

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РФ.**

**Московский ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции  
и ордена Трудового Красного Знамени Государственный  
Технический Университет имени Н. Э. Баумана.**

**КАФЕДРА МТ-2  
«ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИЯ»**

**Н.П. Малевский, Б. Д. Даниленко.**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ  
СПИРАЛЬНЫХ СВЕРЛ**



**Учебное пособие по курсу ОПРИ**

**г. Москва. 2000 г**

## Оглавление

1. Область применения спиральных сверл.
2. Классификация спиральных сверл.
3. Части спиральных сверл и их размеры.
  - 3.1. Особенности конструкции твердосплавных сверл.
4. Профилирование стружечных канавок.
  - 4.1 Задание винтовой поверхности двумя прямыми.
  - 4.2 Графическое построение линейчатой винтовой поверхности.
5. Геометрические параметры режущей части сверла.
  - 5.1. Определение углов режущих кромок сверла.
6. Виды затачивания спиральных сверл.
  - 6.1. Затачивание конического вида.
    - 6.1.1. Определение заднего угла  $\alpha_i$ .
    - 6.1.2. Соответствие параметров заточки условиям резания.
    - 6.1.3. Определение кинематического заднего угла  $\alpha_{ki}$ .
    - 6.1.4. Графо-геометрическое определение заднего угла  $\alpha_i$ .
  - 6.2. Плоскостные виды затачивания.
7. Расчет нормального переднего угла  $\alpha_i$ .
  - 7.1. Графо-геометрический метод.
  - 7.2. Аналитический метод.
8. Форма главной режущей кромки зуба сверла.
9. Форма поперечной кромки сверла.
10. Возможность использования выбранного сверла.
11. Какие задачи можно решить с помощью нашего учебного пособия.
12. Приложения.
  - 12.1. Государственный стандарт на спиральные сверла и элементы конструкции по указателю стандартов на 1996 г.
  - 12.2. Общие элементы конструкции сверл.
  - 12.3. Геометрические параметры режущих элементов спиральных сверл из быстрорежущей стали.
  - 12.4. Геометрические параметры режущих элементов сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава.
  - 12.5. Примеры выполнения чертежей сверл и технические требования на их исполнение.
  - 12.6. Основные кинематические схемы видов заточки спиральных сверл.
  - 12.7. Выбор диаметров сверл в зависимости от условий сверления.
13. Список использованной литературы.

## 1. Область применения спиральных сверл.

Сверла вместе с зенкерами и развертками объединены в группу осевых инструментов, которые характеризуются вращательным главным движением резания  $D_r$ , при постоянном радиусе траектории его режущих точек и движением подачи  $D_s$ , направленным только вдоль оси главного движения [1].

Сверла применяют для сверления отверстий в сплошном материале и для рассверливания исходных отверстий, полученных сверлением, литьем, ковкой и штамповкой.

Чаще всего в машиностроении глубина сверления обычными спиральными сверлами составляет  $l_0 = (3 - 10)d$ .

Сверление отверстий диаметром до 25 мм в сплошном материале обычно производят одним сверлом, а сверление отверстий диаметром более 25 мм производят последовательно двумя или тремя сверлами, диаметры которых выбирают из ряда 15, 20, 25 и т. д. мм, в зависимости от конечного отверстия.

Сверла диаметром более 50 мм обычно применяют для рассверливания отверстий, полученных штамповкой или отливкой.

При сверлении получают 12 – 15 квалитет точности диаметра отверстия и шероховатость  $Ra = 6,3 - 12,5$  мкм. Использование сверл высшей категории качества и точности со шлифованными стружечными канавками и центросимметричным затачиванием режущих кромок позволяет получить диаметр отверстия 10 – 11 квалитетов точности и шероховатость до  $Ra = 3,2 - 1,6$  мкм.

При сверлении отверстий всегда имеет место разбивка отверстия, которая характеризуется разностью между диаметром полученного отверстия и диаметром рабочей части сверла. Размер разбивки  $\Delta_d$  в зависимости от номинального диаметра сверла  $d$  можно приближенно определить по формуле:

$$\Delta_d = K_1 d^x \quad (1.1)$$

Кроме того практика показывает, что ось отверстия, полученного сверлом обычно отклоняется от прямолинейного положения. Это явление, получило название увода оси сверла. Величина увода оси  $\Delta x$ , характеризуемая отклонением оси полученного отверстия в конце сверления от исходного положения оси сверла, зависит от диаметра сверла  $d$  и глубины отверстия  $l_0$  и может быть приближенно определена по формуле:

$$\Delta x = \frac{K_2 l_0}{d^y} \text{ мм} ; \quad (1.2)$$

Формулы (1.1) и (1.2) получены путем математической обработки данных источника [2]. Коэффициенты  $K_1$  и  $K_2$  и показатели степеней  $x$  и  $y$  выбирают в зависимости от степени точности сверла A1, B1, B [3] из таблицы 1.

Таблица 1.

Степень точности	$K_1$	$x$	$K_2$	$y$
A1	0.10	0.27	0.010	0.7
B1	0.17	0.30	0.018	0.8
B	0.20	0.40	0.025	0.9

Стандарты на спиральные сверла предусматривают достаточно широкий диапазон величин и конкретных значений их диаметров, а также длин рабочей части, что практически полностью удовлетворяет задачи конструирования машин и приборов, т.е. исключает необходимость применения нестандартных сверл.

Стандартные сверла изготавливают двух степеней точности: А и В, которые в свою очередь делятся на категории А1, В1, В.

Поля допусков диаметров сверл, измеренные в начале рабочей части не должны быть более:

- ♦ для сверл общего назначения аттестованных по высшей категории качества и сверл точного исполнения h8.
- ♦ для сверл общего назначения h9.

Варианты операций сверления:

1. Предварительное сверление отверстия под последующее зенкерование, развертывание или растачивание.
2. Окончательное сверление с заданным качеством точности на диаметр отверстия.
3. Окончательное сверление без указания качества точности на диаметр отверстия.

**Вариант 1.** Диаметры первого и второго сверла выбирают из таблиц 7.1, 7.2 (см приложение 7), по указанным номинальным значениям без учета разбивки отверстия и увода его оси. Такое решение допустимо, поскольку размеры  $\Delta_d$  и  $\Delta_x$  на порядок меньше припуска под зенкерование.

