

УДК 621.91.01

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ  
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В SOLIDWORKS**

**С.А. СТОТИК, Р.Г. ДМИТРИЕВ., Е.С. БЕДРИЦКАЯ, В.А. КУДРЯКОВА,  
Е.А. ГЛИНСКИЙ, Д.Е. МАТВЕЕНКОВ, А.А. ПОРТЯНКО**  
(Представлено: д-р техн. наук Н. Н. ПОПОК; С.А. ПОРТЯНКО)

*Представлены результаты экспериментальных исследований влияния теплового воздействия на основные элементы режущего инструмента в программной среде SolidWorks.*

**Введение.** В процессе резания происходит нагрев режущего инструмента, поэтому требуется прогнозировать его поведение при различных температурных режимах работы. Были проведены экспериментальные теоретические исследования. Экспериментальные исследования заключаются в реальном нагреве 3D-модели режущего инструмента, а теоретические – в моделировании нагрева режущих инструментов с использованием программной среды SolidWorks. Исследовались основные конструктивные составляющие блочно-модульной торцовой фрезы: винт, блок и корпус [1]. Надежность разработанной системы закрепления режущей пластины в блоке резцовом и блока резцового в корпусных модулях рассмотрена в [2].

**Основная информация по применяемым материалам и инструментам.** В ходе эксперимента для нагрева использовался промышленный фен «Stern HG2000ACN». В таблице 1 указаны его технические характеристики.

Таблица 1. – Технические характеристики промышленного фена «Stern HG2000ACN»

	
Мощность	2000 Вт
Число температурных режимов	2
Диапазон температур	350 – 550°C
Поток воздуха	300 – 500 л/мин
Количество скоростей потока воздуха	2
Защита от перегрева	есть

Температура в первом положении достигает 350°C. Во втором положении – 550°C.

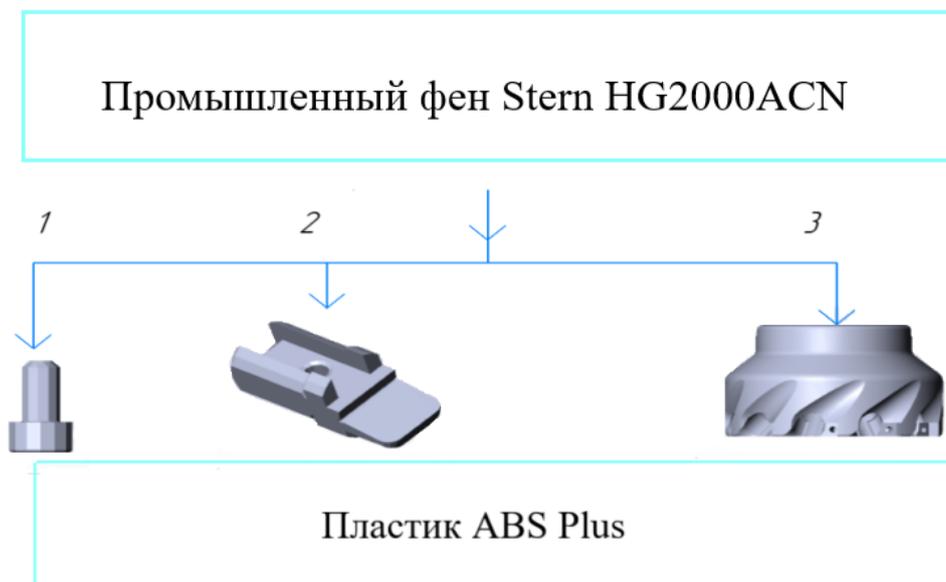
3D-модели винта, блока и фрезы были напечатаны на 3D-принтере модели Mass Portal Pharaoh XD 30. Их изготовили из пластика ABS Plus. Характеристики пластика указаны в таблице 2.

Таблица 2. – Технические характеристики пластика ABS Plus

Плотность	1,05 г/см <sup>3</sup>
Предел прочности на разрыв	30 МПа (2400МПа (23°C))
Ударная прочность	130 (при 23°C), 100 (при 130°C) КДж/м <sup>2</sup>
Модуль упругости при растяжении	1627 МПа
Модуль упругости при растяжении при 23°C	1700 – 2930 МПа
Модуль упругости при изгибе	1834 МПа
Коэффициент удлинения	6%
Электрическая прочность	12-15 МВ/м
Влагопоглощение	0,2-0,4 %
Температура размягчения	~ 100°C
Температура плавления	~ 220°C
Температура самовоспламенения	~ 395°C

Классификация пламени	НВ
-----------------------	----

**Исследование теплового влияния на основные элементы режущего инструмента.** В лаборатории проводился нагрев винта, блока и корпуса фрезы до температуры плавления и исследовалось их поведение при воздействии температуры. На рисунке 1 показан порядок проведения эксперимента.



