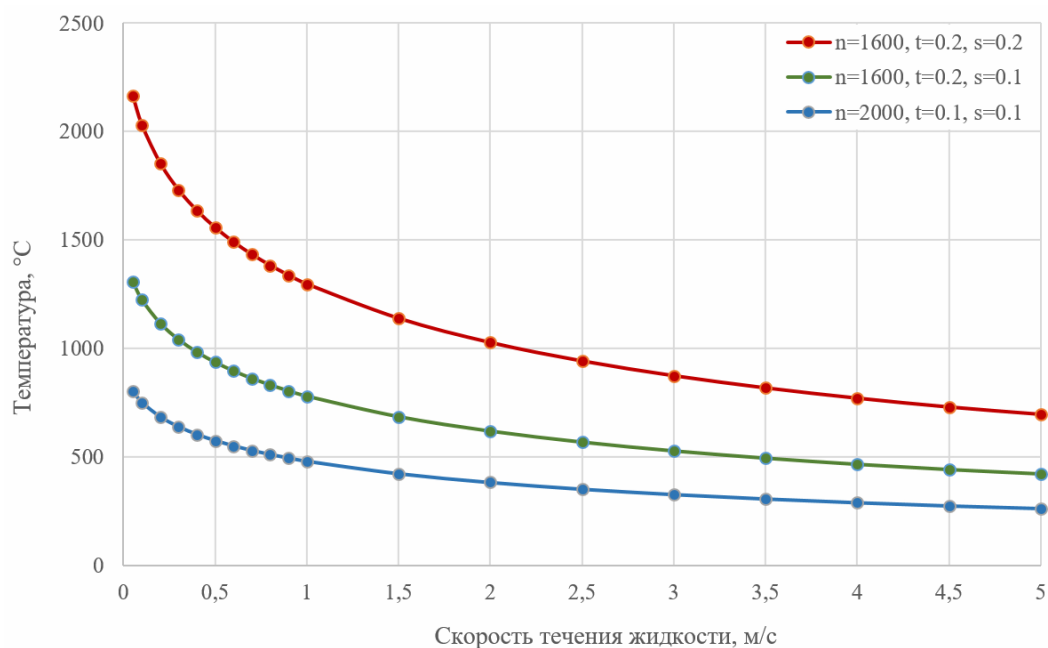


Рис. 4. Влияние скорости подачи СОЖ на температуру в зоне резания при небольших значениях скорости потока СОЖ

