
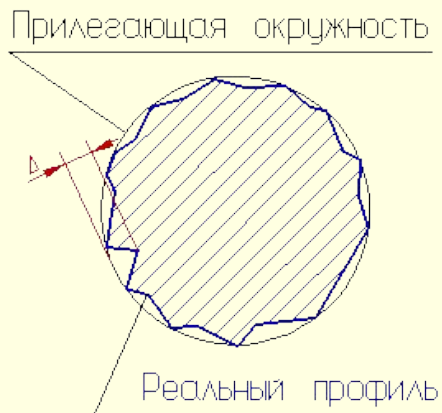


Обработка результатов
измерения отклонений от
круглости



Отклонение от круглости

ГОСТ 24642



Отклонение от круглости - наибольшее расстояние Δ от точек реального профиля до прилегающей окружности.

Допуск круглости - наибольшее допускаемое значение отклонения от круглости.

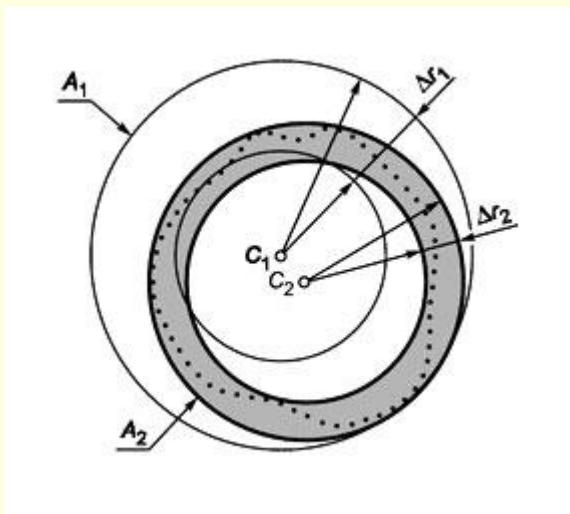
Частными видами отклонений от круглости являются овальность и огранка.

Овальность — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой овалообразную фигуру, наибольший и наименьший диаметры которой находятся во взаимноперпендикулярных направлениях.

Огранка — отклонение от круглости, при котором реальный профиль представляет собой многогранную фигуру. Огранка подразделяется по числу граней.

Отклонение от круглости

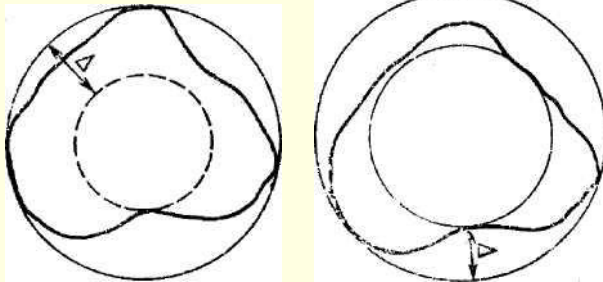
ГОСТ Р 53442



Поле допуска в рассматриваемом поперечном сечении ограничено двумя концентрическими окружностями, разность радиусов которых равна числовому значению допуска t .

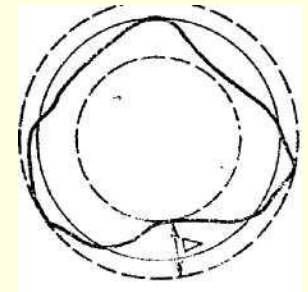
Считается, что круглость отдельного элемента, для которого устанавливается допуск, определена корректно, если элемент располагается между двумя концентрическими окружностями, разность радиусов которых не более значения установленного допуска. Положение центров этих окружностей и значения их радиусов должны выбираться так, чтобы разность радиусов двух концентрических окружностей равнялась возможному наименьшему значению.

Базы для отсчета отклонений от круглости

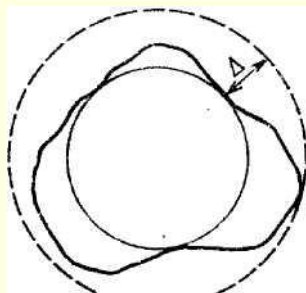


Внутренней прилегающей называется окружность наибольшего возможного диаметра, вписанная в реальный профиль.

Наружной прилегающей окружностью называется окружность наименьшего возможного диаметра, описанная вокруг реального профиля.

