

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное агентство по образованию

Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
"Оренбургский государственный университет"

Индустринльно-педагогический колледж
Отделение автоматизации информационных и технологических процессов

А.В. Зобин

РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОПОРНЫХ ТОЧЕК КОНТУРА ДЕТАЛИ

Методические указания
к практической работе

Рекомендовано к изданию Редакционно–издательским советом
Государственного образовательного учреждения
высшего профессионального образования
"Оренбургский государственный университет"

Оренбург
ИПК ГОУ ОГУ
2010

УДК 621.9(07)

ББК 34.6я7

3-78

Рецензент – доцент, кандидат технических наук Н.Ю. Глинская

- 3-78 **Зобин, А.В.**
Расчет координат опорных точек контура детали: методические указания к практической работе / А.В. Зобин; Оренбургский гос. ун-т. - Оренбург: ОГУ, 2010. - 20 с.

Основное содержание: система координат детали; виды опорных точек контура детали; решение типовых задач; расчет координат опорных точек.

Методические указания по дисциплине “ Программирование для автоматизированного оборудования“ предназначены для студентов, обучающихся в колледжах по специальности 220301 - Автоматизация технологических процессов и производств (по отраслям) очной формы обучения.

УДК 621.9(07)

ББК 34.6я7

© Зобин А.В., 2010

© ГОУ ОГУ, 2010

Содержание

Введение	4
1 Общие положения	5
1.1 Система координат детали.....	5
1.2 Виды опорных точек контура детали.....	6
1.3 Расчет опорных точек контура детали	8
1.4 Решение типовых задач	9
2 Расчет координат опорных точек контура детали	17
2.1 Цель работы.....	17
2.2 Порядок выполнения практической работы	17
2.3 Содержание отчета	17
Список использованных источников	18
Приложение А Задание на выполнение работы	19
Приложение Б Пример выполнения работы	20

Введение

Рост выпуска продукции машиностроения и металлообработки будет осуществляться преимущественно за счет интенсификации производства на основе широкого использования достижений науки и техники, применения прогрессивных новейших технологий. Повышение эффективности общественного производства возможно только путем его автоматизации и механизации, оснащения высокопроизводительными станками с числовым программным управлением (ЧПУ) и промышленными роботами (ПР).

На машиностроительных заводах работают десятки тысяч станков с ЧПУ. На их основе создаются производственные системы и участки, управляемые от ЭВМ. Жизнь требует перехода от автономно работающих станков с ЧПУ к роботизированным технологическим комплексам, гибким производственным системам и гибким автоматизированным производствам, работающим по принципу «безлюдной технологии».

Как показала практика, изделия единичного, мелко- и среднесерийного производства наиболее эффективно изготавливаются на станках с ЧПУ.

Что заставляет использовать станки с ЧПУ:

- 1) выигрыш во времени в 2,5 – 4 раза по отношению к универсальному станку – за счет автоматического цикла обработки;
- 2) укрупнение операций – обработка на программном станке сводит несколько операций в одну, убирает время установок и транспортировок;
- 3) качество деталей - зависит в основном от разработки программ, а их делают люди со специальной подготовкой и, как минимум, со средним специальным образованием;
- 4) возможность (обязательность) многостаночного обслуживания рабочими с низкой квалификацией;
- 5) сокращение цикла подготовки новых изделий (все зависит от быстроты изготовления программы);
- 6) меньше занимает производственных площадей (цехов).

1 Общие положения

1.1 Система координат детали

Наиболее трудоемким этапом подготовки УП является расчет траектории инструмента и скоростей движения рабочих органов станка, реализующих эту траекторию. Расчет УП ведется на основании попереходной технологии.

В процессе подготовки УП для станков с ЧПУ деталь рассматривается в системе СПИД (станок—приспособление—инструмент-деталь). Заготовка устанавливается на станке с помощью приспособления, которое фиксирует положение будущей детали относительно начального положения рабочих органов станка, определяющих и положение режущего инструмента.

Траектория инструмента строится относительно контура детали, а затем преобразуется в движение соответствующих рабочих органов станка. Для этого используются системы координат детали, станка и инструмента.

Система координат детали служит для пересчета размеров, заданных на чертеже детали, в координаты опорных точек ее контура.

Опорными здесь названы точки начала, конца, пересечения или касания геометрических элементов, из которых образованы линии контура детали и траектории инструмента.

В качестве системы координат детали преимущественно принимается правая прямоугольная система (смотри рисунок 1).

