

УДК 621.91

## Расчет жесткости сборного инструмента методом конечных элементов

*Токарев Артем Сергеевич*

*Трехгорный технологический институт – филиал Национального  
исследовательского ядерного университета "МИФИ" (ТТИ НИЯУ МИФИ),  
Трехгорный*

*mailto:zbayras@bk.ru Tokarev\_a\_s91@mail.ru*

Внедрение CAD технологии в современное производство позволяет значительно повысить производительность технологического оборудования. Как правило, это сказывается на сокращении времени на технологической подготовке производства, что порой может занимать до 60 процентов всего времени проектирования изготовления детали. CAD технологии позволяют спрогнозировать возможные результаты получения тех или иных параметров с достаточно высокой точностью и тем самым помогают подобрать геометрические параметры, режимы резания и т.д. для достижения наиболее оптимального результата.

*Ключевые слова:* CAD системы, точность обработки, осевой режущий инструмент, обработка отверстий, жесткость режущего инструмента, сборный режущий инструмент.

При проектировании сборного режущего инструмента сталкиваются с проблемой расчета жесткости [3]. Формула расчета жесткости используемая для монолитного инструмента не учитывает особенностей сборного инструмента и дает большую погрешность при расчетах, более 25 процентов [4].

В работе Косиловой А.Г. [2] представлена формула для сборного инструмента, которая снижает погрешность расчетов до 15-20%, что позволяет ее использовать.

Инженер-конструктор, используя современные САПР системы, такие как Компас, SolidWorks, Inventor и др, создает 3д модель инструмента и задает нагрузки, что позволяет рассчитать жесткость инструмента с достаточно высокой точностью. К сожалению этот метод требует значительного времени и квалификации работника, что повышает экономические затраты производства [1, 4]. На основании этого метода, были выведены коэффициенты для сборного инструмента в зависимости от количества зубьев. Данные коэффициенты используется в формулах для расчета жесткости монолитного инструмента, что значительно сможет упростить работу инженера-конструктора.

В данной работе были спроектированы 3д модели зенкеров диаметрами 12мм, 18мм, 20мм, 24мм, 25мм, 30мм. На каждый диаметр сделаны 2 зенкера сборный и цельный зенкера.

Двухлезвийные зенкера диаметры 12, 18 мм

Трехлезвийные зенкера диаметры 20, 24 мм

Четырехлезвийные зенкера диаметры 25, 30 мм

Длина инструмента и режущей части представлены в таблице 1.

Расчет жесткости производился в программе Autodesk Inventor Pro 2021. Результаты расчета представлены в таблице 2.

Аналогичные расчеты были проведены и для сборного двухзубого сверла.

На основании полученных расчётов в САПР был получен коэффициент жесткости сверла, при использовании которого в формуле жесткости для монолитного инструмента получают значения, приближенные к значению методом расчетов конечных элементов табл.3

Таблица 1- Размеры зенкеров

Диаметр зенкера d, мм	Длина инструмента L, мм	Длина режущей части l, мм
12	100	60
18	115	75
20	160	120
24	180	145
25	195	155
30	220	170

Таблица 2 - Расчет нагрузок на двухзубые зенкера

			Зенкер сборный d=12 мм	Зенкер цельный d=12 мм	
1	2	3	4	5	
Эквивалентная деформация	10	min	0,0000000336306 бр	0,00000000871183 бр	
		max	0,0000288097 бр	0,00000710387 бр	
	50	min	0,000000173204 бр	0,000000135189 бр	
		max	0,000144049 бр	0,0000224347 бр	
	100	min	0,000000336306 бр	0,000000270378 бр	
		max	0,000288097 бр	0,0000448694 бр	
	150	min	0,00000050446 бр	0,00000040555 бр	
		max	0,000432146 бр	0,0000673041 бр	
	200	min	0,000000692814 бр	0,000000540755 бр	
		max	0,000576194 бр	0,0000897387 бр	
	1-ая основная деформация	10	min	0,0000000582282 бр	0,0000000000000526314 бр
			max	0,0000213354 бр	0,00000404049 бр

Продолжение таблицы

1	2	3	4	5
1-ая основная деформация	50	min	-0,00000029114 бр	0,00000000473886 бр
		max	0,000106677 бр	0,0000138915 бр
	100	min	-0,00000058228 бр	0,00000000947772 бр
		max	0,000213354 бр	0,000027783 бр
	150	min	-0,000000873422 бр	0,000000014217 бр
		max	0,000320031 бр	0,0000416747 бр

Таблица 3 – Справочные коэффициенты для расчета жесткости сборного инструмента

Инструмент	Коэффициент жесткости сборного инструмента ( $K_{ж.сб.инстр.}$ )
Сверло двухзубое	0,76
Зенкер двухзубый	0,82
Зенкер трехзубый	0,75
Зенкер четырехзубый	0,71

Применение полученного коэффициента жесткости для сборного инструмента позволит усовершенствовать разрабатываемые математические модели расчета точности увода оси отверстия при обработке глубоких и сверхглубоких отверстий.

Библиографический список:

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1976. – 608 с.
2. Косилова, А. Г. Справочник технолога по автоматическим линиям/ под ред. Косилова А.Г., Лыков А.Г., Деев О.М. М.: – Машиностроение, 1982 – 320 с.
3. Кулыгин, В. Л. Методология проектирования эффективных технологий изготовления машиностроительных изделий: учеб. пособие для вузов по направлению "Конструкт.-технол. обеспечение машиностр. пр-в / В. Л. Кулыгин, И. А. Кулыгина. – Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2014. – 142 с.
4. Токарев А.С. Снижение трудоемкости обработки отверстий путем повышения точности расположения их осей на операциях зенкерования сборными инструментами : автореферат дис. ... кандидата технических наук : 2.5.6. / Токарев Артем Сергеевич; [Место защиты: ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет» ; Диссовет 24.2.357.02 (Д 212.186.03)]. - Челябинск, 2022. - 21 с.