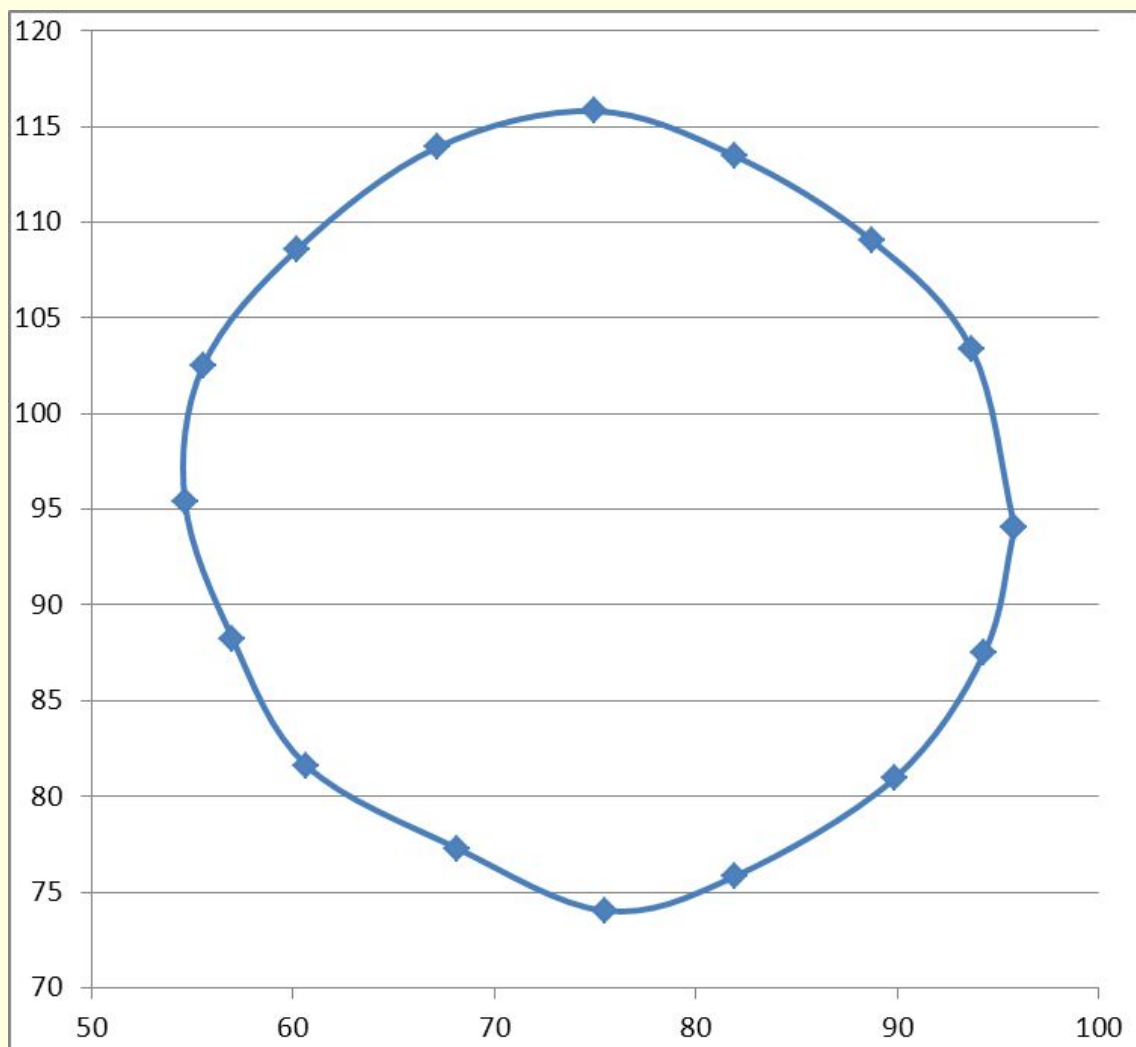


Средней окружностью называется окружность, проведенная относительно кривой профиля или круглограммы таким образом, что сумма квадратов расстояний от этой окружности до кривой является минимальной.



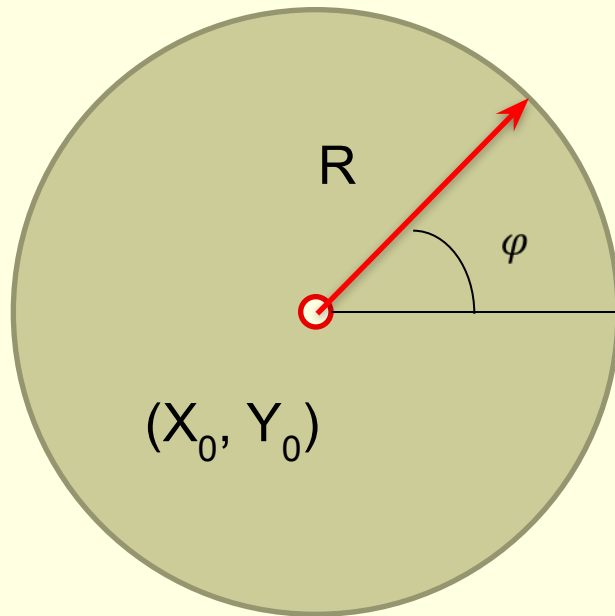
Кольцевой зоной наименьшей ширины называется зона, образованная двумя concentric окружностями, охватывающими кривую профиля извне и изнутри, причем центр этих окружностей расположен таким образом, что радиальное расстояние между ними минимально.