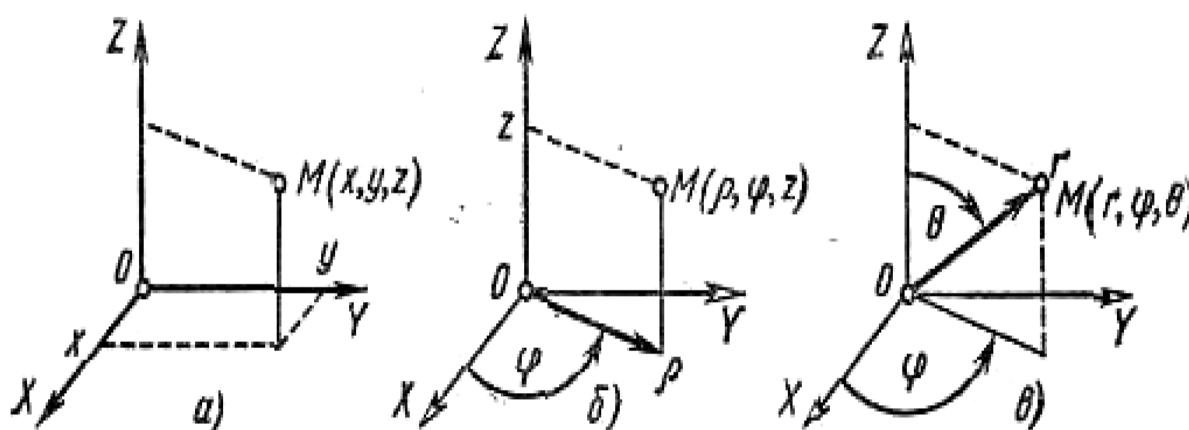


Рисунок 1 – Системы координат

Расстояния x, y, z от точки до трех взаимно перпендикулярных координатных плоскостей, взятые с определенным знаком, являются соответственно абсциссой, ординатой и аппликатой этой точки в данной системе координат. Реже применяют цилиндрическую и сферическую системы координат. В цилиндрической системе (рисунок 1, б) координатами точки являются радиус-вектор ρ , центральный угол проекции точки на основную плоскость φ и аппликата z . В сферической системе координат (рисунок 1, в) точка задается радиус-вектором r , долготой φ и полярным углом θ .

При выборе системы координат детали желательно для упрощения вычислений координатные плоскости совместить с поверхностями технологических баз или расположить их параллельно; координатные оси совместить с размерными линиями, относительно которых проставлено наибольшее число размеров, или с осями симметрии; начало системы координат расположить так, чтобы все или большинство точек контура детали имели положительное значение координат; направление координатных осей выбрать таким же, как и в системе координат станка.

1.2 Виды опорных точек контура детали

При программировании решающее значение имеет сбор и систематизация исходной информации, на основании которой будет составлена УП.

Определение опорных точек контура детали начинают с анализа чертежа, недостаток или избыток размеров на котором следует устранить. Критерием такого анализа может служить возможность построения всех элементов контура по заданным на чертеже размерам.

Технолог должен рассчитать координаты опорных точек контура обрабатываемой поверхности, так как движение рабочего органа станка обеспечивается интерполятором. Интерполятор — вычислительное устройство, преобразующее запись на программноносителе в командные импульсы для двигателей подачи станка. Интерполятор не обеспечивает непрерывную

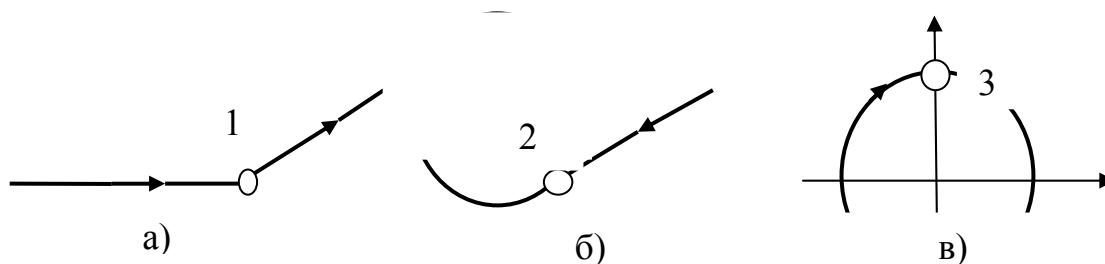
функциональную связь между движениями по осям координат, а только обеспечивает перемещения инструмента по прямой, дуге окружности или параболе, включая попеременно подачу то по одной, то по другой координате, непрерывно оценивая отклонения от заданной кривой и стремясь свести эти отклонения к минимуму. Интерполяторы бывают трех типов: линейные, линейно-круговые, обеспечивающие перемещение рабочего органа между двумя опорными точками как по прямой, так и по дуге окружности, и линейнопараболические.

На перфоленте обрабатываемый контур может быть задан только дискретно, т.е. координатами отдельных его точек, которые получили название опорных точек контура. Траектория движения между соседними точками контура определяется видом интерполяции.

Численные значения координат опорных точек траектории движения режущих инструментов относительно детали составляют геометрическую информацию, необходимую для программирования движения рабочих органов станка. Расчет этих значений ведется в соответствии со схемой движения инструментов. Для расчета координат опорных точек технолог должен иметь информацию о способе отсчета перемещения инструмента на конкретном станке и представлять, каким образом происходит формирование обрабатываемой поверхности детали.