**Рис. 1. Схема проведения эксперимента: 1 – винт; 2 – корпус блока; 3 – корпус фрезы торцовой**

Расчетная формула температуры от точечного источника тепла представлена ниже [3]:

$$\theta(x, y, z, \tau) = \frac{q_T}{\lambda \sqrt{\omega} (4\pi\tau)^{\frac{3}{2}}} \exp \frac{-(x_u - x)^2 + (y_u - y)^2 + (z_u - z)^2}{4\omega\tau} =$$

$$= \frac{20}{0,2 \times \sqrt{1,1} \times (4 \times \pi \times 20) \times \frac{3}{2}} \times \exp \frac{-(0-0)^2 + (24-0)^2 + (0-0)^2}{4 \times 1,1 \times 20} = 175,96^\circ\text{C} \quad (1)$$

- где:  $\theta(x,y,z,\tau)$  – температура любой точки тела;
- $x, y, z$  – координаты точки тела;
- $x_u, y_u, z_u$  – координаты источника тепла;
- $\tau$  – время действия источника;
- $\lambda$  и  $\omega$  – коэффициенты соответственно теплопроводности и теплопроводности материала тела;

Далее было проведено моделирование нагрева винта, блока и корпуса фрезы в программной среде SolidWorks.

Температура окружающей среды 20°C. Нагрев винта, блока и корпуса фрезы проводился до температуры 150°C, так как дальнейший нагрев не целесообразен и приводит к самовоспламенению (см. табл.2). Параметры моделирования представлены в таблице 3.

Таблица 3. – Параметры моделирования в SolidWorks

Материал моделей	Пластик ABS Plus
Температура окружающей среды	20°C
Конечная температура	150°C
Время нагрева	3 с (для винта), 5 с (для блока и корпуса фрезы)

Результаты исследования представлены в таблице 4.

Таблица 4. – Результаты исследования в SolidWorks

Винт				
0с ( $T_{\max}=20^{\circ}\text{C}$ )	2,25с ( $T_{\max}=52,5^{\circ}\text{C}$ )	2,5с ( $T_{\max}=95,83^{\circ}\text{C}$ )	2,75с ( $T_{\max}=128,33^{\circ}\text{C}$ )	3с ( $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$ )
Блок				
0с ( $T_{\max}=20^{\circ}\text{C}$ )	2с ( $T_{\max}=43,23^{\circ}\text{C}$ )	3с ( $T_{\max}=84,9^{\circ}\text{C}$ )	4с ( $T_{\max}=126,42^{\circ}\text{C}$ )	5с ( $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$ )
Корпус фрезы				
0с ( $T_{\max}=20^{\circ}\text{C}$ )	2с ( $T_{\max}=45,5^{\circ}\text{C}$ )	3с ( $T_{\max}=89,57^{\circ}\text{C}$ )	4с ( $T_{\max}=128,33^{\circ}\text{C}$ )	5с ( $T_{\max}=150^{\circ}\text{C}$ )

Из таблицы 1 видно, что все модели в течении 1-5 с начали деформироваться под воздействием температуры, изменяя геометрические параметры.

**Вывод.** Если произвести сравнение практического и теоретического исследований, то видно, что они различаются по признакам проявления деформаций и температур. Практический и теоретический опыт не совпали, т.к. при реальном нагреве после отключения источника тепла температура продолжает расти.

**В результате моделирования тепловых деформаций можно отметить следующее [4]:**

1. При нагреве крепежного винта он удлиняется, что необходимо учитывать при проектировании резьбового соединения.
2. Режущая пластина увеличивается в «диаметральном» размере, что необходимо учитывать при определении размера паза для её размещения;
3. Корпус блока резового увеличивается в размерах, наибольшей тепловой деформации подвергаются боковые стенки продольного паза для размещения прихвата, что необходимо учитывать при назначении допусков на ширину паза и прихвата.
4. Тепловые деформации отдельных конструктивных элементов блока резового сказываются на общей деформации блока резового в сборе – режущая пластина «врастает» в корпус и прихват, размеры

прихвата изменяются по высоте, ширине и длине, деформируется форма отверстия под штифт, увеличивается диаметр штифта и диаметр винта зажимного. Эти тепловые деформации должны быть учтены при размерном анализе сборки резцового блока.

5. Качественные изменения тепловых деформаций торцевой фрезы свидетельствуют о максимальных их значениях в режущей пластине и блоке резцовом, однако ими нельзя пренебрегать и при проектировании корпуса фрезы, особенно в части торцевой шпонки, с помощью которой фреза закрепляется в хвостовике.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Попок, Н. Н. 3D-моделирование конструкций блочно-модульных торцевых фрез / Н. Н. Попок, С. А. Портянко, Г. И. Гвоздь // Информационно-коммуникационные технологии: достижения, проблемы, инновации (ИКТ-2018): электронный сборник статей I международной научно-практической конференции, посвященной 50-летию Полоцкого государственного университета, Новополоцк, 14–15 июня 2018 г. / Полоцкий государственный университет ; пред. редкол.: Д. Н. Лазовский. – Новополоцк, 2018. – С. 190
2. Попок, Н.Н., Максимчук, А.С., Портянко, С.А. Совершенствование системы закрепления пластин режущих и блоков резцовых в блочно-модульных режущих инструментах/ Вестник ПГУ, сер. В – 2015 – №2, с. 16-22.
3. Попок, Н.Н. Теория резания: учебное пособие / Н.Н. Попок. – Минск : ИВЦ Минфина, 2019 г. – 372 с.
4. Методология исследования работоспособности фрезерных и осевых режущих инструментов на основе 3D прототипирования / Н.Н. Попок, С.А. Портянко – Вестник ПГУ, сер. В. Промышленность. Прикладные науки. 2020 г. – с. 29-39.