Построение профиля



x	y
95,831	94,051
93,691	103,366
88,757	109,033
81,916	113,479
74,959	115,811
67,167	113,916
60,244	108,611
55,550	102,505
54,644	95,402
57,029	88,200
60,691	81,611
68,166	77,288
75,502	74,036
81,916	75,821
89,862	80,947
94,306	87,479
95,831	94,051

Уравнение окружности



$$(X - X_0)^2 + (Y - Y_0)^2 = R^2$$

Определение координаты точки на окружности:

$$X = X_0 + R \cdot \cos \varphi$$

$$Y = Y_0 + R \cdot \sin \varphi$$

Расчетный метод определения прилегающей окружности

B	C	D	E	F	G	H
			Rп	20,890		
			X0п	75,015		
			Y0п	94,921		
x	y	фи	Xп	Yп	Rп	Откл
95,831	94,051	0,000	95,905	94,921	20,834	0,056
93,691	103,366	0,393	94,315	102,915	20,497	0,393
88,757	109,033	0,785	89,786	109,692	19,698	1,192
81,916	113,479	1,178	83,009	114,221	19,800	1,090
74,959	115,811	1,571	75,015	115,811	20,890	0,000
67,167	113,916	1,963	67,020	114,221	20,553	0,337
60,244	108,611	2,356	60,243	109,692	20,140	0,751
55,550	102,505	2,749	55,715	102,915	20,890	0,000
54,644	95,402	3,142	54,125	94,921	20,377	0,513
57,029	88,200	3,534	55,715	86,926	19,201	1,689
60,691	81,611	3,927	60,243	80,149	19,553	1,337
68,166	77,288	4,320	67,020	75,621	18,916	1,974
75,502	74,036	4,712	75,015	74,031	20,890	0,000
81,916	75,821	5,105	83,009	75,621	20,308	0,582
89,862	80,947	5,498	89,786	80,149	20,389	0,501
94,306	87,479	5,890	94,315	86,926	20,677	0,213
95,831	94,051	6,283	95,905	94,921	Откл	1,974

Строится таблица.

X,Y – координаты точек профиля
 Фи – значения вспомогательного угла для построения окружности (начальное значение 0, каждое следующее определяется по формуле:

$$=D5+ПИ()/8$$

Xп, Yп – координаты точек прилегающей окружности.

Определяются по формулам:

$$=F\$2+F\$1*\text{COS}(A5)$$

$$=F\$3+F\$1*\text{SIN}(A5)$$

Rп – расстояние от точки профиля до центра прилегающей окружности. Определяется по формуле:

$$=\text{КОРЕНЬ}((B5-F\$2)^2+(C5-F\$3)^2)$$

Расчетный метод определения прилегающей окружности

B	C	D	E	F	G	H
			Rп	20,890		
			X0п	75,015		
			Y0п	94,921		
x	y	фи	Xп	Yп	Rп	Откл
95,831	94,051	0,000	95,905	94,921	20,834	0,056
93,691	103,366	0,393	94,315	102,915	20,497	0,393
88,757	109,033	0,785	89,786	109,692	19,698	1,192
81,916	113,479	1,178	83,009	114,221	19,800	1,090
74,959	115,811	1,571	75,015	115,811	20,890	0,000
67,167	113,916	1,963	67,020	114,221	20,553	0,337
60,244	108,611	2,356	60,243	109,692	20,140	0,751
55,550	102,505	2,749	55,715	102,915	20,890	0,000
54,644	95,402	3,142	54,125	94,921	20,377	0,513
57,029	88,200	3,534	55,715	86,926	19,201	1,689
60,691	81,611	3,927	60,243	80,149	19,553	1,337
68,166	77,288	4,320	67,020	75,621	18,916	1,974
75,502	74,036	4,712	75,015	74,031	20,890	0,000
81,916	75,821	5,105	83,009	75,621	20,308	0,582
89,862	80,947	5,498	89,786	80,149	20,389	0,501
94,306	87,479	5,890	94,315	86,926	20,677	0,213
95,831	94,051	6,283	95,905	94,921	Откл	1,974

Откл – расстояние от прилегающей окружности до точек профиля.
 Определяется по формуле:


$$= \$F\$1 - G5$$

Rп, X0п, Y0п – коэффициенты, определяющие уравнение прилегающей окружности.
 Начальные значения: для Rп – номинальное значение радиуса, для X0п, Y0п – начальное приближение координат центра (среднее арифметическое всех координат x и Y соответственно).