Опорные точки траектории инструмента можно определять, непосредственно используя размеры на чертеже, не рассчитывая опорные точки контура детали. Если программируют обработку сложного профиля или многопроходную контурную обработку, то удобно вычислять координаты опорных точек траектории инструмента как приращение координат опорных точек контура детали. Если учесть, что при известных опорных точках контура детали упрощается контроль и отладка УП, то целесообразность предварительного определения опорных точек контура очевидна.

Геометрическими элементами контура детали чаще всего являются отрезки прямых, дуг окружностей, другие кривые. Различные геометрические элементы соединяются в точках пересечения или касания. Точки соединения называют опорными точками (смотри рисунок 2).



а – смена направления движения; б – смена характера движения; в – смена четверти

Рисунок 2 – Виды опорных точек

Опорными точками считаются также точки перехода дуги из одного квадранта в другой.

1.3 Расчет опорных точек контура детали

Определение геометрических элементов контура детали ведется по заданным на чертеже размерам. Размеры детали и величины межоперационных припусков на обработку могут задаваться с отклонениями или обозначениями квалитетов. Для проведения расчетов квалитеты переводятся по соответствующим таблицам в отклонения.

Верхнее (δ_v) и нижнее (δ_n) отклонения данного номинального размера ($L_{ном}$) ограничивают поле допуска. Деформация системы СПИД, размерный износ инструмента, изменение сил резания из-за снижения режущих свойств инструмента и ряд других причин приводят к возникновению погрешностей обработки. Эти погрешности частично могут быть учтены при выборе настроечного размера $L_{настр}$. Однако из-за сложности расчетов при подготовке УП вручную более действенным способом обеспечения точности обработки является выбор в качестве настроечного размера середины поля допуска: $L_{настр} = L_{ном} + (\delta_v + \delta_n)/2$ или (что еще более упрощает расчет) номинального размера и последующий ввод коррекции на этот программируемый размер с пульта управления УЧПУ по результатам пробной обработки детали.

Точность вычислений при расчете УП обычно ограничивается дискретностью задания перемещений, характеризуемой минимальным перемещением или углом поворота рабочего органа станка, которые могут быть заданы в УП.

Вычисление координат опорных точек контура детали ведется в системе координат детали с помощью уравнений, описывающих геометрические элементы, и соотношений в треугольниках. Наиболее часто в процессе программирования контурной обработки решаются задачи определения опорных точек, лежащих на прямых, окружностях и пересечениях этих элементов.

Трудоемкость вычисления координат опорных точек во многом зависит от опыта технолога-программиста, его знаний и способности ориентироваться при постановке и решении геометрических задач. Систематизация встречающихся геометрических задач и способов их решения не исключает индивидуального подхода к конкретной задаче, что часто позволяет найти более простое ее решение.

1.4 Решение типовых задач

Типовыми являются приведенные ниже случаи.

Точка на прямой. Прямая на плоскости XOY представляется общим уравнением прямой $Ax + By + C = 0$, которое, если $B \neq 0$, можно разрешить относительно ординаты и преобразовать к виду

$$y = -\frac{A}{B}x - \frac{C}{B}, \quad (1)$$

или записать в виде уравнения прямой с угловым коэффициентом

$$y = kx + b, \quad (2)$$

где k — угловой коэффициент, равный тангенсу угла наклона прямой к оси абсцисс;

b — начальная ордината, равная ординате точки пересечения прямой с осью ординат (смотри рисунок 3).

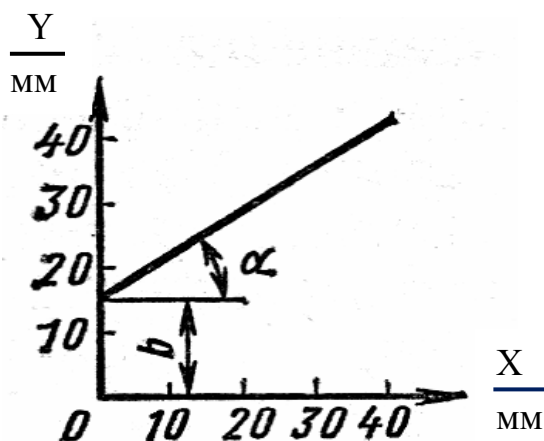


Рисунок 3 – Прямая, заданная углом и начальной ординатой

Примеры решения таких задач смотри приложение А.

