«Оценка влияния технологических факторов на качество сопряжения поверхностей собираемых деталей»

Подготовил Погудин Сергей

Ижевск 2016

Объект исследования – точность сопрягаемых поверхностей при концевом фрезеровании нежестких деталей.

Предмет исследования. Влияние составляющих силы резания при концевом фрезеровании на точность сопрягаемых поверхностей и плотность их прилегания в сборочной единице.

Цель работы – разработка методики, позволяющей достичь плотного прилегание сопрягаемых поверхностей и возможности их точного взаимного перемещения.

Задачи работы:

- провести обзор технологических факторов, влияющих на точность механической обработки деталей машин;
- сравнить известные методики определения силовых параметров;
- выполнить моделирование концевого фрезерования нежесткого образца и оценить возникшие погрешности обработки и деформации фрезы;
- создать модель нежесткой базовой детали и сопрягаемой с ней ответной детали, провести экспериментальную проверку принятой модели.

Актуальность работы - повысить эффективность технологической подготовки производства изделий машиностроения, в которых необходимо обеспечить плотное прилегание поверхностей сопрягаемых деталей,
улучшить качество их механической обработки и снизить
затраты на выполнение сборочных работ.

Научная новизна – разработка модели составляющих силы резания с учетом суммарной площади срезаемого слоя, включающей фрезу и нежесткую деталь, методику создания трехмерной модели ответной детали.

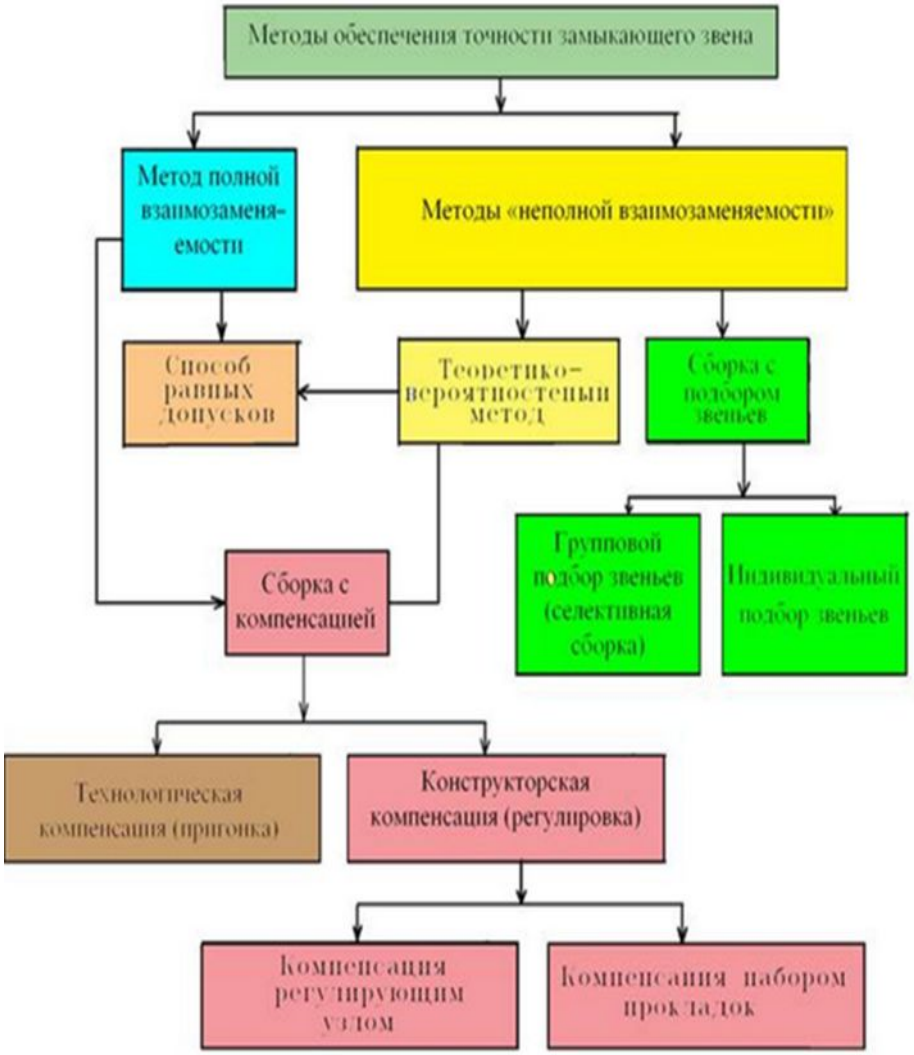
При этом выявлено, что составляющие сил резания носят переменный характер по направлению и амплитуде, в том числе, по причине деформацией концевой фрезы и нежесткой детали, а, следовательно, с колебанием глубины резания в процессе обработки.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОЧНОСТЬ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Виды допусков и их изображение на чертежах

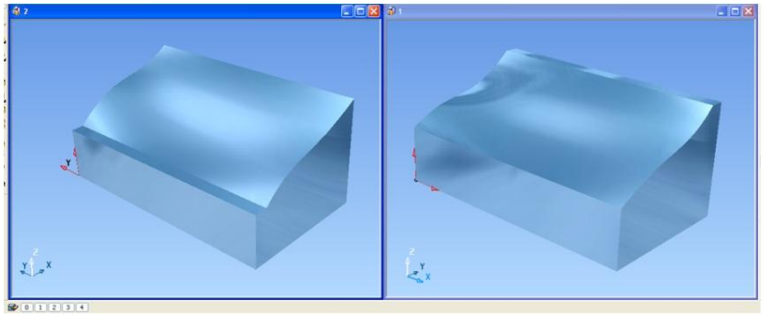
Группа отклонений и допусков	Наименование отклонения	Условный знак
Отклонения и допуски формы поверхностей	Отклонение от прямолинейности	—
	Отклонение от плоскостности	⏥
	Отклонение от круглости	○
	Отклонение от цилиндричности	⌭
	Отклонение профиля продольного сечения	⌒
Отклонения и допуски расположения поверхностей	Отклонение от параллельности (непараллельность)	//
	Отклонение от перпендикулярности (неперпендикулярность)	⊥
	Отклонение наклона	
	Отклонение от соосности (несоосность)	◎
	Отклонение от симметричности (несимметричность)	⌯ или ⌯
	Позиционное отклонение (смещение от номинального расположения)	+ или ⌖
	Отклонение от пересечения осей	×
Суммарные отклонения и допуск формы и расположения поверхностей	Радиальное или торцевое биение	↗
	Полное биение	⌰
	Отклонение формы заданного профиля	⌒
	Отклонение формы заданной поверхности	⌓

МЕТОДЫ ДОСТИЖЕНИЯ ТОЧНОСТИ ЗАМЫКАЮЩЕГО ЗВЕНА



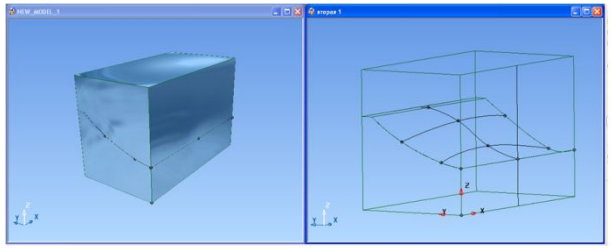
Программно-технологический комплекс изготовления точно сопряжённых деталей на основе решений DELCAM