Отклонение от круглости определяется, как наибольшее из отклонений.

Расчетный метод определения прилегающей окружности


Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Равной: максимальному значению значению:

минимальному значению

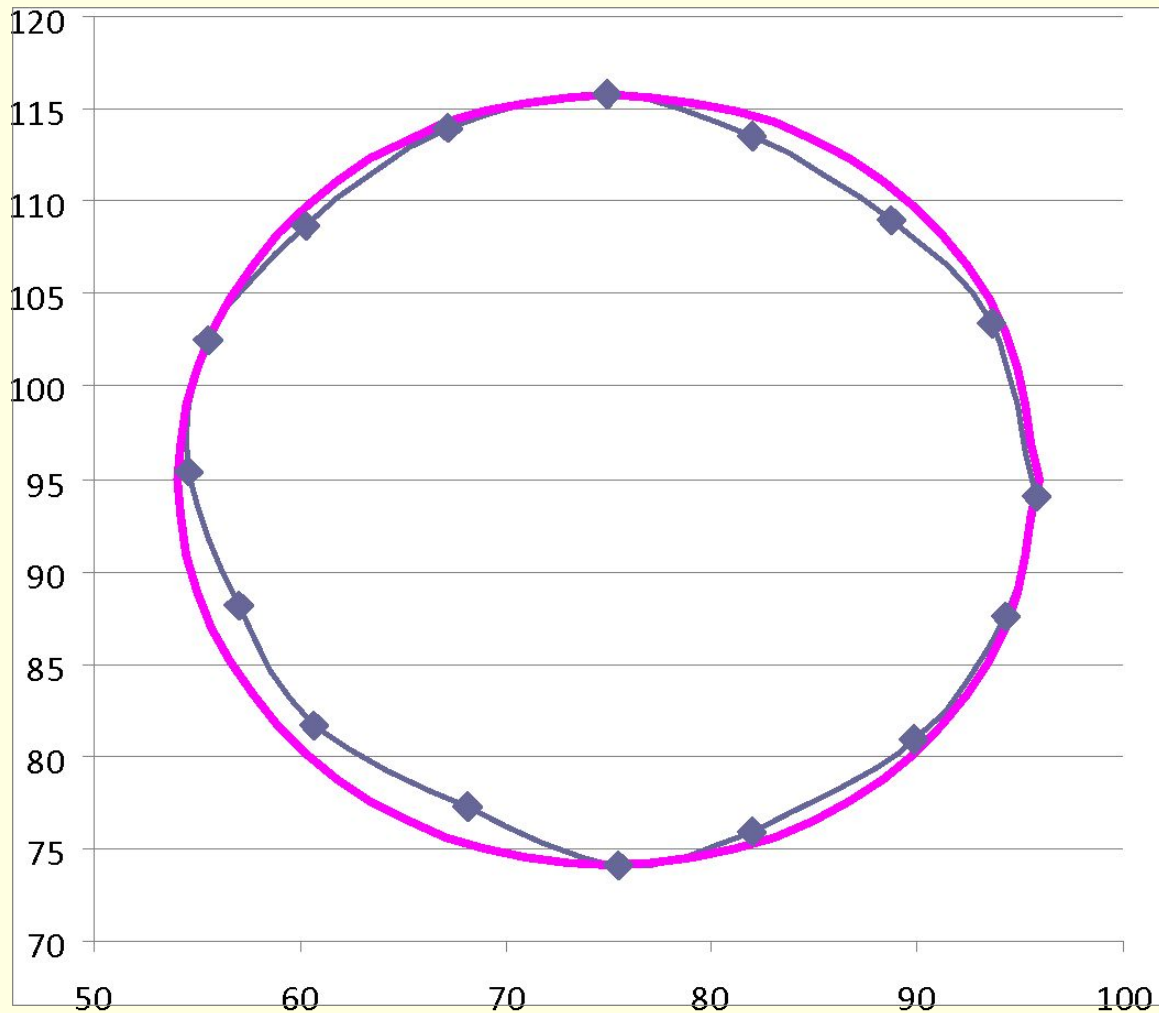
Изменяя ячейки:



Ограничения:

Определяются коэффициенты R_p , X_{0p} , Y_{0p} прилегающей окружности, такие что радиус описанной окружности должен быть наименьшим. При этом окружность является касательной, поэтому все расстояния должны быть положительными.