Точка на окружности. Уравнение окружности радиусом R с центром $C(x_c, y_c)$ имеет вид

$$R^2 = (x - x_c)^2 + (y - y_c)^2, \quad (3)$$

или, когда оно разрешено относительно ординаты,

$$y = y_c \pm \sqrt{R^2 - (x - x_c)^2}. \quad (4)$$

Точке на окружности, заданной абсциссой x_T , соответствуют два значения ординаты:

$$y_T = y_c \pm \sqrt{R^2 - (x_T - x_c)^2}, \quad (5)$$

а точке, заданной ординатой y_T — два значения абсциссы:

$$x_T = x_c \pm \sqrt{R^2 - (y_T - y_c)^2}, \quad (6)$$

требуемое решение из которых выбирают по признаку расположения искомой точки (смотри рисунок 4).

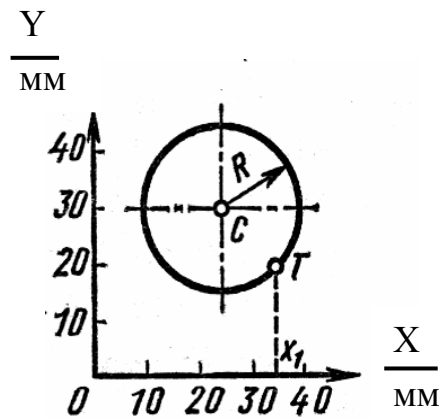


Рисунок 4 – Точка на окружности

Если выражение под знаком радикала равно нулю, что имеет место при задании предельных значений одной из координат, то другая координата точки определяется однозначно.

Пересечение двух прямых. Точка пересечения двух прямых $T (x_T, y_T)$ определяется решением системы уравнений, описывающих эти прямые (смотри рисунок 5).

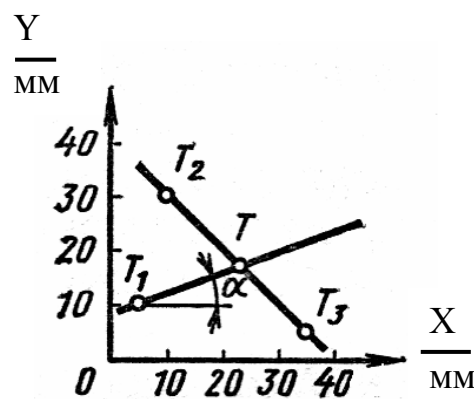


Рисунок 5 – Точка пересечения двух прямых

Решением системы уравнений

$$y = k_1 x + b_1; \quad (7)$$

$$y = k_2 x + b_2 \quad (8)$$

являются координаты точки пересечения

$$x_T = \frac{b_2 - b_1}{k_1 - k_2}; \quad (9)$$

$$y_T = k_1 x_T + b_1. \quad (10)$$

Пересечение прямой и окружности. Точки пересечения прямой и окружности определяются решением системы описывающих их уравнений (смотри рисунок 6).

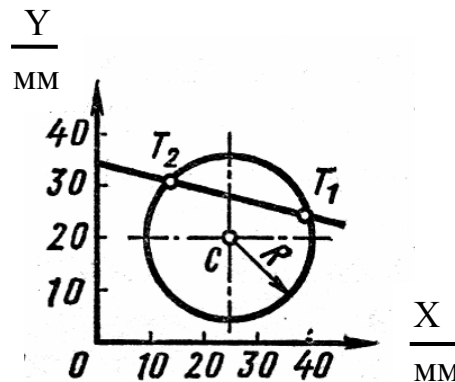


Рисунок 6 – Точка пересечения прямой и окружности

Решение системы уравнений прямой и окружности, а также двух окружностей, приводит к выражению вида

$$x = a \pm \sqrt{\dots}, \quad (11)$$

где величина под знаком радикала может быть больше, равна или меньше нуля, и соответственно точек пересечения будет две, одна (элементы касаются) или ни одной (элементы не пересекаются).

Прямая, касательная к окружности. Касательная к окружности радиусом R с центром $C(x_C, y_C)$ может быть задана уравнением прямой, углом наклона касательной к оси абсцисс α или точкой $T_1(x_1, y_1)$, через которую требуется провести касательную (смотри рисунок 7).

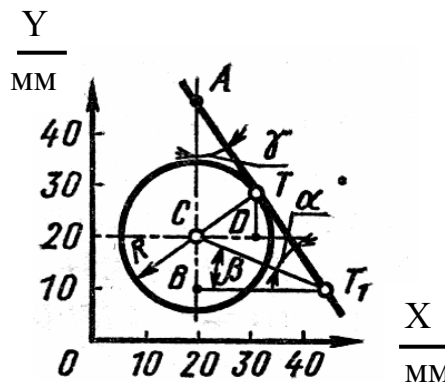


Рисунок 7 – Точка касания прямой к окружности

Последние два случая имеют два решения.

Если касательная задана уравнением, то координаты точки касания прямой и окружности определяются решением системы их уравнений.

Координаты точки касания прямой, заданной углом α , вычисляются по формулам

$$x_T = x_C \pm R \sin \alpha ; \quad (12)$$

$$y_T = y_C \pm R \cos \alpha , \quad (13)$$

где знаки «+» или «—» выбирают в зависимости от расположения касательной относительно окружности.