**Вариант 2.** Размер диаметра первого или второго сверла, определяющего окончательный размер отверстия, подлежит расчету с учетом величины разбивки отверстия:

$$d_p = d_0 + T_0 - \Delta_d; \quad (1.3)$$

где, расчетный диаметр сверла -  $d_p$ ,

диаметр отверстия -  $d_0$ ,

допуск на диаметр отверстия -  $T_0$ ,

максимальная разбивка отверстия -  $\Delta_d$ .

Расчетный диаметр сверла, вычисленный по формуле (1.3), сравнивают со стандартным рядом диаметров сверл (ГОСТ 885-77) из которого выбирают ближайший меньший диаметр сверла  $d$ .

$$d = d_p - a; \quad (1.4)$$

где,  $a$  — интервал диаметров по ГОСТ 885 – 77.

Схема определения номинального диаметра сверла показана в приложении, где приведен пример численного решения этой задачи. Для самостоятельного изучения следует обратиться к источнику [4].

Если в стандартном ряде диаметров нет сверла близкого к расчетному диаметру, что часто встречается при расчетах сверл для отверстий с высоким качеством точности, то может встать вопрос о применении сверла нестандартного диаметра.

**Вариант 3.** В зависимости от технологических требований к диаметру отверстия, расчет номинального диаметра сводят к первому или второму вариантам.

## 2.Классификация спиральных сверл.

Классификационные признаки спиральных сверл представлены в таблице 2. В соответствии с предлагаемой нами классификацией основным таксоном (уровнем) является вид инструмента.

Вид характеризуется не более чем 10 признаками, которые являются общими, независимыми от принадлежности объекта классификации к высшим уровням (класс, подкласс, группа, подгруппа). Например, резец токарный державочный со сменной многогранной пластиной, спиральное сверло, червячная шлицевая фреза – все эти виды инструментов имеют не более 10 видовых признаков. В случае если какой-либо признак неадекватен характеристике вида, его код обнуляется. Отметим, что признак 10 является резервным. При десятичной системе кодирования признаки вида не исчерпывают все особенности инструмента. Поэтому мы ввели дополнительный уровень классификации – подвид, который также имеет не более 10 признаков. При этом первые 5 являются общими для всех инструментов - объектов классификации. Более подробно предложенная система представлена в [5].

В качестве примера рассмотрим **признаки вида** сверла спирального, правого, с коническим хвостовиком:

1. Форма тела рабочей части – цилиндр со спиральными правыми стружечными канавками. - 1.3.
2. Вид главного движения  $D_r$  – вращение правое - 2.1.
3. Направление движения подачи  $D_s$  – осевое – 3.1.
4. База эксплуатационная – хвостовик конический с лапкой - 4.7.1.
5. Особенности конструкции – составная неразъемная, соединенная сваркой - 5.2.1.
6. Вид зубьев – винтовые угловые - 6.5.
7. Способ образования зубьев – затачиванием - 7.1.
8. Материал рабочей части - сталь быстрорежущая - 8.1.

**Признаки подвида:** сверло спиральное, с номинальным диаметром  $d=20$  мм, повышенной точности, с коническим хвостовиком.

- 0.1 Операция резания – сверление сквозного отверстия - 0.0.1
- 0.2 Характер операции – сверление отверстия с последующим развертыванием d38H7 - 0.2.2.
- 0.3 0.4, 0.5 – признаки опускаются.
- 0.6 Длина рабочей части сверла – нормальная – 0.6.1.
- 0.7 Форма заточки режущей части – коническая – 0.7.1
- 0.8 Вид подточек элементов рабочей части – подточек нет – 0.8.1.
- 0.9 Конструкция стружечных канавок – нормальная – 0.9.1.
- 0.10. Сверло стандартное – ГОСТ 10.903 – 77 – 0.10.1.

Основные виды спиральных сверл приведены в таблице 3 и на рисунках 1, 2 и 3.

Таблица 2.

Группа		Осевые инструменты	
Подгруппа		Свёрла	
		Вид	Свёрла спиральные
Группа признаков вида.	Код группы вида	Признак	Код признака
Форма тела рабочей части.	1	Цилиндрический стержень с винтовыми стружечными канавками, образующими два режущих зуба.	1.3.
Вид главного движения.	2	Вращение правое	2.1.
		Вращение левое	2.2.
Направление движения подачи	3	Осевое – совпадает с осью главного движения	3.1.
База эксплуатационная.	4	Хвостовик цилиндрический	4.6.1.
		Хвостовик цилиндрический короткий	4.6.1.1.
		Хвостовик конический с лапкой	4.7.1.
Особенности конструкции.	5	Цельная	5.1.
		Составная, соединение деталей свариванием*	5.2.1.
		Составная, соединение деталей паянием	5.2.2.
		Сборная с СМП	5.3.2.
Вид зуба.	6	Винтовой правый	6.5.
		Винтовой левый	6.6.
Способ образования задних углов.	7	Затачиванием	7.1.
		Установкой режущей детали относительно оси корпуса	7.3.
Материал рабочей части.	8	Сталь быстрорежущая	8.1.
		Сплав твердый спеченный	8.2.
Степень точности.	9	Повышенной точности А1	9.1.
		Нормальной точности В1	9.2.
		Нормальной точности В	9.3.

		Подвид	Сверло спиральное с коническим хвостовиком	
Группа признаков подвида.	Код группы подвида	Признак	Код признака	
Операция сверления.	0.1	Сверление сквозного отверстия	0.1.1.	
		Сверление глухого отверстия	0.1.2.	
		Рассверливание	0.1.3.	
Характер операции сверления.	0.2	Сверление отверстия в окончательный размер	0.2.1.	
		Сверление отверстия под последующую обработку	0.2.2.	
Длина рабочей части сверла (серия сверла).	0.6	Нормальная (средняя серия)	0.6.1.	
		Длинная (длинная серия)	0.6.2.	
		Укороченная (короткая серия)	0.6.3.	
Форма затачивания зуба.	0.7	Коническая А <sup>**</sup>	0.7.1.	
		Коническая Б	0.7.2.	
		Двухплоскостная А	0.7.3.	
		Двухплоскостная Б	0.7.4.	
		Трёхплоскостная	0.7.5.	
		Цилиндрическая	0.7.6.	
		Винтовая	0.7.7.	
		Другие формы	0.7.8.	
Виды подточек элементов режущей части.	0.8	Заточка нормальная(Н).	0.8.1.	
		С подточкой поперечной кромки (НП).	0.8.1.1.	
		С подточкой поперечной кромки и ленточки (НПЛ).	0.8.1.2.	
		Заточка двойная:	0.8.2.	
		Двойная с подточкой поперечной кромки (ДП).	0.8.2.1.	
		Двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки (ДПЛ).	0.8.2.2.	
		С подточкой и срезанием поперечной кромки (ДП-2).	0.8.2.3.	
		Другие подточки	0.8.2.i.	
Конструкция стружечной канавки.	0.9	Нормальная	0.9.1.	
		Со стружколомающим выступом	0.9.2.	
Сверло стандартное	0.10	Да	ГОСТ 10903-77.	
		Нет		

Примечание: \* Классификатор составных конструкций сверл.