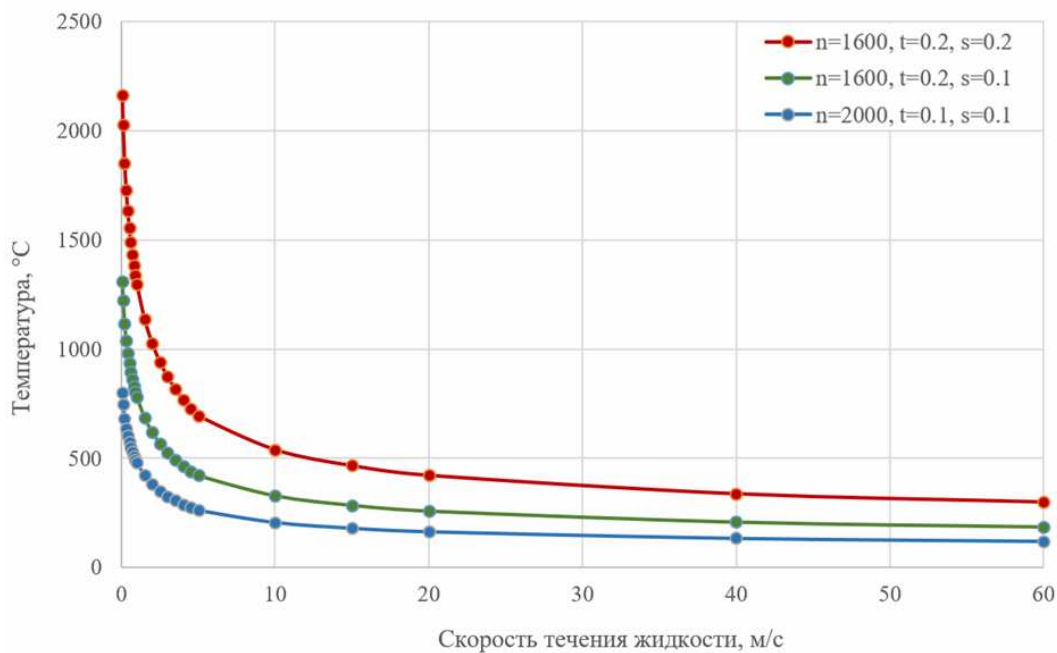


Рис. 5. Влияние скорости подачи СОЖ на температуру в зоне резания

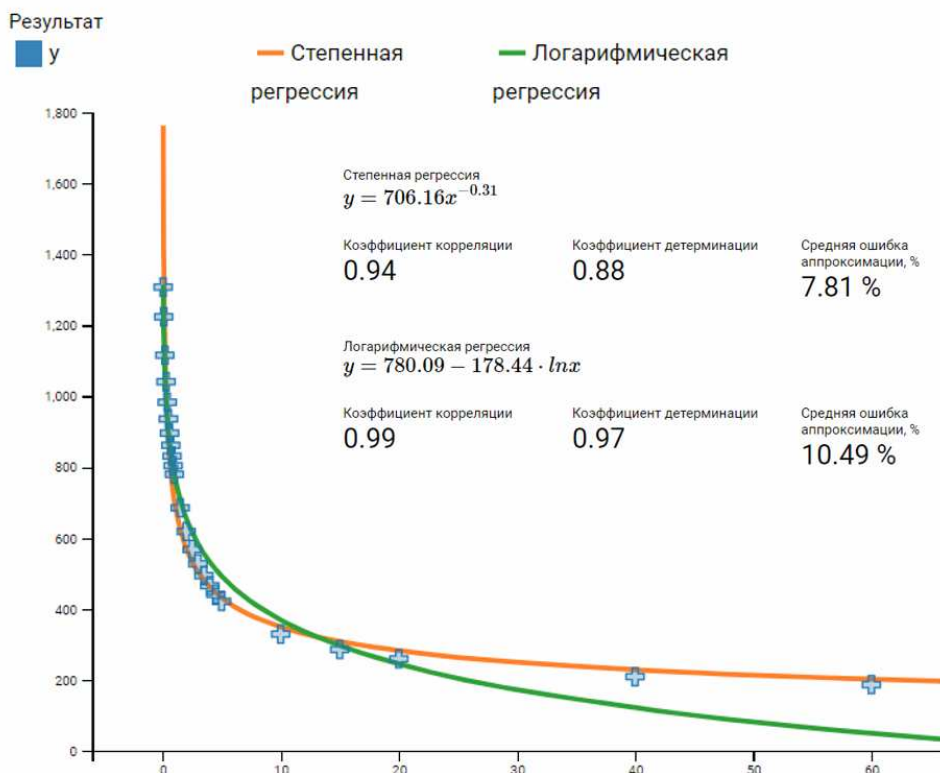


Рис. 6. Результаты аппроксимации полученной функции

Выводы. Незначительное увеличение скорости подачи СОЖ в диапазоне от 0,05 до 5-10 м/с приводит к значительному уменьшению температуры в зоне резания, а значительное увеличение скорости потока СОЖ вплоть до 60 м/с приводит к незначительному уменьшению температуры. Полученный результат подтверждает, что создание и применение систем охлаждения высоконапорной струей жидкости со скоростью потока свыше 60 м/с не оправдано.

Список литературы

1. Кожевников Д.В., Гречишников В.А., Кирсанов С.В. Режущий инструмент: Учебник – М.: Машиностроение, 2014. – 519 с.
2. Металлорежущие инструменты: Учебник для машиностроительных вузов / Г.Н. Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю.Л. Боровой / Под ред. Г.Н. Сахарова. – М.: Машиностроение, 1989. – 327с.
3. Алямовский А.А. Инженерные расчеты в SolidWorks Simulation [Электронный ресурс]. – Электрон. текстовые данные. – М.: ДМК Пресс, – 2010. – 464с. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/7967>.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2 т. / Под ред. Дальского А.М., Косиловой А.Г. и др. – М.: Машиностроение, 2001. – Т. 2. – С. 363-374.

5. PLANETCALC, Аппроксимация функции одной переменной – онлайн калькулятор [Электронный ресурс] – URL: <https://planetcalc.ru/5992/>

References

1. Kozhevnikov D.V., Grechishnikov V.A., Kirsanov S.V. Cutting tool: Textbook – M.: Mechanical Engineering, 2014. – 519 p.
2. Metal-cutting tools: Textbook for machine-building universities. G.N. Sakharov, O.B. Arbuzov, Yu.L. Borovoy / Edited by G.N. Sakharov. – M.: Mechanical Engineering, 1989. – 327p.
3. Alyamovsky A.A. Engineering calculations in SolidWorks Simulation [Electronic resource]. –Electron. text data. – M.: DMK Press, 2010. – 464 p. – URL: <http://www.iprbookshop.ru/7967>.
4. The handbook of a machine-building technologist in 2 vols. Vol. 2 / Ed. Dalsky A.M., Kosilova A.G. and others. – M.: Mechanical Engineering, 2001. – P.363-374.
5. PLANETCALC, Approximation of a function of one variable – online calculator [Electronic resource]– URL: <https://planetcalc.ru/5992/>

Трубин Алексей Александрович – студент, aleks_trubin@mail.ru	Trubin Alexey Alexandrovich – student, aleks_trubin@mail.ru
Ромашин Роман Валерьевич – доцент кафедры "Технология машиностроения"	Romashin Roman Valerevich – assistant professor of Department of "Engineering Technology"
Технологический институт – филиал Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ», г.Лесной, Россия	Technological Institute of the National Research Nuclear University MPhI, Lesnoy, Russia

Received 25.11.2021