Точка касания прямой, проходящей через заданную точку, определяется из соотношений в треугольниках.

Пересечение двух окружностей. Точки пересечения двух окружностей определяются решением системы их уравнений (смотри рисунок 8).

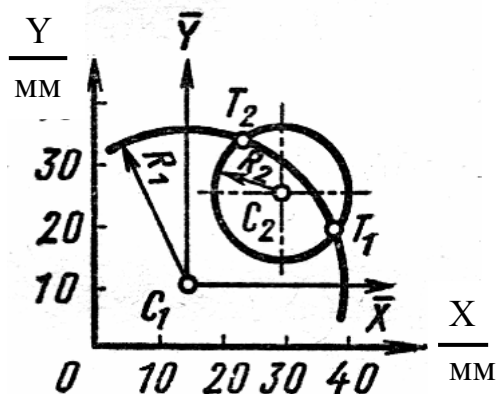
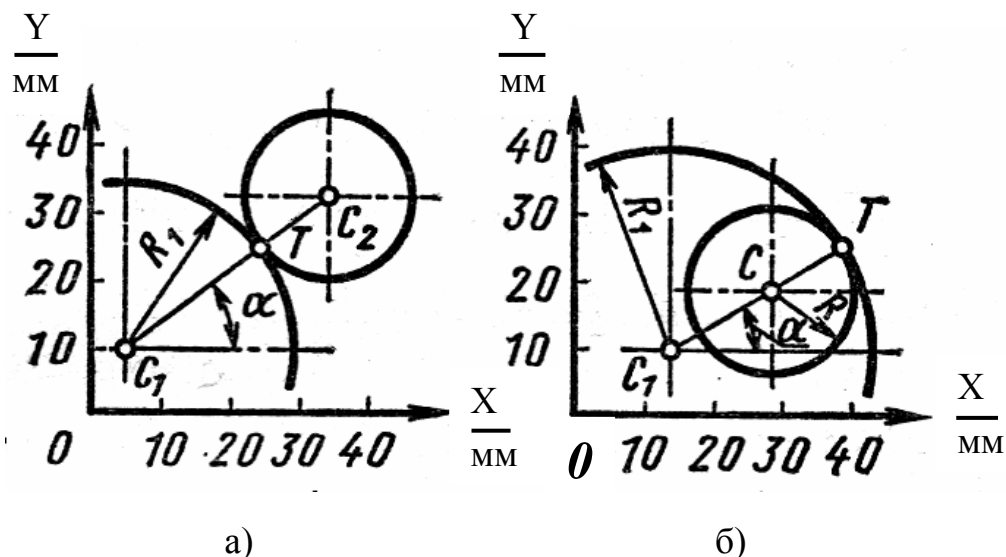


Рисунок 8 – Точка пересечения двух окружностей

Для упрощения вычислений начало системы координат следует перенести в центр одной из окружностей.

Касание двух окружностей. Точку касания двух окружностей определяют с помощью угла наклона линии центров к оси абсцисс с учетом их взаимного расположения. Принцип вычисления координат точек касания двух окружностей пояснен примерами внешнего и внутреннего их касания (смотри рисунок 9).



а – пример внешнего касания; б – пример внутреннего касания.

Рисунок 9 – Точка касания двух окружностей

Прямая, касательная к двум окружностям. Точки касания прямой к двум окружностям определяются углами наклона к оси абсцисс радиусов окружностей в точках касания с учетом взаимного расположения этих геометрических элементов (смотри рисунок 10).

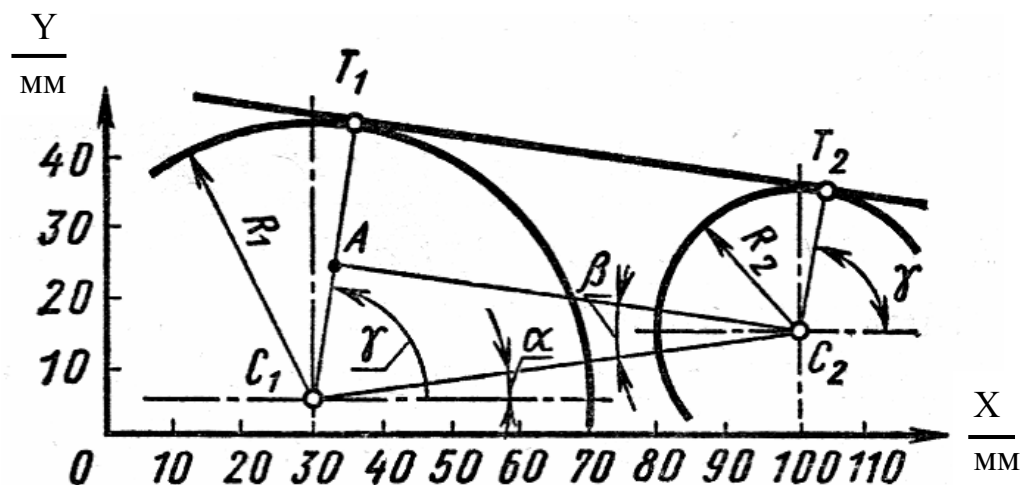


Рисунок 10 – Точки касания прямой к двум окружностям

Сопряжение двух прямых дугой окружности. Центр сопрягающей дуги окружности определяется пересечением прямых, параллельных заданным прямым на расстоянии радиуса этой окружности (смотри рисунок 11).