\*\* СМ Классификатор способов затачивания сверл

Таблица 3.

## Основные виды спиральных сверл.

НАИМЕНОВАНИЕ ВИДА СВЕРЛА	№ ГОСТ	Диапазон диаметров d, мм	Рисунок
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия.	886 – 77	1.00 – 20.00	1 ,а
Сверла спиральные удлиненные с коническим хвостовиком.	2092 – 77	6.00 – 30.00	2 ,а
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Короткая серия.	4010 – 77	0.50 – 20.00	1 ,б
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия.	10902 – 77	0.25 – 20.00	1 ,в
Сверла спиральные с коническим хвостовиком.	10903 – 77	5.00 – 80.00	2 ,а
Сверла спиральные длинные с коническим хвостовиком	12121 – 77	6.00 – 30.00	2 ,б
Сверла спиральные с коротким цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия.	12122 – 77	1.00 – 9.50	1 ,в
Сверла спиральные малоразмерные с утолщенным цилиндрическим хвостовиком.	8034 – 77	0.100 – 1.500	2 ,в
Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава.	22735 – 77	5.00 – 16.00	3 ,а
Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава.	22736 – 77	10.00 – 30.00	3 ,б
Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные.	17273 – 71	1.50 – 6.50	3 ,в
Сверла спиральные цельные твердосплавные. Короткая серия.	17274 – 71	1.00 – 12.00	1 ,б
Сверла спиральные цельные твердосплавные, средняя серия.	17275 – 71	3.00 – 12.00	3 ,г
Сверла спиральные цельные* твердосплавные с коническим хвостовиком.	17276 – 71	6.00 – 12.00	3 ,д

Примечание. \* Признак «цельные» относится к рабочей части сверла.



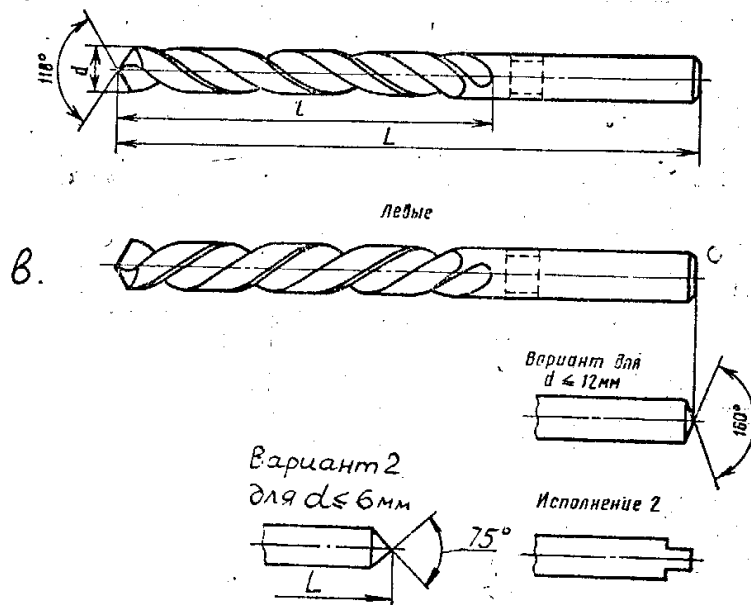
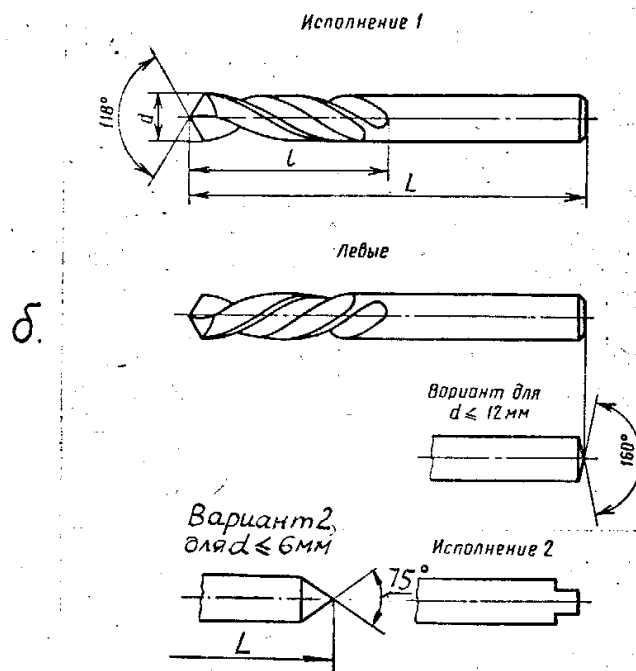
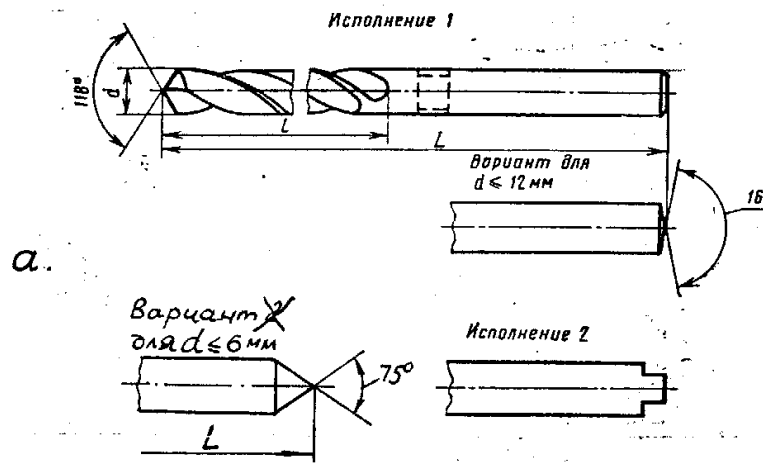


Рис. 1.