Расчетный метод определения прилегающей окружности



Расчетный метод определения средней окружности

В	С	І	Ј	К	Л	М	N
			Rcp	20,228			
			X0cp	75,265			
			Y0cp	95,106			
x	y	фи	Xcp	Ycp	Rcp	Откл	Откл2
95,831	94,051	0,000	95,493	95,106	20,593	-0,365	0,133
93,691	103,366	0,393	93,953	102,847	20,193	0,035	0,001
88,757	109,033	0,785	89,568	109,409	19,391	0,837	0,701
81,916	113,479	1,178	83,006	113,794	19,540	0,688	0,473
74,959	115,811	1,571	75,265	115,334	20,707	-0,479	0,230
67,167	113,916	1,963	67,524	113,794	20,480	-0,252	0,063
60,244	108,611	2,356	60,962	109,409	20,200	0,028	0,001
55,550	102,505	2,749	56,577	102,847	21,058	-0,830	0,689
54,644	95,402	3,142	55,037	95,106	20,624	-0,396	0,157
57,029	88,200	3,534	56,577	87,365	19,500	0,727	0,529
60,691	81,611	3,927	60,962	80,803	19,863	0,365	0,133
68,166	77,288	4,320	67,524	76,418	19,180	1,048	1,098
75,502	74,036	4,712	75,265	74,878	21,071	-0,843	0,711
81,916	75,821	5,105	83,006	76,418	20,400	-0,172	0,030
89,862	80,947	5,498	89,568	80,803	20,336	-0,108	0,012
94,306	87,479	5,890	93,953	87,365	20,512	-0,284	0,081
95,831	94,051	6,283	95,493	95,106	Макс	1,048	5,042
					Мин	-0,843	
					Откл	1,891	

Строится таблица.

X,Y – координаты точек профиля
 Фи – значения вспомогательного угла для построения окружности (начальное значение 0, каждое следующее определяется по формуле:

$$=I5+ПИ()/8$$

Xcp, Ycp – координаты точек средней окружности.

Определяются по формулам:

$$=\$K\$2+\$K\$1*\text{COS}(I5)$$

$$=\$K\$3+\$K\$1*\text{SIN}(I5)$$

Rcp – расстояние от точки профиля до центра средней окружности.

Определяется по формуле:

$$=\text{КОРЕНЬ}((B5-\$K\$2)^2+(C5-\$K\$3)^2)$$

Расчетный метод определения средней окружности

B	C	I	J	K	L	M	N
			Rcp	20,228			
			X0cp	75,265			
			Y0cp	95,106			
x	y	фи	Xcp	Ycp	Rcp	Откл	Откл2
95,831	94,051	0,000	95,493	95,106	20,593	-0,365	0,133
93,691	103,366	0,393	93,953	102,847	20,193	0,035	0,001
88,757	109,033	0,785	89,568	109,409	19,391	0,837	0,701
81,916	113,479	1,178	83,006	113,794	19,540	0,688	0,473
74,959	115,811	1,571	75,265	115,334	20,707	-0,479	0,230
67,167	113,916	1,963	67,524	113,794	20,480	-0,252	0,063
60,244	108,611	2,356	60,962	109,409	20,200	0,028	0,001
55,550	102,505	2,749	56,577	102,847	21,058	-0,830	0,689
54,644	95,402	3,142	55,037	95,106	20,624	-0,396	0,157
57,029	88,200	3,534	56,577	87,365	19,500	0,727	0,529
60,691	81,611	3,927	60,962	80,803	19,863	0,365	0,133
68,166	77,288	4,320	67,524	76,418	19,180	1,048	1,098
75,502	74,036	4,712	75,265	74,878	21,071	-0,843	0,711
81,916	75,821	5,105	83,006	76,418	20,400	-0,172	0,030
89,862	80,947	5,498	89,568	80,803	20,336	-0,108	0,012
94,306	87,479	5,890	93,953	87,365	20,512	-0,284	0,081
95,831	94,051	6,283	95,493	95,106	Макс	1,048	5,042
					Мин	-0,843	
					Откл	1,891	

Откл – расстояние от средней окружности до точек профиля. Определяется по формуле:

$$=\$K\$1-L5$$

Откл2 – квадрат расстояний от средней окружности до точек профиля.

Определяется по формуле:

$$=M5^2$$

Rcp, X0cp, Y0cp – коэффициенты, определяющие уравнение средней окружности. Начальные значения: для Rcp – номинальное значение радиуса, для X0cp, Y0cp – начальное приближение координат центра (среднее арифметическое всех координат x и Y соответственно).