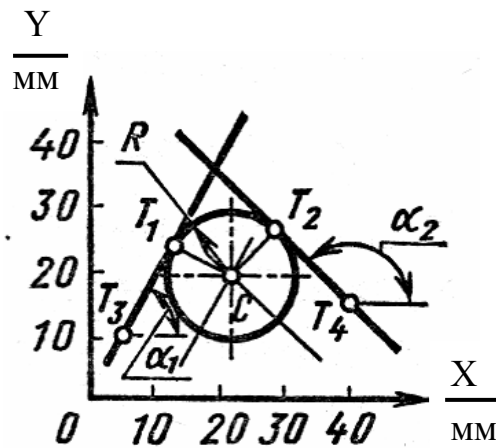


Рисунок 11 – Точки сопряжения окружности с прямыми

Если прямая задана точкой $T_1 (x_1, y_1)$ и углом α , то уравнение параллельной ей прямой на расстоянии R имеет вид

$$y = (x - x_1) \operatorname{tg} \alpha + y_1 \pm p, \quad (14)$$

где $p = |R / \cos \alpha|$.

Здесь p принимается со знаком «+», если параллельная прямая пересекает ось ординат выше, чем заданная прямая; в противном случае — со знаком «—».

При известном центре сопрягающей дуги окружности точки сопряжения ее с прямыми определяются так же, как в случае прямой, касательной к окружности.

Сопряжение прямой и окружности дугой окружности. Центр сопрягающей дуги окружности радиусом R определяется пересечением прямой, параллельной заданной на расстоянии R , и окружности, концентричной заданной на том же расстоянии (смотри рисунок 12).

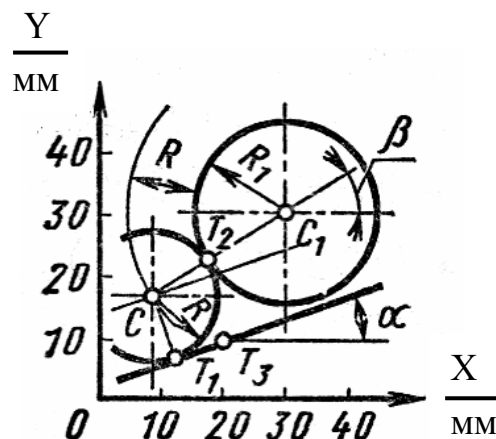


Рисунок 12 – Точки касания сопрягающей дуги с прямой и окружностью

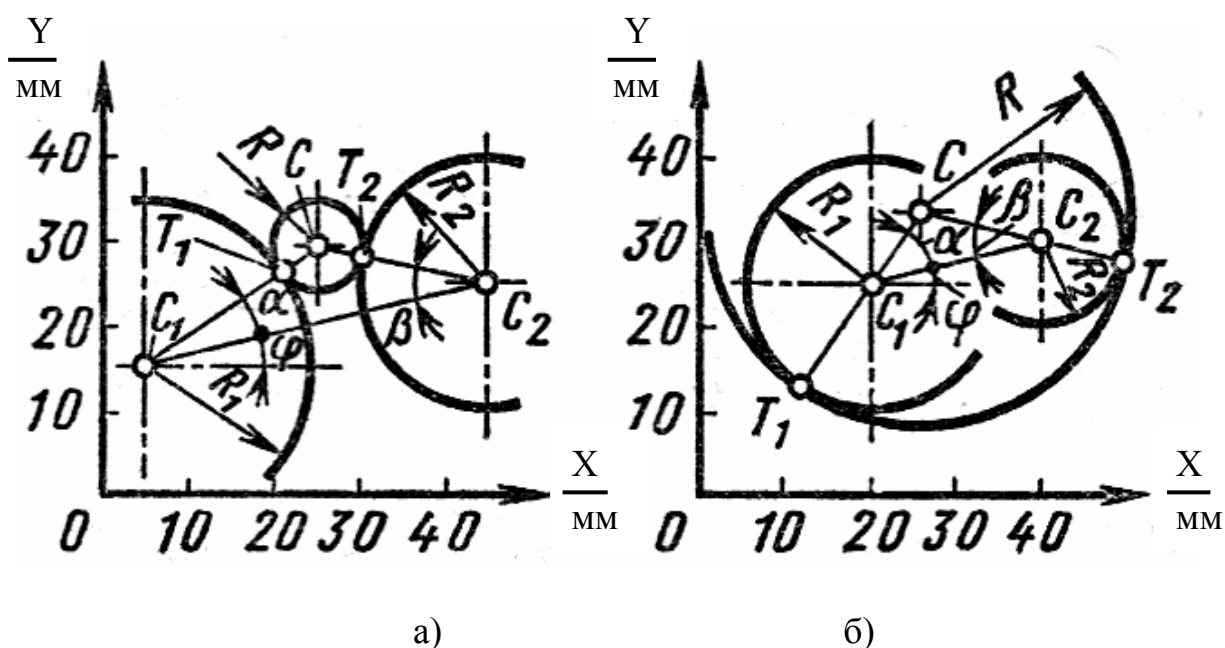
Если окружность задана центром $C (x_C, y_C)$ и радиусом R_1 , то концентричная ей окружность на расстоянии R описывается уравнением