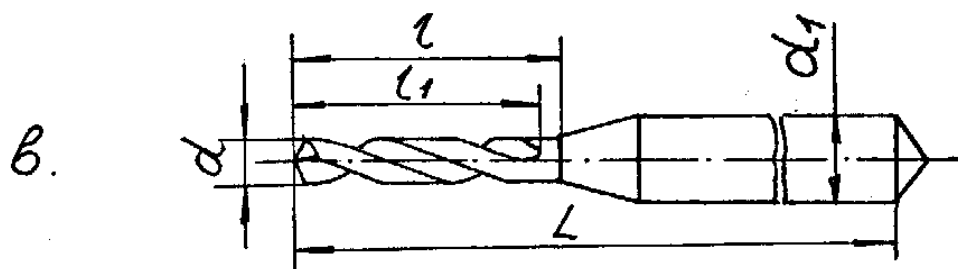
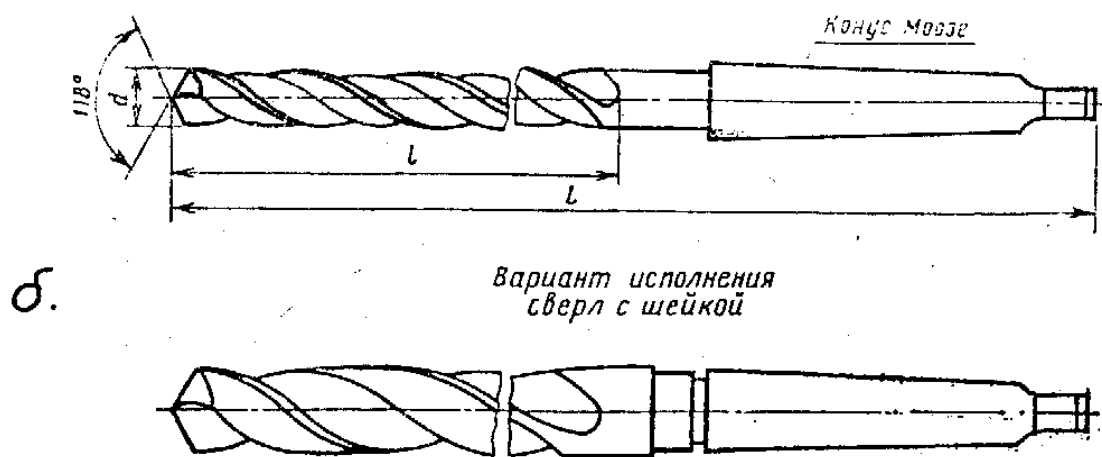
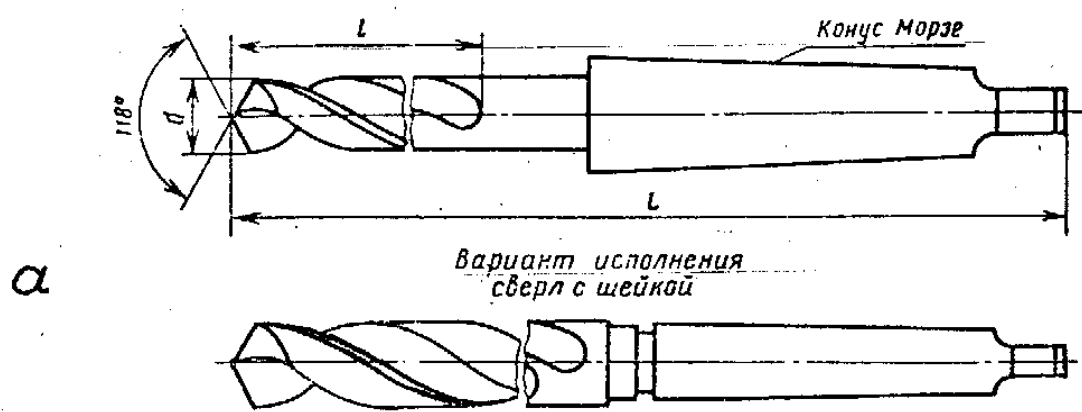


Рис. 2.