Рисунок - ИЖ-27ЕМ

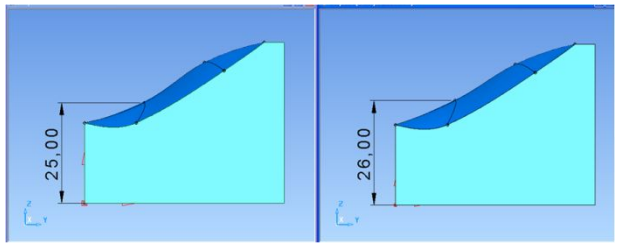


Шаг 1 - Разработка модели исходной и ответной деталей без погрешностей

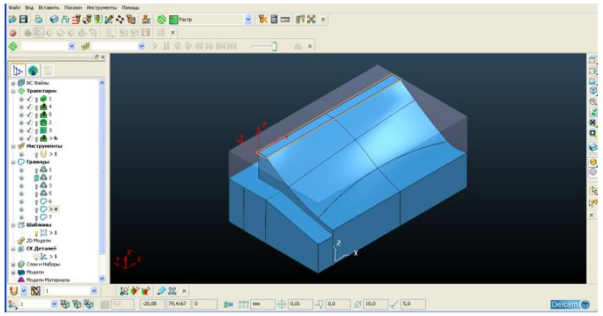
… Программно-технологический комплекс изготовления точно сопряжённых деталей на основе решений DELCAM



Шаг 2 - Виртуальная сборка моделей исходной и ответной деталей без погрешностей

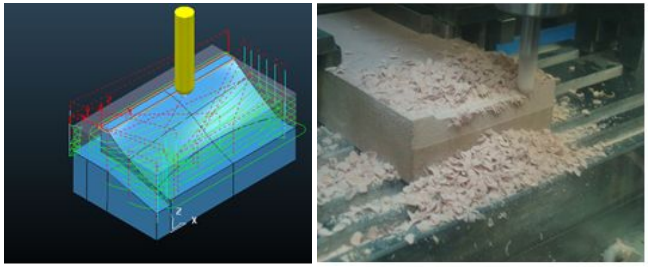


Шаг 3 - Внесение погрешности в модель исходной детали

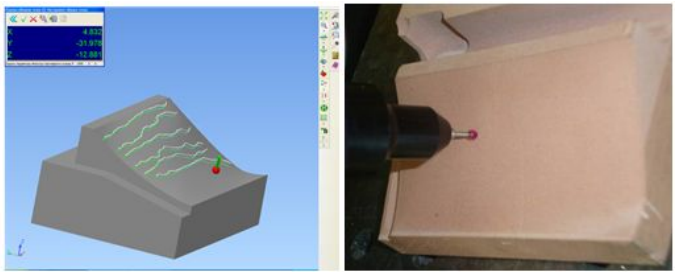


Шаг 4 - Экспорт модели исходной детали с внесённой погрешностью в PowerMILL

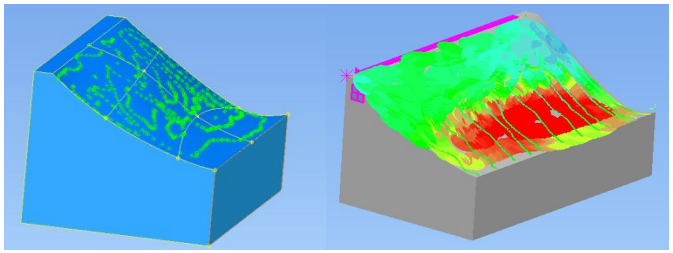
… Программно-технологический комплекс изготовления точно сопряжённых деталей на основе решений DELCAM



Шаг 5 – Рассчитанные траектории движения инструментов в PowerMILL и изготовление детали

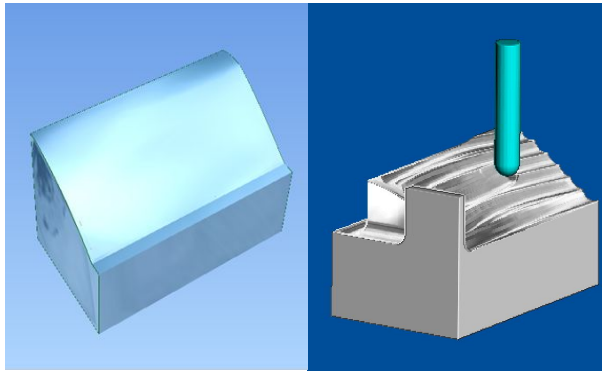


Шаг 6 – Измерение полученной ответственной поверхности исходной детали на КИМ с помощью PowerINSPECT

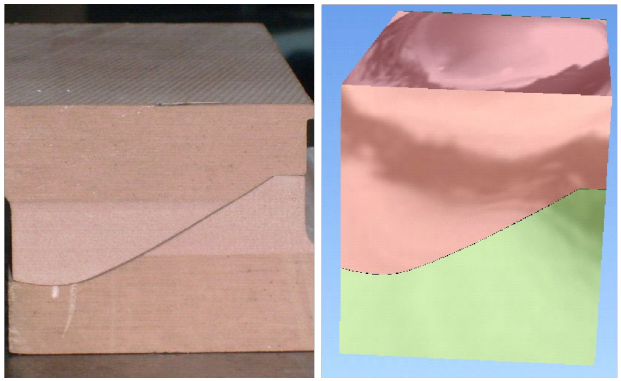


Шаг 7 – Измерение и анализ полученных отклонений

… Программно-технологический комплекс изготовления точно сопряжённых
деталей на основе решений DELCAM

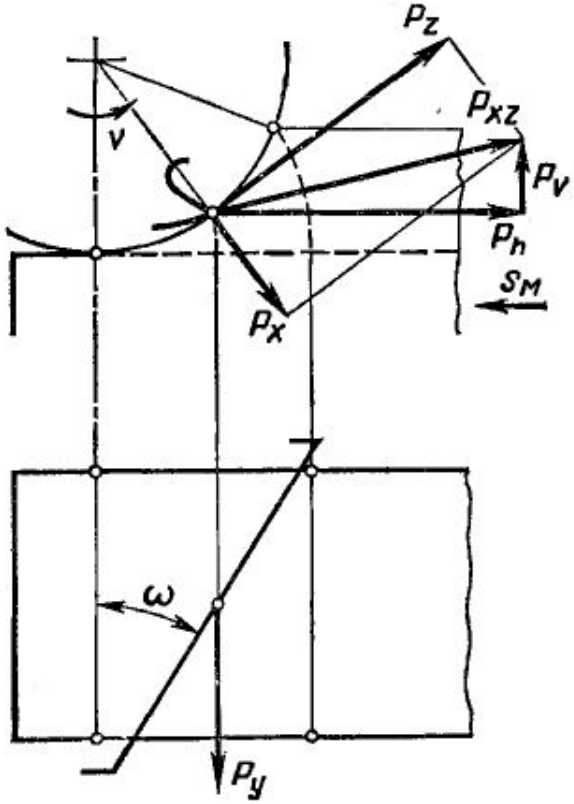


Шаг 8 – Корректировка сопрягаемой поверхности ответной детали и визуализация
программы ее чистовой обработки