Расчетный метод определения средней окружности

B	C	I	J	K	L	M	N
			Rcp	20,228			
			X0cp	75,265			
			Y0cp	95,106			
x	y	фи	Xcp	Ycp	Rcp	Откл	Откл2
95,831	94,051	0,000	95,493	95,106	20,593	-0,365	0,133
93,691	103,366	0,393	93,953	102,847	20,193	0,035	0,001
88,757	109,033	0,785	89,568	109,409	19,391	0,837	0,701
81,916	113,479	1,178	83,006	113,794	19,540	0,688	0,473
74,959	115,811	1,571	75,265	115,334	20,707	-0,479	0,230
67,167	113,916	1,963	67,524	113,794	20,480	-0,252	0,063
60,244	108,611	2,356	60,962	109,409	20,200	0,028	0,001
55,550	102,505	2,749	56,577	102,847	21,058	-0,830	0,689
54,644	95,402	3,142	55,037	95,106	20,624	-0,396	0,157
57,029	88,200	3,534	56,577	87,365	19,500	0,727	0,529
60,691	81,611	3,927	60,962	80,803	19,863	0,365	0,133
68,166	77,288	4,320	67,524	76,418	19,180	1,048	1,098
75,502	74,036	4,712	75,265	74,878	21,071	-0,843	0,711
81,916	75,821	5,105	83,006	76,418	20,400	-0,172	0,030
89,862	80,947	5,498	89,568	80,803	20,336	-0,108	0,012
94,306	87,479	5,890	93,953	87,365	20,512	-0,284	0,081
95,831	94,051	6,283	95,493	95,106	Макс	1,048	5,042
					Мин	-0,843	
					Откл	1,891	

Отклонение от круглости определяется, как разность между наибольшим и наименьшим отклонениями.

Расчетный метод определения средней окружности


Поиск решения

Установить целевую ячейку: 

Равной: максимальному значению значению:

минимальному значению

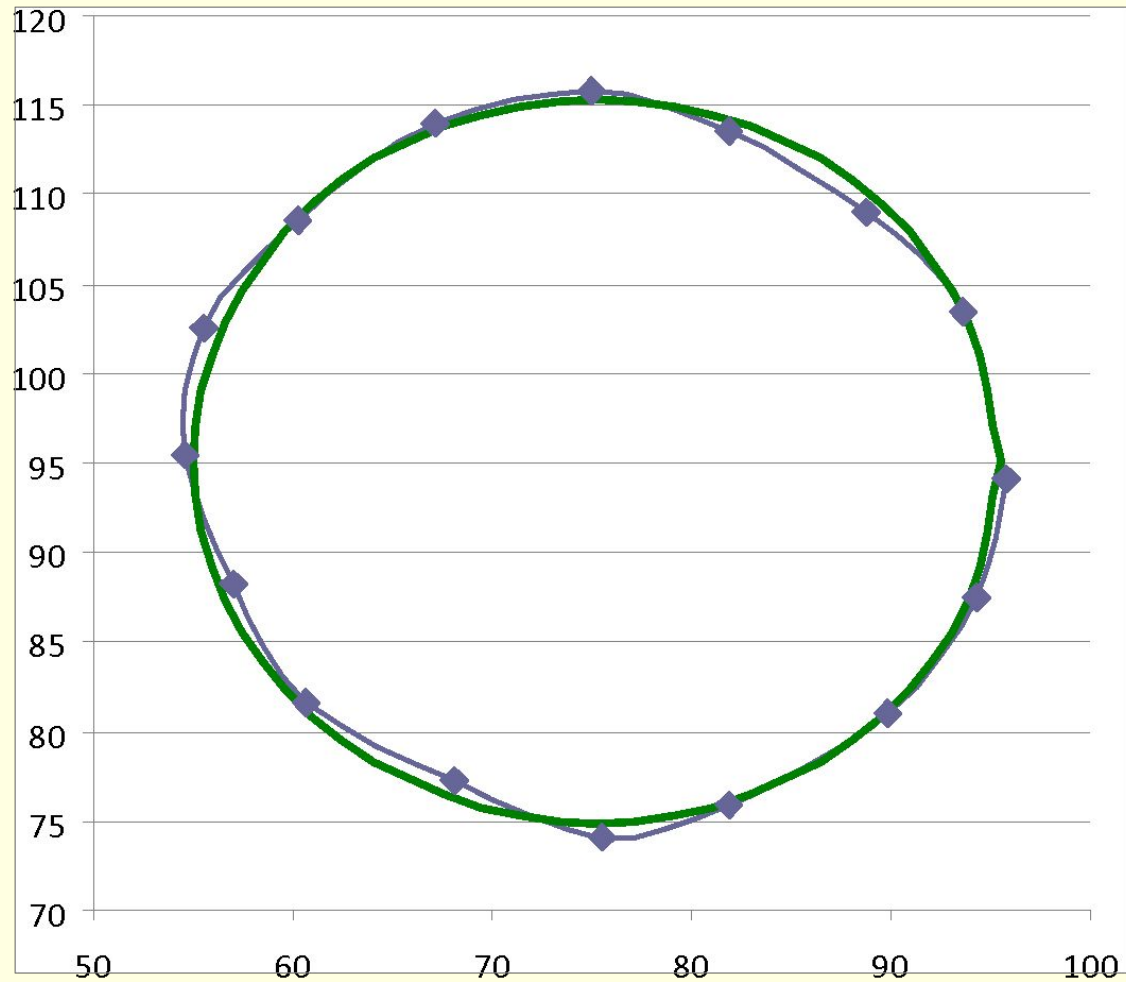
Изменяя ячейки:



Ограничения:

Определяются коэффициенты R_{cp} , X_{0cp} , Y_{0cp} прилегающей окружности, такие что сумма квадратов отклонений от средней окружности должен быть наименьшим. При этом окружность не является касательной и может пересекать профиль. Поэтому дополнительные ограничения не вводятся.

Расчетный метод определения средней окружности



Расчетный метод определения окружности минимальной зоны

B	C	O	P	Q	R	S
			Rм	21,132		
			X0м	75,367		
			Y0м	95,168		
x	y	фи	Xм	Yм	Rм	Откл
95,831	94,051	0,000	96,499	95,168	20,494	0,638
93,691	103,366	0,393	94,890	103,254	20,074	1,057
88,757	109,033	0,785	90,310	110,110	19,275	1,857
81,916	113,479	1,178	83,454	114,691	19,447	1,685
74,959	115,811	1,571	75,367	116,299	20,647	0,485
67,167	113,916	1,963	67,280	114,691	20,463	0,668
60,244	108,611	2,356	60,425	110,110	20,234	0,897
55,550	102,505	2,749	55,844	103,254	21,132	0,000
54,644	95,402	3,142	54,235	95,168	20,725	0,407
57,029	88,200	3,534	55,844	87,081	19,618	1,514
60,691	81,611	3,927	60,425	80,225	19,980	1,152
68,166	77,288	4,320	67,280	75,644	19,275	1,857
75,502	74,036	4,712	75,367	74,036	21,132	0,000
81,916	75,821	5,105	83,454	75,644	20,425	0,707
89,862	80,947	5,498	90,310	80,225	20,306	0,826
94,306	87,479	5,890	94,890	87,081	20,440	0,692
95,831	94,051	6,283	96,499	95,168	Откл	1,857

Строится таблица.

X,Y – координаты точек профиля
 Фи – значения вспомогательного угла для построения окружности (начальное значение 0, каждое следующее определяется по формуле:

$$=O5+ПИ()/8$$

Xм, Yм – координаты точек окружности минимальной зоны. Определяются по формулам:

$$=\$Q\$2+\$Q\$1*\text{COS}(O5)$$

$$=\$Q\$3+\$Q\$1*\text{SIN}(O5)$$

Rм – расстояние от точки профиля до центра окружности минимальной зоны.

Определяется по формуле:

$$=\text{КОРЕНЬ}((B5-\$Q\$2)^2+(C5-\$Q\$3)^2)$$

Расчетный метод определения окружности минимальной зоны

B	C	O	P	Q	R	S
			R _m	21,132		
			X _{0m}	75,367		
			Y _{0m}	95,168		
x	y	фи	X _m	Y _m	R _m	Откл
95,831	94,051	0,000	96,499	95,168	20,494	0,638
93,691	103,366	0,393	94,890	103,254	20,074	1,057
88,757	109,033	0,785	90,310	110,110	19,275	1,857
81,916	113,479	1,178	83,454	114,691	19,447	1,685
74,959	115,811	1,571	75,367	116,299	20,647	0,485
67,167	113,916	1,963	67,280	114,691	20,463	0,668
60,244	108,611	2,356	60,425	110,110	20,234	0,897
55,550	102,505	2,749	55,844	103,254	21,132	0,000
54,644	95,402	3,142	54,235	95,168	20,725	0,407
57,029	88,200	3,534	55,844	87,081	19,618	1,514
60,691	81,611	3,927	60,425	80,225	19,980	1,152
68,166	77,288	4,320	67,280	75,644	19,275	1,857
75,502	74,036	4,712	75,367	74,036	21,132	0,000
81,916	75,821	5,105	83,454	75,644	20,425	0,707
89,862	80,947	5,498	90,310	80,225	20,306	0,826
94,306	87,479	5,890	94,890	87,081	20,440	0,692
95,831	94,051	6,283	96,499	95,168	Откл	1,857

Откл – расстояние от окружности минимальной зоны до точек профиля.

Определяется по формуле:

$$=SQ1-R5$$

R_m, X_{0m}, Y_{0m} – коэффициенты, определяющие уравнение окружности минимальной зоны. Начальные значения: для R_m – номинальное значение радиуса, для X_{0m}, Y_{0m} – начальное приближение координат центра (среднее арифметическое всех координат x и Y соответственно).