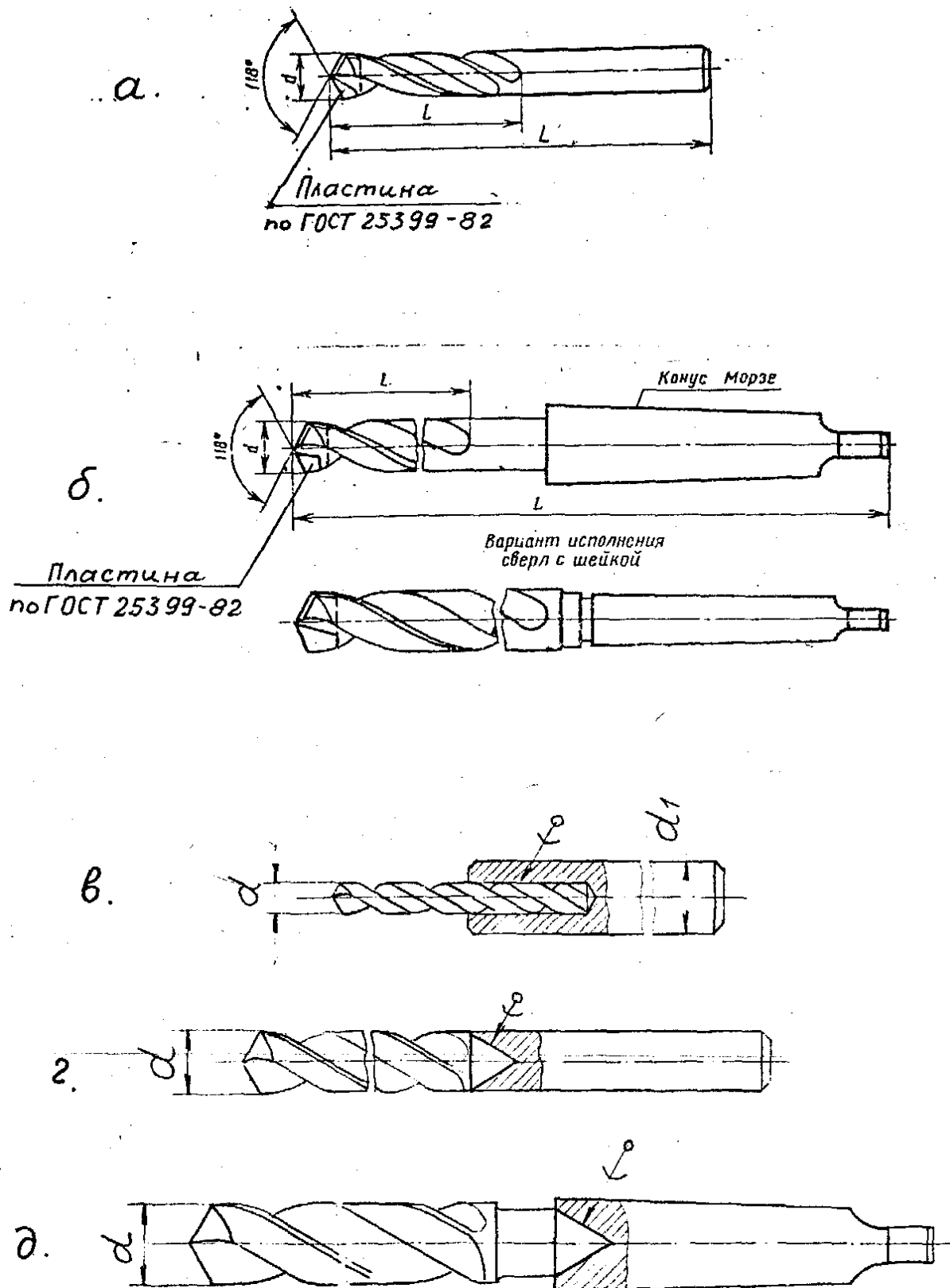


Рис. 3.

### 3. Части спиральных сверл и их размеры.

На рис. 4 показаны части основных видов стандартных сверл: 1 – рабочая часть, 2 – хвостовик, 3 – шейка, 4 – режущая часть, 5 – лапка конического хвостовика, 6 – поводок цилиндрического хвостовика, 7 – внешний (наружный) центр цилиндрического хвостовика.

Другие элементы конструкции показаны на рис. 1 – 3.

Сверла с цилиндрическим хвостовиком, длинная серия, (ГОСТ 886: - 77, рис 1, а) выполняются как с шейкой, размеры которой не регламентируются, так и без шейки. Эти сверла изготавливают в двух исполнениях:

- ♦ Исполнение 1. Хвостовик притупляется фаской под  $45^0$  или, для сверл диаметром не более 12 мм конусом с углом  $160^0$ .
- ♦ Исполнение 2. Хвостовик оканчивается поводком, размеры которого установлены ГОСТ 10904 – 64 (см приложение табл. 2.2). Сверла с диаметром  $d \leq 6$  мм могут иметь внешний центр.

Сверла с цилиндрическим хвостовиком, короткая серия (ГОСТ 4010 – 77) изготавливают с правым и левым направлением стружечных канавок. Они не имеют шейки и выпускаются в двух исполнениях, как это показано на рис 1, б.

Сверла с цилиндрическим хвостовиком, средняя серия (ГОСТ 10902 – 77), рис 1, в изготавливают так же в двух исполнениях с правым или левым направлением стружечных канавок.

Стандартные сверла с коническим хвостовиками изготавливают только с правым направлением стружечных канавок (праворежущие) без шейки или с шейкой, размеры которой стандартом не обусловлены (см. рис. 2, а, б).

Малоразмерные сверла рис. 2, в отличаются постоянным размером диаметра хвостовика  $d_1=1,2 - 1,6$  для диапазона диаметров  $d$ , что упрощает их закрепление в самоцентрирующем патроне и обеспечивает передачу достаточного крутящего момента при резании.

Твердосплавные сверла изготавливают в двух вариантах: сборной конструкции с режущей твердосплавной пластиной (рис 3, а, б) и с монолитной рабочей частью (рис. 3, в, г, д). Соединение элемента из твердого сплава со сверлом или хвостовиком выполняют паянием или склеиванием.

Режущая часть спирального сверла показана на рис. 4 (место М).

Элементы режущей части:  $A_\alpha$  - главная задняя поверхность,  $A_\gamma$  - передняя винтовая поверхность,  $A_l$  - поверхность ленточек,  $A_z$  – поверхность спинки зуба, К – главная режущая кромка зуба, К' - вспомогательная кромка зуба,  $K_p$  – поперечная кромка.

Главная режущая кромка образована пересечением винтовой стружечной канавки сверла с задней главной поверхностью, форма которой зависит от способа затачивания сверла [6]. Вспомогательной режущей кромкой является часть вспомогательной кромки зуба, равной половине подачи,  $-0,5S_0$ , на этой же длине поверхность ленточки является вспомогательной задней поверхностью  $A'_\alpha$  зуба сверла.

Сверла из быстрорежущей стали (ГОСТ 19265 – 73) с коническим хвостовиком диаметром от 5 мм и цилиндрическим хвостовиком от 8 мм изготавливают составной конструкции. Хвостовик из стали марки 45 по ГОСТ 1050 – 74 или марки 40Х по ГОСТ 4543 – 71 соединяют методом стыковой сварки с рабочей частью. Положение сварочного шва определяется размером  $l_1$ , который зависит от диаметра сверла (рис. 5):

$$\begin{aligned} \text{для } d \leq 18 \text{ мм} \quad l_1 &= l + 1 \dots 2 \text{ мм}; \\ \text{для } d > 18 \text{ мм} \quad l_1 &= l - 1,5d. \end{aligned} \tag{3.1}$$

Кроме сварки допускаются другие методы соединения, обеспечивающие механические свойства не ниже сварного. По заказу потребителя допускается изготовление сверл цельной конструкции из легированной стали марки 9ХС по ГОСТ 5950 – 73.

Эмпирические формулы для приближенного расчета основных элементов конструкции спирального сверла с коническим хвостовиком (рис. 5) приведены в таблицах 4,6 и 7.