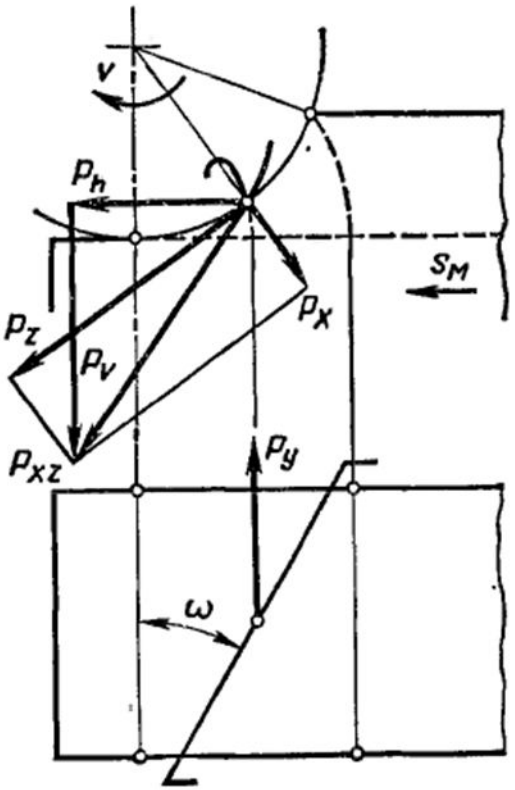


Шаг 9 - Визуальная проверка качества сопряжения поверхностей

Схемы фрезерования цилиндрической фрезой



а)



б)

Рисунок – Силы, действующие на зуб цилиндрической фрезы при встречном (а) и попутном (б) фрезеровании

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ

Методика профессора Грановского

Профессор Грановский Герберт Иванович, предлагает расчет действующей на винтовой зуб цилиндрической фрезы силу резания с учетом условий равномерного и неравномерного фрезерования. Сила резания $P_н$, нормальная к винтовому лезвию зуба в случае равномерного фрезерования равна:

$$P_н = \frac{2 \cdot \pi \cdot k_p \cdot \sigma_в \cdot S_z \cdot t \cdot k}{z \cdot \sin \omega}.$$

В случае неравномерного – равна:

$$P_н = \frac{k_p \cdot \sigma_в \cdot S_z \cdot \pi \cdot D \cdot k}{z \cdot \sin \omega} \cdot (\cos \Psi_2 - \cos \Psi_1),$$

где $\sigma_в$ – предел прочности обрабатываемого материала, МПа;

k_p – коэффициент резания;

S_z – подача на зуб мм/зуб;

D –диаметр фрезы, мм;

k – коэффициент кратности;

z – число зубьев фрезы;

ω – угол наклона винтовой канавки фрезы, °;

Ψ –угол контакта,°.

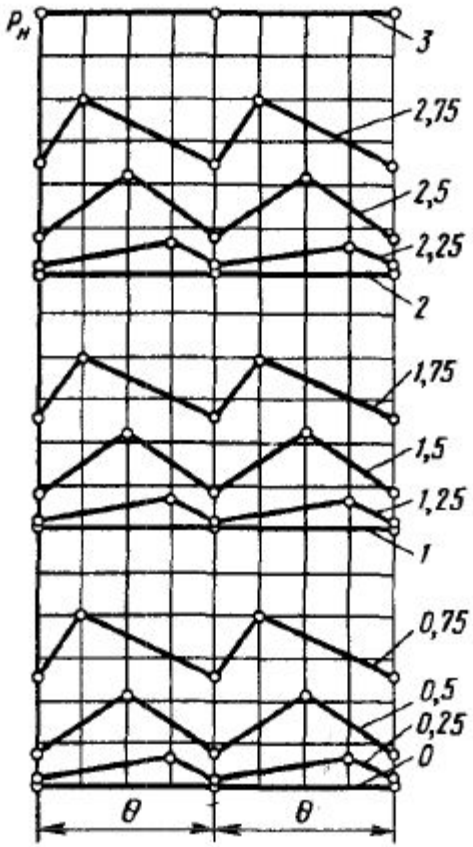


Рисунок – Характер изменения силы резания $P_н$
при
значениях коэффициента кратности

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ…

Методика профессора Боброва В.Ф.

$$P_z = \frac{2^{1-k}}{2-k} \cdot C_p \cdot C_\omega \cdot D \cdot ctg(\omega) \cdot S_z^{1-k} \cdot \left[\sin^{2-k}\left(\frac{\theta_2}{2}\right) - \sin^{2-k}\left(\frac{\theta_1}{2}\right)\right],$$

где S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

θ – угол контакта;

C_p – постоянная величина, определяющаяся родом и механическими свойствами материала обрабатываемой детали;

C_ω – поправочный коэффициент, учитывающий увеличение удельной и окружной сил при фрезеровании фрезами с углами наклона винтовой канавки $\omega > 45°$;

K – показатель степени, определяющийся родом и механическими свойствами материала обрабатываемой детали.

$$P_{z\,\text{сум}} = \frac{2^{1-k}}{\pi \cdot (2-k)} \cdot C_p \cdot S_z^{1-k} \cdot \left(\frac{t}{D}\right)^{1-\frac{k}{2}} \cdot B \cdot z,$$

где S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерования, мм;

z – количество зубьев;

C_p – постоянная, определяющаяся родом и механическими свойствами материала обрабатываемой детали;

k - показатель степени, определяющийся родом и механическими свойствами материала обрабатываемой детали.

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ…

Расчет тангенциальной силы фрезерования посредством степенных уравнений, фигурирующих в отечественной справочной литературе, вида:

$$P_z = \frac{C_p . t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p \cdot K_p}{d^q \cdot n^w},$$

где t - глубина фрезерования;
S_z - подача на зуб;
z- число зубьев фрезы;
C_p, x,y,u,p– числовые значения коэффициента показателей степеней для некоторых видов фрез и обрабатываемых материалов приведены в соответствующих справочниках;
n- число оборотов;
d - диаметр фрезы.

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ…

Модель расчета силы резания, предложенная M. Weck, K. Teipel (1977 г.).

$$F = K \cdot a_p \cdot h,$$

где a_p – осевая глубина, мм;

h – толщина срезаемого слоя, мм;

K – константа зависимая от обрабатываемого материала, скорости резания и определяется экспериментально.

R.P.H. Faassen использовал комбинацию ряда моделей для тангенциальной и радиальной составляющих силы виде:

$$F_t = K_t \cdot a_p \cdot h^x + K_{te} \cdot a_p; F_r = K_r \cdot a_p \cdot h^x + K_{re} \cdot a_p,$$

где a_p- осевая глубина;

K_t, K_{te}, K_r, K_{re} – удельные силы.

Удельные силы и показатель степениx определены экспериментально. Например, для алюминиевого сплава марки 6082 ($\sigma_в = 295$ МПа, $\sigma_{0,2} = 240$ МПа, $\delta = 8\%$). По результатам обработки экспериментальных данных приведены графики, характеризующие изменение параметров с ростом частоты вращения шпинделя станка в диапазон 15000 – 40000 об/мин.

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ…

Методика расчета силы резания через удельную силу, распространенная в настоящее время зарубежными инструментальными фирмами и изложенная подробно в справочнике по резанию GARANT, согласно чему тангенциальная составляющая силы резания может быть определена как:

$$F_c = b \cdot h \cdot K_c \cdot K_f = b \cdot h^{(1-m)} \cdot k_{c11} \cdot K_f \ ,$$

где b, h– ширина, толщина срезаемого слоя, мм;
K_c – удельная сила резания, МПа;
K_f– поправочный коэффициент;
k_{c11} - удельная сила, приходящаяся на единицу среза, МПа;
m – показатель степени.
Значения удельной силы и показателя степени приведены для групп обрабатываемых материалов. Например, для алюминиевых деформируемых сплавов значения этих параметров составляют:k_{c11} = 780 Мпа, m= 0,23.