$$y = y_C \pm \sqrt{(R_1 \pm R)^2 - (x - x_C)^2}. \quad (15)$$

Знак «+» под корнем соответствует внешней концентричной окружности, а «—» — внутренней.

При известном центре сопрягающей дуги точки ее сопряжения с прямой и окружностью определяются так же, как в случаях касания прямой и окружности, а также касания двух окружностей.

Сопряжение двух окружностей дугой окружности. Принцип вычисления координат центра и точек касания сопрягающей дуги пояснен примерами внешнего и внутреннего сопряжений двух окружностей с третьей (смотри рисунок 13).



а – пример внешнего касания; б – пример внутреннего касания.

Рисунок 13 – Точки касания сопрягающей дуги с двумя окружностями

Центр сопрягающей дуги окружности определяют помощью соотношений в косоугольном треугольнике, вершинами которого служат центры окружностей. При известном центре сопрягающей дуги координаты точек ее сопряжения вычисляют так же, как в случае касания двух окружностей.

2 Расчет координат опорных точек контура детали

2.1 Цель работы

Освоение методики решения типовых геометрических задач: разбивка контура детали на элементарные геометрические элементы, расчет координат опорных точек контура детали.

2.2 Порядок выполнения практической работы

2.2.1 Выбирается карточка задания (смотри таблицу А1) по номеру в журнале;

2.2.2 Контур детали разбивается на участки опорными точками;

2.2.3 Рассчитываются координаты опорных точек контура (до третьего знака после запятой);

2.2.4 Составляется таблица координаты опорных точек (все числа округляются до второго знака после запятой).

2.3 Содержание отчета

Отчет по проделанной практической работе должен содержать:

- схему;
- результаты расчетов;
- выводы по результатам проделанной работы.

2.4 Контрольные вопросы

2.4.1 Назначение системы координат детали?

2.4.2 Зачем нужно разбивать контур детали на участки опорными точками?

2.4.3 Из каких основных элементов состоит участок контура детали?

2.4.4 Что такое «опорная точка»?

2.4.5 Виды опорных точек?

Список использованных источников

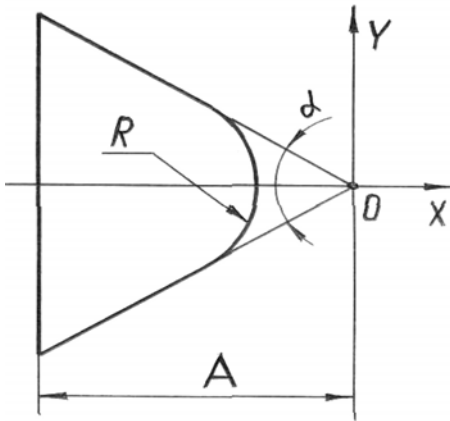
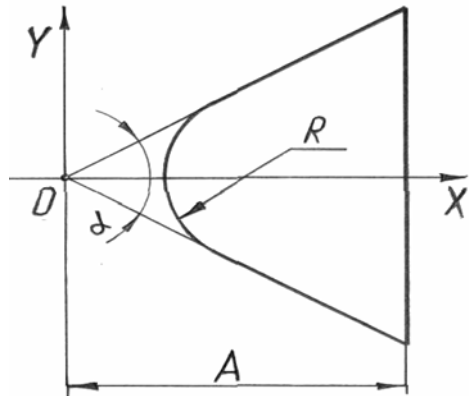
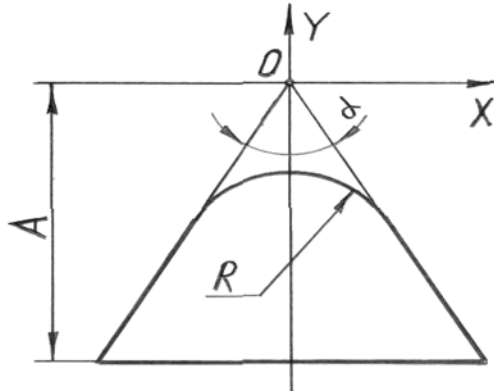
- 1 **Косовский, В.Л.** Программное управление станками и промышленными роботами: учеб. для ПТУ / В.Л. Косовский [и др.]. – М.: Высш. шк., 1989.-272с.
- 2 **Дулько, О.Л.** В помощь оператору ГПС: Справочная книга / О.Л. Дулько. - Л.: Лениздат, 1990. – 235 с. - ISBN 5-289-00575-7.
- 3 САПР и графика: информ.-аналит.журн./учредитель ООО “КомпьютерПресс“. – 2004-2008г. – М.: ООО “ТалерПринт“. – ежемес. – ISSN 1560-4640.
- 4 Современные технологии автоматизации: информ.-аналит.журн./учредитель издательство “СТА-Пресс“. – 2004-2008г. – М.: ОАО “Полиграфический комплекс “Пушкинская площадь“. – ежеквартал. – ISSN 2026-975X.
- 5 **Дерябин, А.Л.** Программирование технологических процессов для станков с ЧПУ: учебное пособие для техникумов / А.Л. Дерябин. – М.: Машиностроение, 1984. – 224 с.
- 6 **Фельдштейн, Е.Э.** Обработка деталей на станках с ЧПУ: учебное пособие для студентов высших уч. Заведений / Е.Э. Фельдштейн [и др.]. – М.;Минск: ООО “Новое знание“, 2008.-298с. - ISBN 978-985-475-280-8.