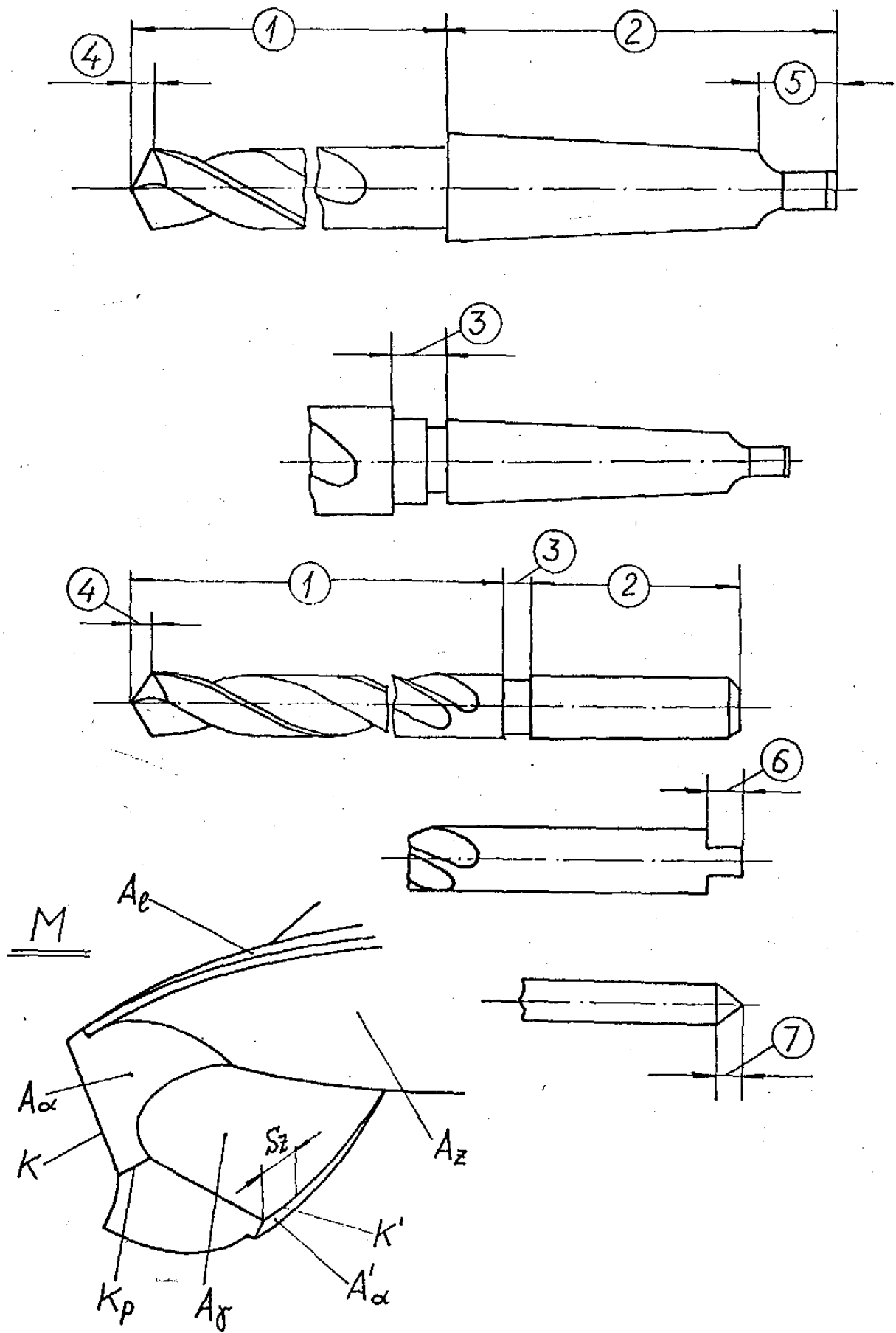


Рис. 4.

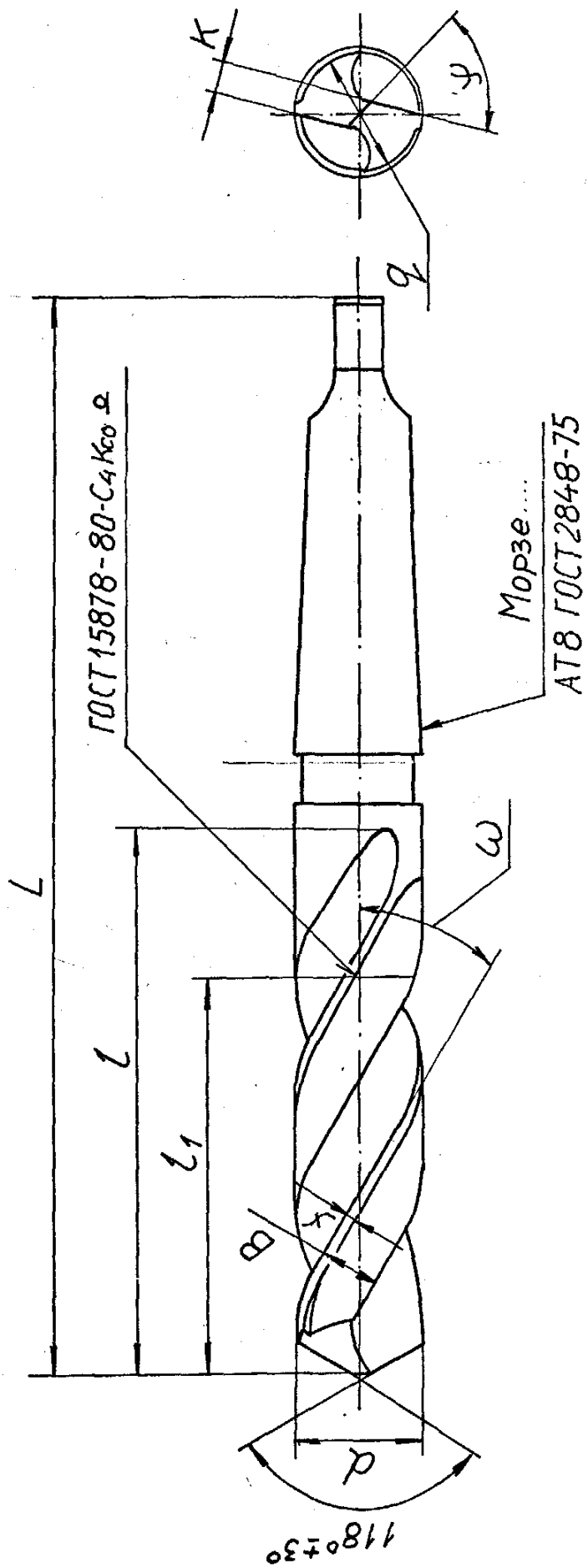


Рис.5

Размер сердцевины сверла  $K$  (другое обозначение -  $d_c$ ) по направлению к хвостовику увеличивается на 1,4 – 1,8 мм на каждые 100 мм длины, а для удлиненных сверл с коническим хвостовиком на 0,7 – 0,9 мм на каждые 100 мм длины.

Такая конструкция сердцевины принята рядом заводов, где стружечные канавки сверл получают фрезерованием фасонными фрезами. При обработке стружечных канавок методами пластической деформации (прокатки) увеличение размера сердцевины приводит к усложнению оборудования. В последнем случае сердцевину выполняют постоянного размера на всей длине рабочей части сверла. Технические требования к стандартным спиральным сверлам не содержат обязательных указаний о конструкции сердцевины сверл.

Ширину ленточки  $f$  по направлению к хвостовику допускается увеличивать не более чем на 0,4 мм.