Перспективными являются расчеты сил резания по результатам теоретического моделирования процесса фрезерования. Например, в учебном пособии «Силы резания и методы их определения» Розенберга Ю.А.,Тахмана С.И. расчет тангенциальной и радиальной составляющей силы резания сведен к выражениям:

$$P_z = C_{nn} \cdot f_{cp} + C_{зп} \cdot l_z;$$
$$P_{xy} = U_{nn} \cdot f_{cp} + U_{зп} \cdot l_{xy},$$

где C_{nn}, U_{nn} – удельные силы на передней поверхности;

$C_{зп}$,$U_{зп}$ – удельные силы на задней поверхности;

f_{cp}- площадь срезаемого слоя

l_z, l_{xy} – проекции длины рабочей части режущей кромки на плоскости, перпендикулярные соответствующим составляющим сил резания.

ОБЗОР МЕТОДИК ОПРЕДЕЛЕНИЯ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРОВАНИЯ…

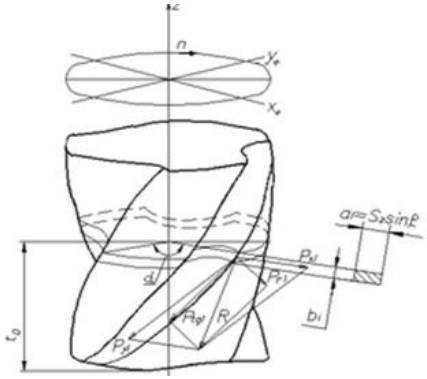


Рисунок – Схема действия составляющих сил резания
на элементарном участке

Обобщенные выражения для тангенциальной и радиальной сил для *i*-го дискового элемента в *j*-м угловом положении фрезы на *k*-м зубе имеют вид:

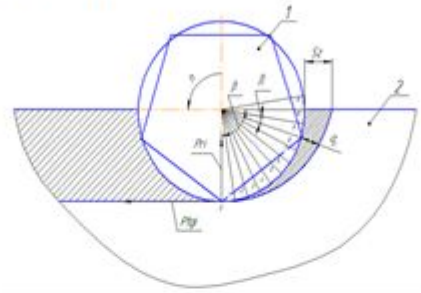
$$P_{tg}(i,j,k) = C_p \cdot b \cdot S_z \cdot \sin\beta(i,j,k).$$
$$P_r(i,j,k) = K_r \cdot P_{tg}(i,j,k).$$

Составляющие сил резания P_x и P_y для угла $\beta(i,j,k)$ по координатам станка и по всем дисковым элементам (n_a):

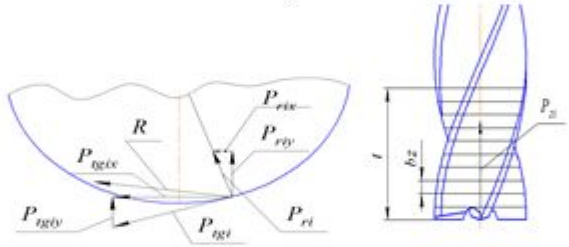
$$P_x = \sum_{j=1}^{n_a}\sum_{i=1}^{n_q}\sum_{k=1}^{n_z}\left[K_R \cdot C_p \cdot a \cdot S_z \cdot sin^2\beta(i,j,k) + \frac{C_p \cdot a \cdot S_z \cdot \cos\beta(i,j,k) \cdot \sin\beta(i,j,k)}{n_a}\right]$$

$$P_y = \sum_{j=1}^{n_a}\sum_{i=1}^{n_q}\sum_{k=1}^{n_z}\left[K_R \cdot C_p \cdot a \cdot S_z \cdot sin\beta(i,j,k) \cdot cos\beta(i,j,k) + \frac{C_p \cdot a \cdot S_z \cdot sin^2\beta(i,j,k)}{n_a}\right]$$

В работе Сысоева П. Г. «Оценка влияния технологических факторов на точность размеров и погрешность формы поверхностей машиностроительных деталей при фрезеровании» рассматривается математическая модель фрезерования, очень схожая с предыдущей моделью. Однако имеются некоторые отличия, связанные расчетом сил резания, возникающих в зоне контакта зуба фрезы (1) с заготовкой (2), см. рис 2.4.1:



а)



б)

Рис. 2.4.1. Составляющие силы резания при фрезеровании.

Автор, рассматривая каждый элементарный слой в отдельности, отмечает, что он смещен относительно предыдущего слоя на определенный угол, т.е. каждый следующий угол контакта будет меньше на величину этого угла.

Тангенциальная составляющая силы резания P_{tg}, действующая на зуб фрезы на i-м элементарном участке в данном случае выражается как:

$$P_{tgi} = p \cdot f,$$

Радиальная составляющая – пропорционально ей, а сила действующая по оси фрезы, т.е. по оси Z определяется по формуле:

$$P_{zсумм} = 0{,}28 \cdot P_{tgi} \cdot tg\omega,$$

где ω – угол подъема винтовой линии фрезы.

ПРЕДЛОЖЕННАЯ МЕТОДИКА

Исходные данные

Концевая цилиндрическая фреза с винтовыми зубьями правая 2220-0007 ГОСТ 17025-71, Р6М5, ∅6 мм, угол наклона режущей кромки ω = 35°, число зубьев фрезы Z = 4.
Заготовка: пластина 80х80х10 мм Д16АМ ГОСТ 21631-76.
Режимы резания: t = 1 мм; Sz = 0,05 мм/зуб; B = 10 мм.
Станок: вертикально-фрезерный с ЧПУ *Х3К*.

Формулы для расчета элементов срезаемого слоя составляющих силы резания

$$cos\,\psi = 1 - \frac{2 \cdot t}{D};$$

$$a_{zi} = S_z \cdot sin\ \psi_i;$$

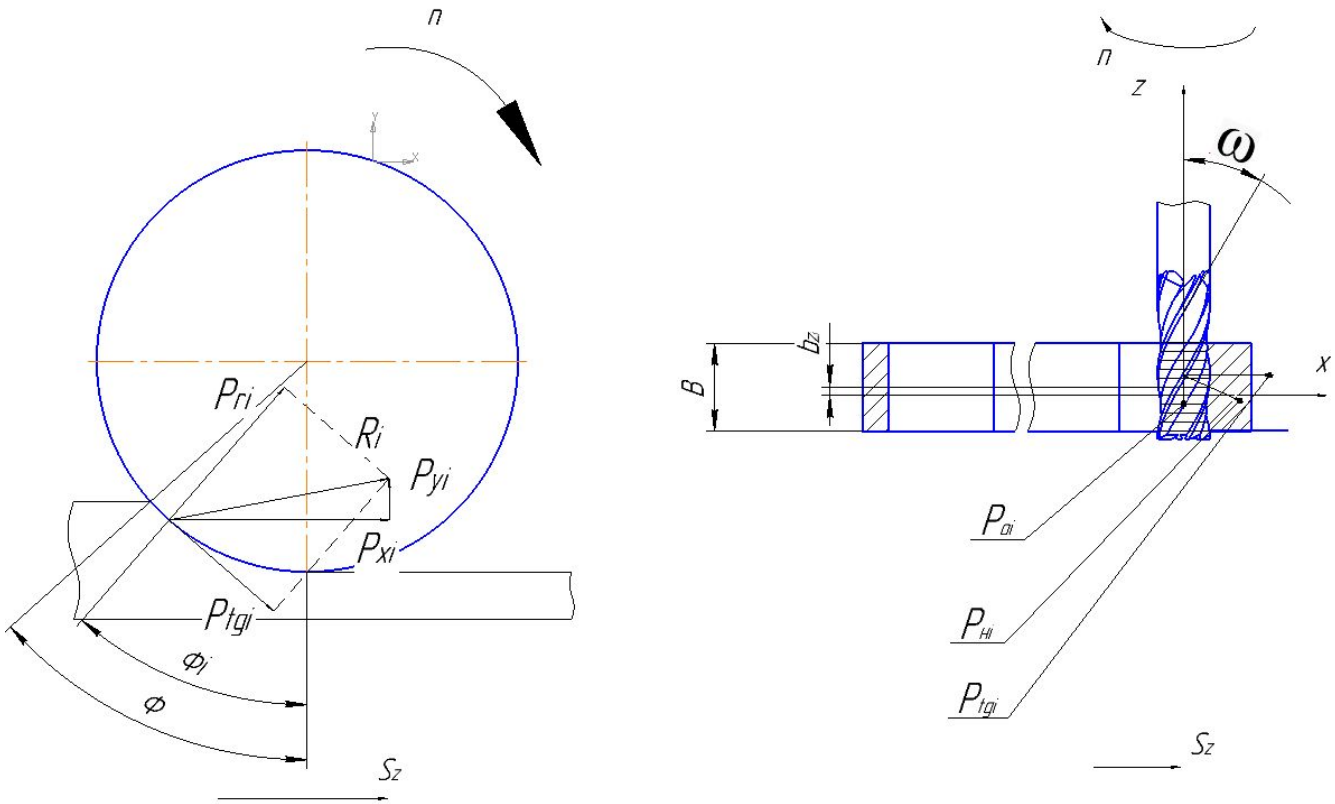
Коэффициент кратности:

$$k = \frac{z \cdot B \cdot tg\,\omega}{\pi \cdot D}$$

Площадь срезаемого слоя обрабатываемого металла, (мм^2):

$$f_i = \frac{\pi \cdot D \cdot k \cdot S_z}{z \cdot \sin\omega} sin\,\psi_i.$$

Составляющие силы резания при встречном фрезеровании концевой фрезой



а) б)

Рисунок – Схема действия составляющих силы резания на зуб фрезы (а) и на элементарном участке (б)

Элементы срезаемого слоя при встречном фрезеровании концевой фрезой

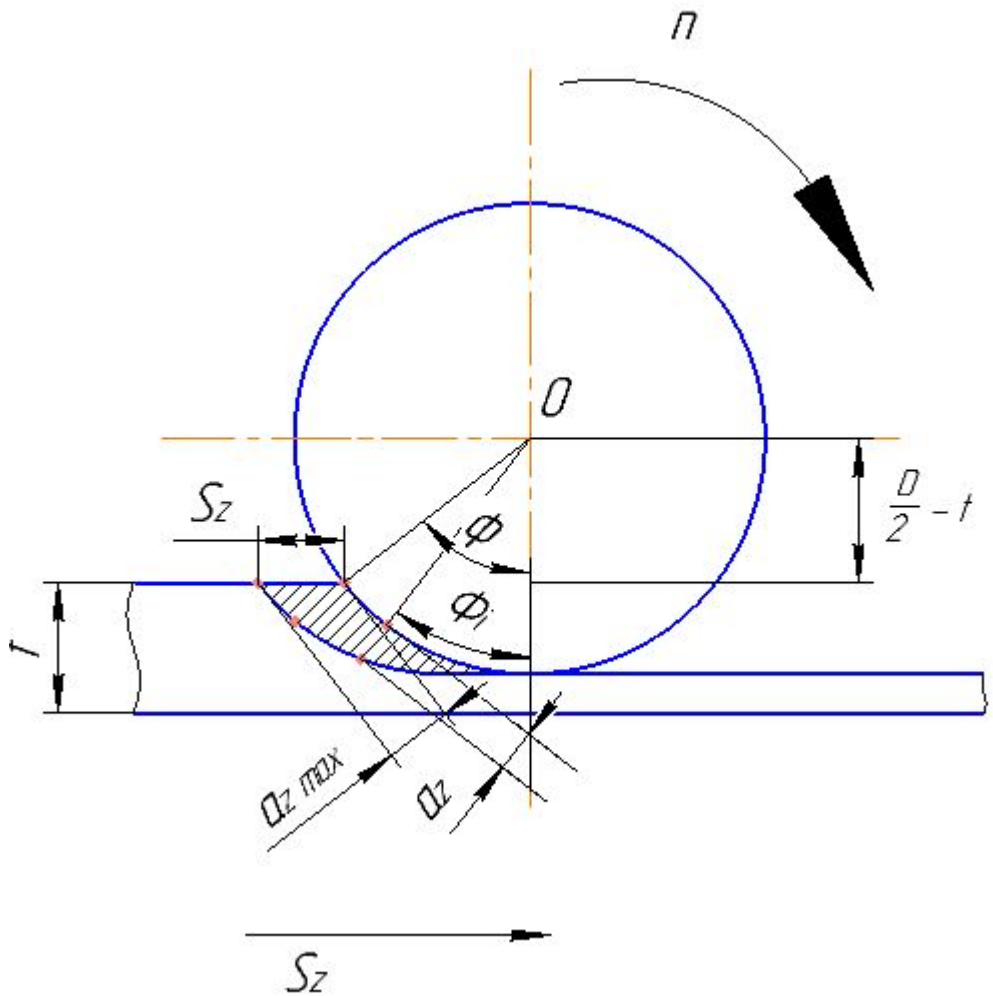


Рисунок – Расчетная схема определения толщины слоя, срезаемого зубом фрезы

Сила резания $P_н$, нормальная к винтовому лезвию зуба, Н:

$$P_н = p_0 \cdot \frac{\pi \cdot D \cdot k \cdot S_Z}{z \cdot \sin\omega} sin\psi_i ,$$

где $p_0 = 1100$ *МПа* – удельное давление на 1мм^2 при пределе прочности $\sigma_в$ = 400 МПа.

Окружная сила, Н:

$$P_{tg} = P_н \cdot \cos\omega$$

Осевая сила, Н:

$$P_o = P_н \cdot sin\,\omega$$

Радиальная сила резания, Н:

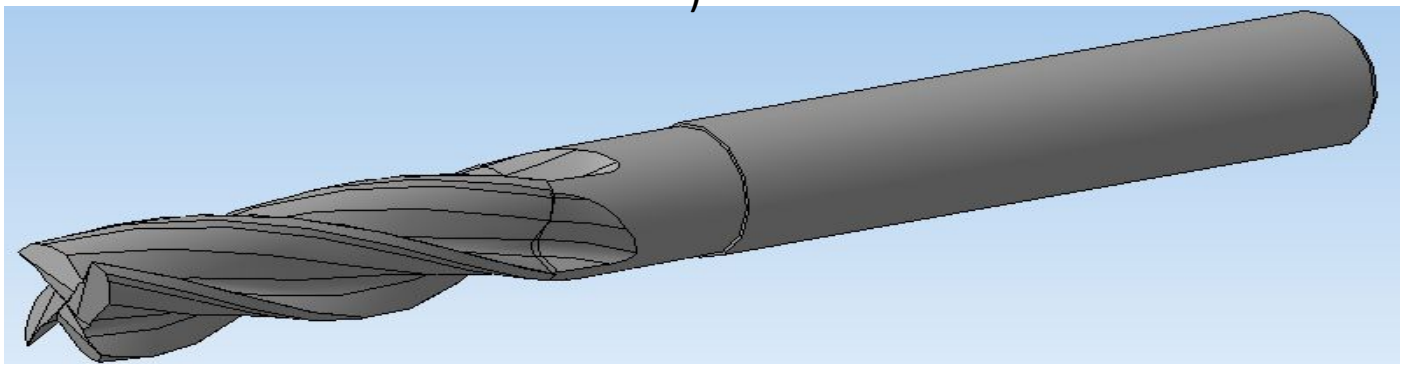
$$P_r = 0{,}5 \cdot P_{tg}.$$

Составляющие силы резания с учетом координат станка:

$$P_y = P_r \cdot \cos\psi_i + P_{tg} \cdot \sin\psi_i$$
$$P_x = P_{tg} \cdot \cos\psi_i + P_r \cdot \sin\psi_i$$

Режущий инструмент

а)



б)

Рисунок – Фреза концевая 2220-0007 Р6М5:
а – фото фрезы; б – 3D – модель.