Приложение А

(обязательное)

Задание на выполнение работы

Таблица А.1 – Карточки заданий

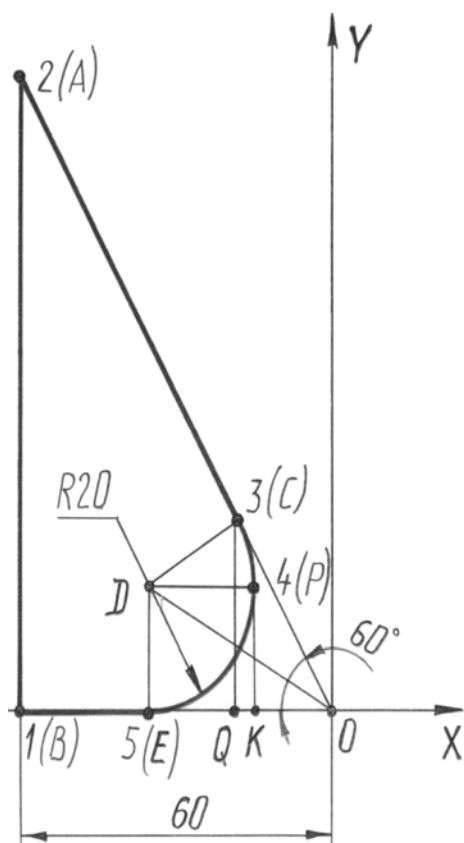
№ варианта	A	R	$\angle\alpha$	Карточка задания	
1	60	12	60		
2		14			
3		16			
4		18			
5		20			
6		12	90		
7		14			
8		16			
9		18			
10		20			
11	70	12	60		
12		14			
13		16			
14		18			
15		20			
16		12	90		
17		14			
18		16			
19		18			
20		20			
21	80	12	60		
22		14			
23		16			
24		18			
25		20			
26		12	90		
27		14			
28		16			
29		18			
30		20			

Приложение Б

(информационное)

Пример выполнения работы

Схема



Порядок расчета

ТК1 (-60, 0);

ТК2 - ?

из $\triangle AOB \rightarrow AB = OB \cdot \tan 60^\circ = 103.8 \text{ мм}$

ТК2 (60, +103.8);

ТК5 - ?

$DE = R = 20 \text{ мм}$; OD – биссектриса $\angle AOB$
 $\angle DOE = 30^\circ$

из $\triangle DOE \rightarrow OE = DE / \tan 30^\circ = -34.48 \text{ мм}$

ТК5 (-34.48, 0);

ТК3 - ?

$\triangle DOC = \triangle DOE \rightarrow CO = OE$

из $\triangle COQ \rightarrow OQ = CO \cdot \cos 60^\circ = 17.24 \text{ мм}$

$CQ = CO \cdot \sin 60^\circ = 30 \text{ мм}$

ТК3 (-17.24, +30)

ТК4 - ?

$PK = EK = R = 20 \text{ мм}$

$OK = OE - EK = 34.48 - 20 = 14.48 \text{ мм}$

ТК4 (-14.48, +20)

Результаты расчетов

точки	X	Y
1	-60	0
2	-60	+103.8
3	-17.24	+30
4	-14.48	+20
5	-34.48	0