Размеры: угол наклона винтовой линии стружечных канавок -  $\omega$ ,  
ширину зуба –  $B$ ,  
и диаметр сверла по спинке зуба -  $q$ , вычисляют по формулам:

$$\omega = 24,5d^{0,07}, \quad (3.2)$$

$$B = 0,61d^{0,98}, \quad (3.3)$$

$$q = 0,874d^{1,022}, \quad (3.4)$$

Ширину зуба  $B$  и ленточки  $f$  измеряют перпендикулярно направлению винтовой линии канавки. Сверла должны иметь на рабочей части уменьшение диаметра по направлению к хвостовику (обратную конусность), указанное в таблице 5.

**Таблица 4.**

Размеры основных элементов конструкции спиральных сверл с коническим хвостовиком, (рис 5).

Интервал диаметра $d$ , мм	$L$	$l$	$K$	$f$	Конус Морзе
5 – 8	$75d^{0.35}$	$16d^{0.73}$	$0.16d^{0.96}$	$0.51d^{0.4}$	1
8 – 14				$0.12d^{0.9}$	
14 – 20	$80d^{0.37}$	$29d^{0.53}$	$0.33d^{0.8}$	$0.26d^{0.65}$	2
20 – 23					
23 – 30	$108d^{0.3}$	$50d^{0.38}$	$0.105d^{1.05}$	$2.64d^{0.07}$	3
30 – 32					
32 – 35	$135d^{0.26}$	$50d^{0.38}$	$0.105d^{1.05}$	$2.64d^{0.07}$	4
35 – 45					
45 – 50	$200d^{1.7}$	$50d^{0.38}$	$0.105d^{1.05}$	$2.64d^{0.07}$	5
50 – 55					
55 – 77					
77 – 80					

**Таблица 5.**

Обратная конусность спиральных сверл на 100 мм длины.

Номинальный диаметр сверла $d$ , мм	Обратная конусность, мм
До 10	От 0.003 до 0.08
Св. 10 до 18	От 0.04 до 0.10
Св. 18	От 0.05 до 0.12

Таблица 6.

Основные размеры спиральных сверл, мм

Интервал диаметра d	L	l	
А. Хвостовик цилиндрический			
1. Длинная серия (рис. 1,а)			
1,00 - 20,00	60d <sup>0,48</sup>	38d <sup>0,5</sup>	
2. Короткая серия (рис. 1,б)			
0,50 - 0,95	25d <sup>0,38</sup>	6d	
1,00 - 20,00	26d <sup>0,54</sup>	8d <sup>0,73</sup>	
3. Средняя серия (рис. 1,в)			
0,30 - 0,98	34d <sup>0,6</sup>	12d <sup>1,1</sup>	
1,00 - 20,00		14d <sup>0,78</sup>	
Хвостовик цилиндрический короткий (рис. 1,а; исполнение 2)			
1,00 - 3,00	48d <sup>0,42</sup>	27d <sup>0,53</sup>	
3,10 - 9,50	38d <sup>0,63</sup>	20d <sup>0,78</sup>	
Б. Хвостовик конический			
1. Длинная серия (рис. 2,б)			
Интервал диаметра d	L	l	Конус Морзе
6,00 - 14,00			1
14,25 - 15,00	50d <sup>0,62</sup>	18d <sup>0,8</sup>	2
15,25 - 23,00			
23,25 - 30,00	88d <sup>0,4</sup>	48d <sup>0,48</sup>	3
2. Удлиненная серия (рис 2,а)			
6,00 - 14,00	158d <sup>0,20</sup>	80d <sup>0,33</sup>	1
14,25 - 18,00			2
18,25 - 23,00			
23,25 - 25,00	88d <sup>0,40</sup>	30d <sup>0,75</sup>	3
25,25 - 30,00	95d <sup>0,42</sup>		



Таблица 7.

Формулы расчета размеров частей сверл, оснащенных пластинами твердого сплава.

А. Сверла с цилиндрическим хвостовиком (рис. 3, а).		
Наименование размера	Интервал диаметра d, мм	Формула
Сверла укороченной длины		
Длина сверла L	5.00 - 30.00	$L=28d^{0,57}$
Длина стружечной канавки l		$l=11,5d^{0,7}$
Толщина сердцевины k	5,00 - 9,90	$0,75d^{0,35}$
	10,00 - 30,00	$0,27d$
Ширина ленточки f	5,00 - 12,10	$f=0,5$
	12,20 - 24,75	$f=1,0$
	25,00 - 30,00	$f=1,5$
Ширина зуба B	5,00 - 9,90	$B=0,95d^{0,8}$
	10,00 - 30,00	$B=0,635d$
Размер q	5,00 - 30,00	$q=0,90d$
Угол наклона канавки $\omega^{\circ}$	5,00 - 6,30	$\omega = 15^{\circ}$
	6,40 - 30,00	$\omega = 20^{\circ}$
Сверла нормальной длины.		
Длина сверла L	5,00 - 30,00	$L=31d^{0,64}$
Длина стружечной канавки l*		$l=16d^{0,73}$
Б. Сверла с коническим хвостовиком (рис. 3, б).		
Укороченной длины		
Длина сверла L	10,00 - 13,80	$L=25d^{0,75}$
	14,00 - 19,00	$L=48d^{0,48}$
	19,25 - 30,00	$L=50d^{0,5}$
Длина стружечной канавки l*	10,00 - 13,80	$l=19d^{0,5}$
	14,00 - 19,00	$l=19d^{0,6}$
	19,25 - 30,00	$l=5d$
№ конуса Морзе	10,00 - 11,80	№1
	12,00 - 18,00	№2
	18,25 - 27,00	№3
	27,25 - 30,00	№4
Нормальной длины		
Длина сверла L	10,00 - 19,00	$L=55d^{0,46}$
	19,25 - 30,00	$L=70d^{0,46}$
Длина стружечной канавки l*	10,00 - 30,00	$l=20d^{0,65}$

Примечание. \* Остальные размеры рассчитывают по формулам для сверл с цилиндрическим хвостовиком укороченной длины.

Спиральные сверла должны изготавливаться трех степеней точности: АI, ВI и В; сверла класса А имеют повышенную точность, сверла В и ВI – нормальную.

Поля допусков диаметра  $d$  режущей части сверл; измеренные в начале рабочей части, должны быть:

- $h8$  – для классов точности АI и ВI,
- $h9$  – для класса точности В.

Параметры шероховатости, симметричности сердцевины относительно оси, допуск прямолинейности режущих кромок, допуски на радиальное биение по ленточкам и допуск на осевое биение, проверяемое по середине режущих кромок, устанавливается в зависимости от класса точности сверла. Все эти параметры приведены в ГОСТ 2034 – 80.