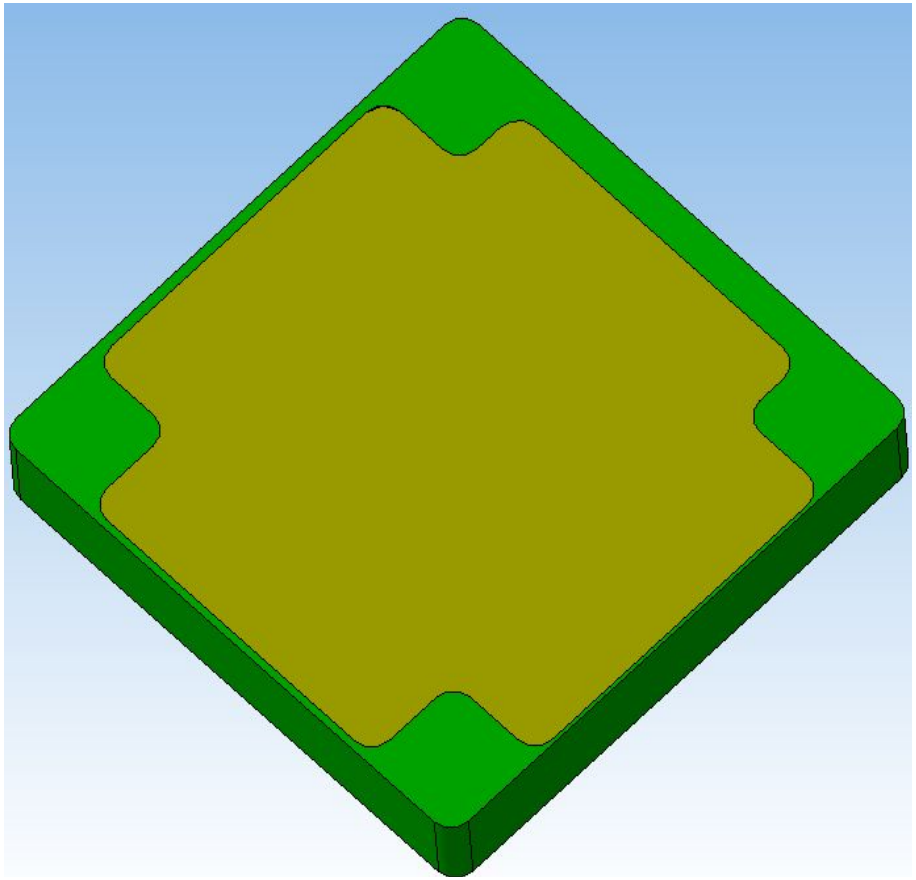


Рисунок – 3D – модель опытного образца изделия

Вертикально-фрезерный станок с ЧПУ
ХЗК

Наименование характеристики		Значение характеристики
Конус шпинделя		МТ3
Скорость шпинделя, об/мин		150-2000
Размеры рабочего стола, мм		550x160
Вылет шпинделя, мм		230
Размеры Т-образных пазов рабочего стола, мм		12
Максимальное перемещение шпинделя, мм	Ось X	250
	Ось Y	80
	Ось Z	200
Ускоренное перемещение (X, Y, Z), мм/мин		2000
Скорость рабочей подачи (X, Y, Z), мм/мин		500
Точность - стабильность повторяемости (X, Y, Z), мм		0.01
Максимальный крутящий момент на валу двигателей подачи, Нм	X, Y	4
	Z	6
Мощность двигателя, кВт		1
Потребляемая энергия, В/Гц		220/50