Отклонение от круглости определяется, как наибольшее из отклонений.

Расчетный метод определения окружности минимальной зоны

Поиск решения

Установить целевую ячейку:

Равной: максимальному значению значению:

минимальному значению

Изменяя ячейки:

Ограничения:

Выполнить

Закреть

Параметры

Добавить

Изменить

Удалить

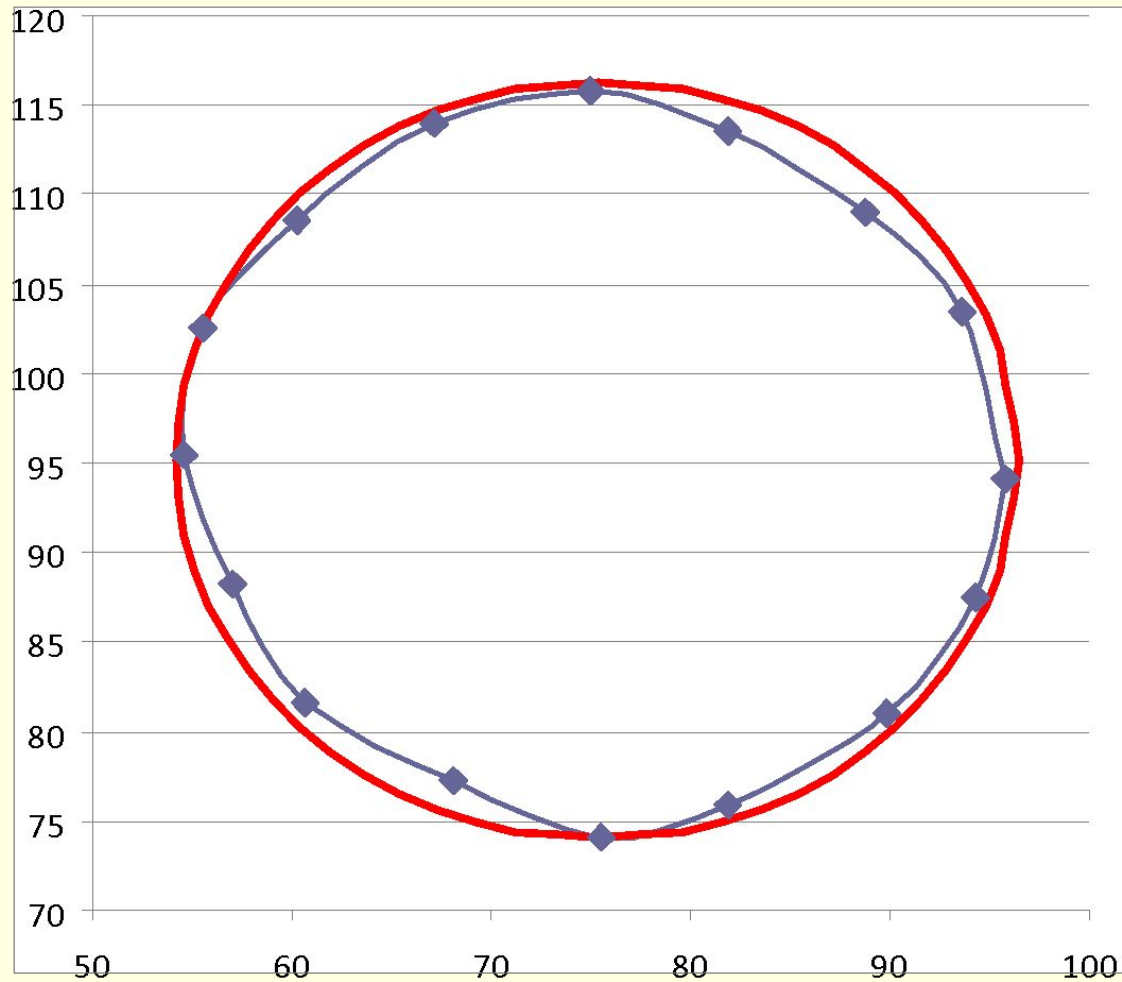
Восстановить

Справка

Определяются коэффициенты R_m , X_{0m} , Y_{0m} окружности минимальной зоны, такие что наибольшее из расстояний от окружности минимальной зоны до точек профиля должно быть наименьшим.

При этом окружность является касательной, поэтому все расстояния должны быть положительными.

Расчетный метод определения окружности минимальной зоны



Сравнение результатов

База для отсчета	Отклонение от круглости, мкм
Прилегающая окружность	1,974
Средняя окружность	1,891
Окружность минимальной зоны	1,857