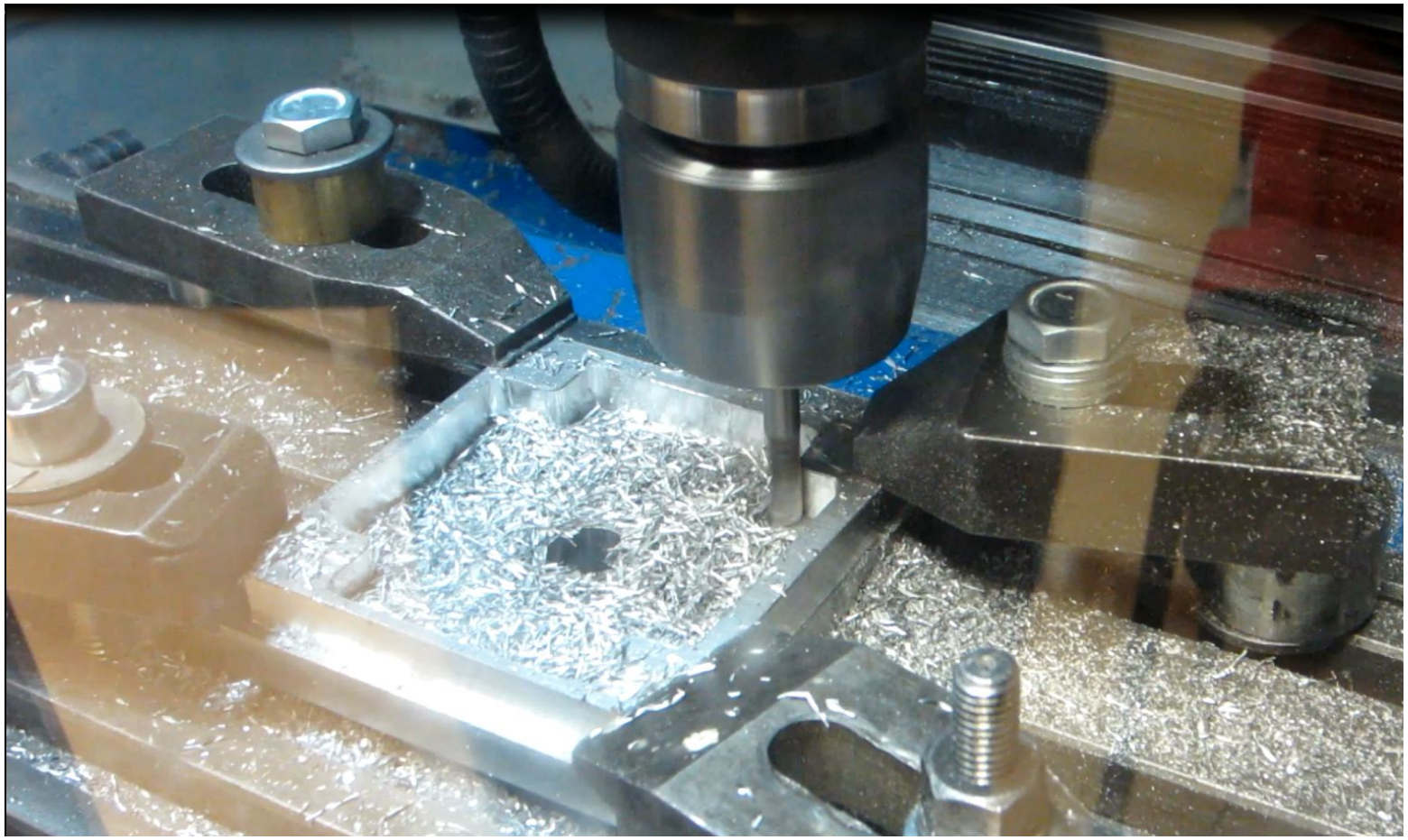


Рисунок – Обработка детали

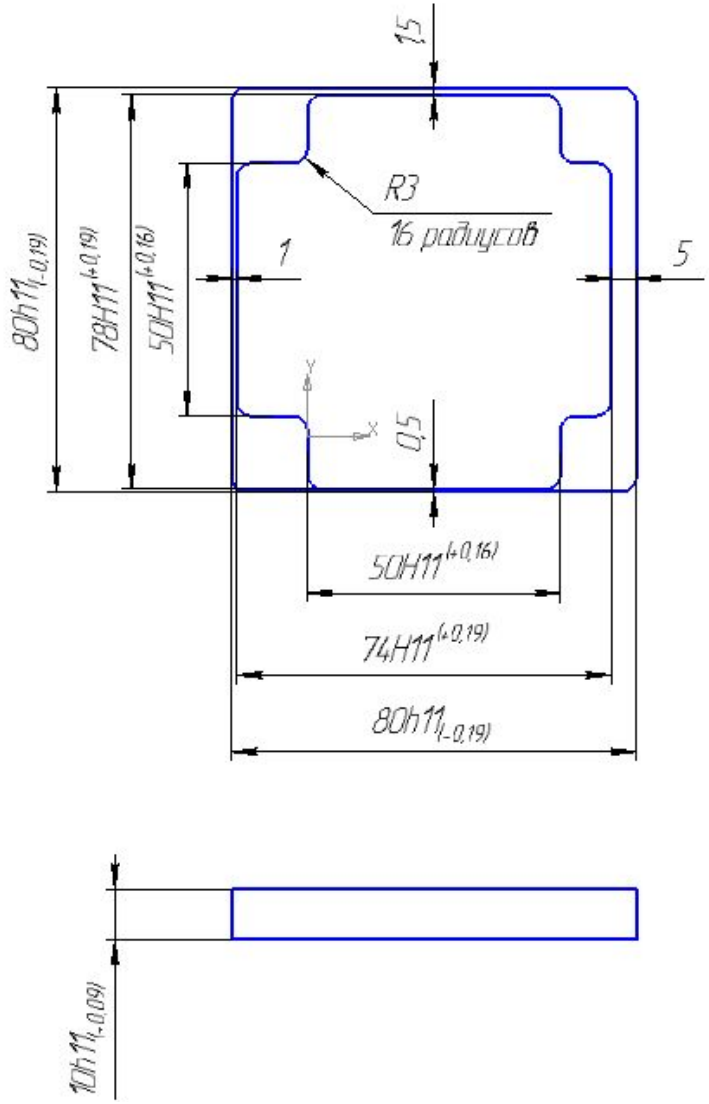
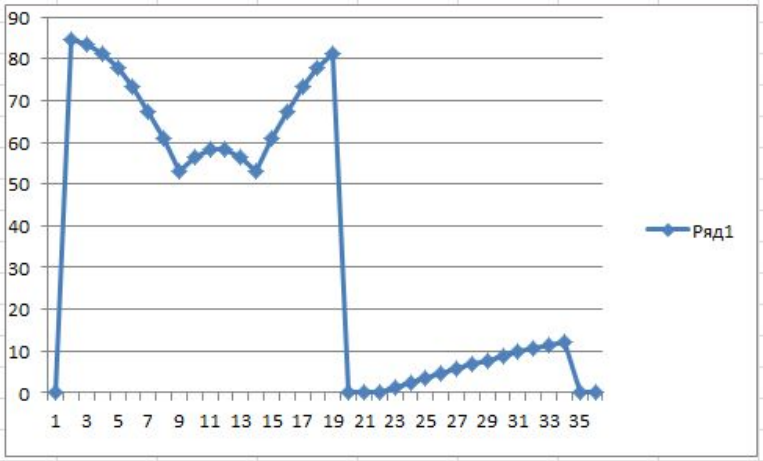


Рисунок – Эскиз опытного образца нежесткой детали

№	B	D	Sz	z	t	w	cosw	sinw	tgw	cosϕ	sinϕ	ϕ	a	b	k	p0	Pн	Po	Ptg	Pr	Py	Px	
0	10	6	0,05	4	0	35	0,819152	0,5735764	0,700208	1	0	0	0	0	1	1100	0	0	0	0	0	0	0
0,300294					0,007366					0,997545	0,070032	4,015809	0,003502	0,300294	6,769422		1,156654	0,663429	0,947475	0,473738	0,538928	0,978326	1,156654
0,600587					0,029427					0,990191	0,13972	8,031619	0,006986	0,300294			2,307628	1,323601	1,890298	0,945149	1,19999	2,003812	2,307628
0,900881					0,066075					0,977975	0,208721	12,04743	0,010436	0,300294			3,447271	1,977273	2,823839	1,411919	1,970217	3,056342	3,447271
1,201174					0,117129					0,960957	0,276698	16,06324	0,013835	0,300294			4,569986	2,621236	3,743513	1,871757	2,8345	4,115266	4,569986
1,501468					0,18234					0,93922	0,343316	20,07905	0,017166	0,300294			5,67026	3,252327	4,644805	2,322402	3,775883	5,159812	5,67026
1,801761					0,261387					0,912871	0,408248	24,09486	0,020412	0,300294			6,74269	3,867448	5,523289	2,761644	4,775899	6,169486	6,74269
2,102055					0,353882					0,882039	0,471176	28,11066	0,023559	0,300294			7,782011	4,463578	6,37465	3,187325	5,814928	7,124483	7,782011
2,402348					0,459371					0,846876	0,53179	32,12647	0,026589	0,300294			8,783118	5,03779	7,194709	3,597355	6,872589	8,006066	8,783118
2,702642					0,577335					0,807555	0,589792	36,14228	0,02949	0,300294			9,741097	5,587263	7,979439	3,98972	7,928131	8,796941	9,741097
3,002935					0,707196					0,764268	0,644899	40,15809	0,032245	0,300294			10,65124	6,109301	8,724986	4,362493	8,960847	9,481594	10,65124
3,303229					0,848316					0,717228	0,696838	44,1739	0,034842	0,300294			11,50908	6,601339	9,427689	4,713845	9,950479	10,04659	11,50908
3,603522					1,000001					0,666666	0,745356	48,18971	0,037268	0,300294			12,31041	7,060962	10,0841	5,042049	10,87761	10,48085	12,31041
4,0625					1,25055					0,58315	0,812365	54,3276	0,040618	0,300294			13,41713	7,695749	10,99067	5,495334	12,13303	10,87342	
4,375					1,432801					0,5224	0,852701	58,50665	0,042635	0,300294			14,08333	8,077865	11,53639	5,768193	12,85039	10,94515	
4,6875					1,623386					0,458871	0,888503	62,68569	0,044425	0,300294			14,67464	8,417026	12,02076	6,010379	13,43847	10,85622	
5					1,821291					0,392903	0,91958	66,86474	0,045979	0,300294			15,18791	8,711428	12,44121	6,220605	13,88478	10,60853	
5,3125					2,025463					0,324846	0,945767	71,04378	0,047288	0,300294			15,62042	8,959507	12,7955	6,397751	14,17985	10,20734	
5,625					2,234819					0,25506	0,966925	75,22283	0,048346	0,300294			15,96987	9,159943	13,08175	6,540877	14,3174	9,661177	
5,9375					2,448243					0,183919	0,982941	79,40188	0,049147	0,300294			16,2344	9,311669	13,29844	6,649221	14,29451	8,981633	
6,25					2,664601					0,1118	0,993731	83,58092	0,049687	0,300294			16,4126	9,41388	13,44441	6,722207	14,11167	8,183147	
6,5625					2,882742					0,039086	0,999236	87,75997	0,049962	0,300294			16,50352	9,466031	13,51889	6,759447	13,77276	7,28268	
6,875					3,101507					-0,03384	0,999427	91,93901	0,049971	0,300294			16,50669	9,467846	13,52149	6,760743	13,28499	6,299362	
7,1875					3,319733					-0,10658	0,994304	96,11806	0,049715	0,300294			16,42207	9,419314	13,45217	6,726087	12,65871	5,254079	
7,5					3,536258					-0,17875	0,983894	100,2971	0,049195	0,300294			16,25013	9,320694	13,31133	6,655665	11,90722	4,169036	
7,8125					3,749931					-0,24998	0,968252	104,4762	0,048413	0,300294			15,99178	9,172511	13,0997	6,549851	11,0465	3,06728	
8,125					3,959617					-0,31987	0,947461	108,6552	0,047373	0,300294			15,6484	8,975551	12,81842	6,409208	10,09482	1,972217	
8,4375					4,1642					-0,38807	0,921631	112,8342	0,046082	0,300294			15,2218	8,730863	12,46896	6,234482	9,072395	0,907107	
8,75					4,362592					-0,4542	0,890901	117,0133	0,044545	0,300294			14,71425	8,439748	12,05321	6,026604	8,000951	-0,10542	
9,0625					4,553738					-0,51791	0,855434	121,1923	0,042772	0,300294			14,12846	8,103753	11,57336	5,786679	6,903245	-1,04387	
9,375					4,736622					-0,57887	0,815417	125,3714	0,040771	0,300294			13,46754	7,724666	11,03197	5,515983	5,802594	-1,88829	
9,6875					4,910271					-0,63676	0,771064	129,5504	0,038553	0,300294			12,73501	7,304502	10,43191	5,215955	4,722378	-2,62076	
10					5,073763					-0,69125	0,722612	133,7295	0,036131	0,300294			11,93476	6,845495	9,77638	4,88819	3,685544	-3,2257	
																	84,67145	48,56555	69,35879	34,6794			

0	0	0	0	0	0	0
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	84,67145
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	83,5148
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	81,20717
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	77,7599
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	73,18991
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	67,51965
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	60,77696
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	52,99495
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	56,52224
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	58,29023
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	58,29023
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	56,52224
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	52,99495
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	60,77696
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	67,51965
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	73,18991
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	77,7599
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	81,20717
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	0
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	0
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	0
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	1,156654
84,67145	48,56555	69,35879	34,6794	65,5	75,41957	2,307628
92,37494	52,98409	75,66912	37,83456	69,08934	81,93537	3,447271
107,7441	61,79947	88,25879	44,1294	77,08146	95,28106	4,569986
130,7034	74,96841	107,066	53,53299	90,2034	115,6368	5,67026
161,1402	92,42624	131,9983	65,99917	109,0816	143,0451	6,74269
198,905	114,0872	162,9334	81,46672	134,2296	177,4102	7,782011
243,8123	139,845	199,7194	99,85969	166,0378	218,4999	8,783118
295,6417	169,5731	242,1755	121,0878	204,7661	265,95	9,741097
410,6517	235,5401	336,3862	168,1931	301,3046	365,9319	10,65124
524,1749	300,6544	429,379	214,6895	398,8877	461,5539	11,50908
599,7817	344,0207	491,3124	245,6562	463,4491	524,7179	12,31041
680,5626	390,3547	557,4842	278,7421	533,6479	590,5109	0
503,4078	193,5988	276,4877	138,2438	261,4611	300,7	0
0	0	0	0	0	0	0

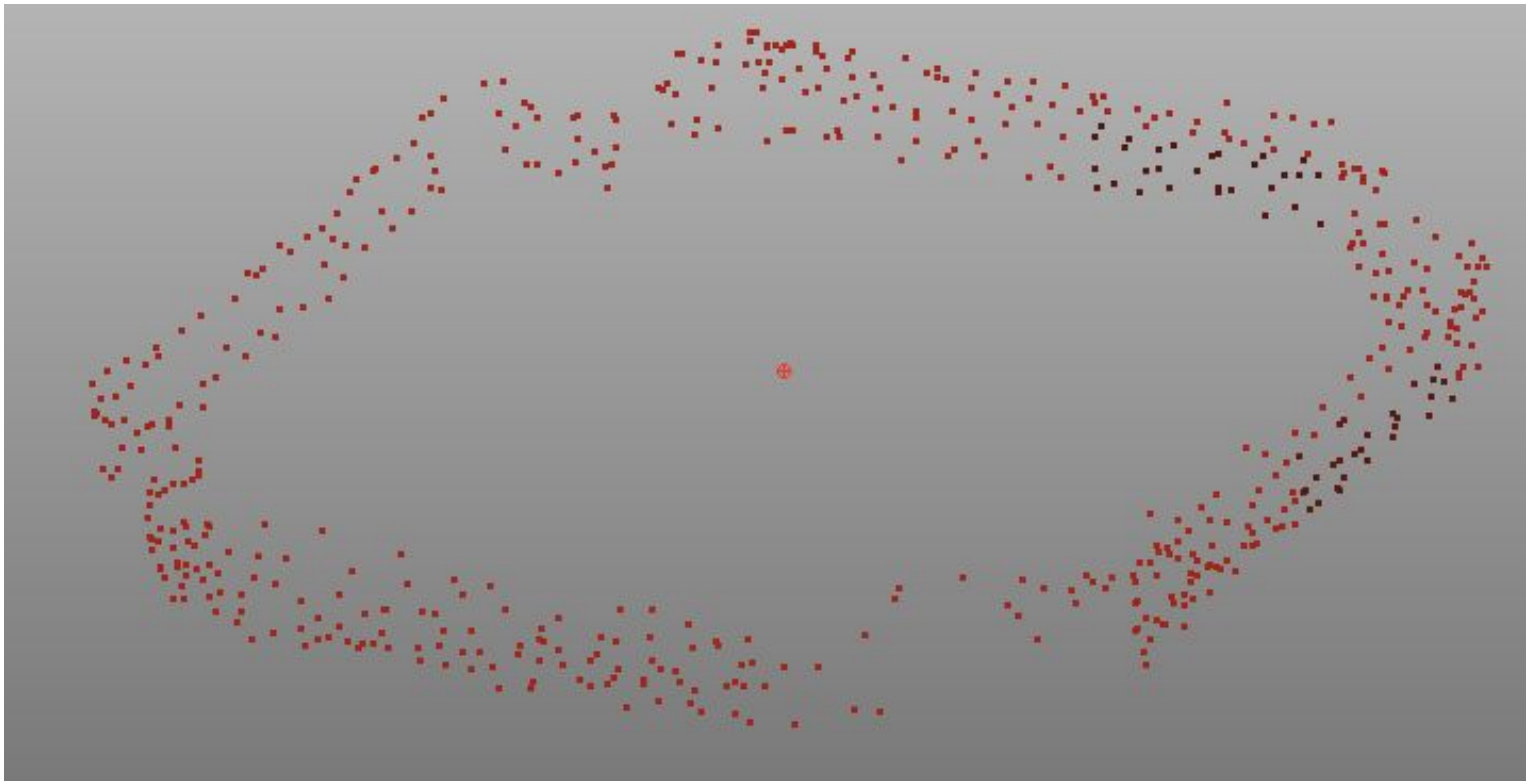


Delcam

Complete CADCAM Solutions

PowerSHAPE

PowerMILL

PowerINSPECT

cimcore