### 3.1 Особенности конструкции твердосплавных сверл.

Эти сверла предназначены для сверления труднообрабатываемых материалов. Твердосплавные сверла составной конструкции изготавливаются двух типов.

1. сверла с твердосплавной пластинкой по ГОСТ 25399 – 82 (рис. 3 а, б).
2. сверла с монокристаллической твердосплавной рабочей частью (рис. 3 в, г, д).

Для режущей или рабочей части стандартных сверл применяют твердый сплав марок ВК6М, ВК8 по ГОСТ 3882 – 67 или другие марки твердого сплава по согласованию с заказчиком. Твердосплавную часть припаивают припоем марки Л68 (ГОСТ 15527 – 70) или припоем марки ПСр – 40 (ГОСТ 8190 – 56). Допускаются другие методы крепления, гарантирующие прочность соединения.

Для сверл с твердосплавными пластинами, диаметр корпуса которых равен диаметру режущей части (рис. 3 а), корпус изготавливают из сталей марок Р9 или 9ХС. Стали марок 40Х и 45Х применяют для сверл, диаметр рабочей части которых занижен относительно хвостовика (рис. 3 б).

Сверла, корпус которых изготовлен из стали марки Р9 с цилиндрическим хвостовиком от диаметра 8 мм или с коническим хвостовиком от диаметра 6 мм должны быть сварными. Сварной шов располагается за пределами стружечной канавки.

У сверл с монокристаллической рабочей частью (рис 3 в, г, д) материал хвостовиков – сталь марок 45 или 40Х.

Технические требования для сверл первого типа приведены в ГОСТ 5756 – 81, а для второго типа – в ГОСТ 17277 – 73.

## 4. Профилирование стружечных канавок.

При решении этой задачи следует учитывать что:

1. Профиль стружечной канавки не регламентируется стандартом;
2. Метод профилирования, предложенный А. М. Бортасевичем [7], основан на ряде принципиально некорректных допущений [8];
3. Недостатком всех известных методов профилирования [9], является то, что ни в одном из них образующая винтовой поверхности не задана непосредственно;
4. В производственных условиях задача профилирования решается методом подбора дисковых фасонных фрез и параметров их установки относительно заготовки для определенного интервала диаметров сверл. Неизбежные погрешности (подрезы) при фрезеровании канавки устраняют опытным путем.

Таким образом, задача профилирования требует получения определенного графического решения, позволяющего применить вычислительную технику в режиме САПР, и имеет учебно-методическую цель.

### 4.1. Задание винтовой поверхности двумя прямыми.

Образование линейчатой винтовой поверхности с прямыми образующими  $F_a$  и  $F_b$  показано на рис. 6,а. Главная,  $a_0K_0$  и вспомогательная,  $b_0K_0$  образующие лежат в плоскости  $M$ , касательной к направляющему цилиндру, диаметр  $d_c$  которого равен размеру сердцевины сверла.

Плоскость М вращается вокруг оси сверла с равномерной угловой скоростью, касаясь направляющего цилиндра, а образующие равномерно перемещаются в плоскости М, вдоль оси сверла (ось Z) с параметрами:

$$p = \frac{d}{2 \operatorname{tg} \omega},$$

где  $\omega$  - угол наклона винтовой канавки сверла.

Повороту плоскости М на некоторый угол  $\theta$  в направлении V соответствует перемещение образующих на расстояние  $p\theta$  в направлении стрелки  $p$ .

Прямые  $a_0k_0$  и  $b_0k_0$ , участвуя в двух движениях, образуют две плавно сопрягающиеся винтовые поверхности, имеющие точное математическое описание. При этом точки  $a_0$  и  $b_0$ , перемещаясь по цилиндру диаметра  $d$ , образуют винтовые линии, а точка  $k_0$  – винтовую линию, лежащую на направляющем цилиндре. Образование стружечной канавки схематически показано на рис. 6,б.

Положение главной образующей, заданное углом  $\varphi_A$ , определяет характер главного лезвия сверла. Угол  $\varphi_B$ , задающий положение вспомогательной образующей, определяет размеры канавки. С увеличением угла  $\varphi_B$  площадь канавки в торцевом сечении (плоскость XY) увеличивается. При  $\varphi_B = 35 - 40^\circ$  размеры канавки близко совпадают с принятыми у стандартных сверл. Изменением углов наклона  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$  можно управлять видом лезвия и размерами зуба сверла в зависимости от условий его работы.

Графическое построение винтовой линии канавки сверла и ее сечений в этом способом отличается большой наглядностью и простотой.

Для выполнения графических построений и аналитических расчетов необходимо выбрать систему координат, установить начальное положение образующих и принять положительное направление перемещений. Выбираем начальное положение плоскости М параллельно плоскости XZ, при этом углы наклона  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$  проецируются в натуральную величину на плоскость XZ (рис. 6,а,б).

Угол  $\theta$  условимся считать положительным при повороте плоскости М по часовой стрелке, если смотреть в направлении оси Z. Условимся также, что перемещение образующих в плоскости М по направлению  $P$  будем считать положительным. Введем плоскость проекций XY, которая перпендикулярна оси сверла, и отметим начало координат O.

#### 4.2. Графическое построение линейчатой винтовой поверхности.

Заданы параметры:  $d, r_c, p, \varphi_A, \varphi_B$ . Строим начальное положение проекций образующих прямых Fa и Fb на плоскости XY, на которой они представляют собой прямую  $a_0b_0$ , касательную к окружности радиуса  $r_c = 0,5K$  в точке  $k_0$  (рис 7).

На оси Z задаем положение точки  $k_0 = 0$  и под заданными углами  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$  проводим через нее направления образующих. Находим положение точек  $a_0$  и  $b_0$  в плоскости XZ.

Задаемся углом поворота  $\theta_1$  и рассчитываем соответствующее ему смещение  $z_1 = p\theta_1$ .

Поворачиваем прямую  $a_0b_0$  по часовой стрелке на угол  $\theta_1$ , отмечаем ее новое положение точками  $a_1$  и  $b_1$ . Определяем новое положение образующих в плоскости XZ, для чего строим проекции  $a_1, k_1, b_1$  точек. Так, для нахождения точки  $k_1$  на линии связи откладываем координату  $z_1$  от точки  $k_0$ . Аналогично определяем положение точек  $a_1$  и  $b_1$ , соединяем их с точкой  $k_1$  прямыми и получаем положение образующих после поворота на угол  $\theta_1$ .



Puc 6

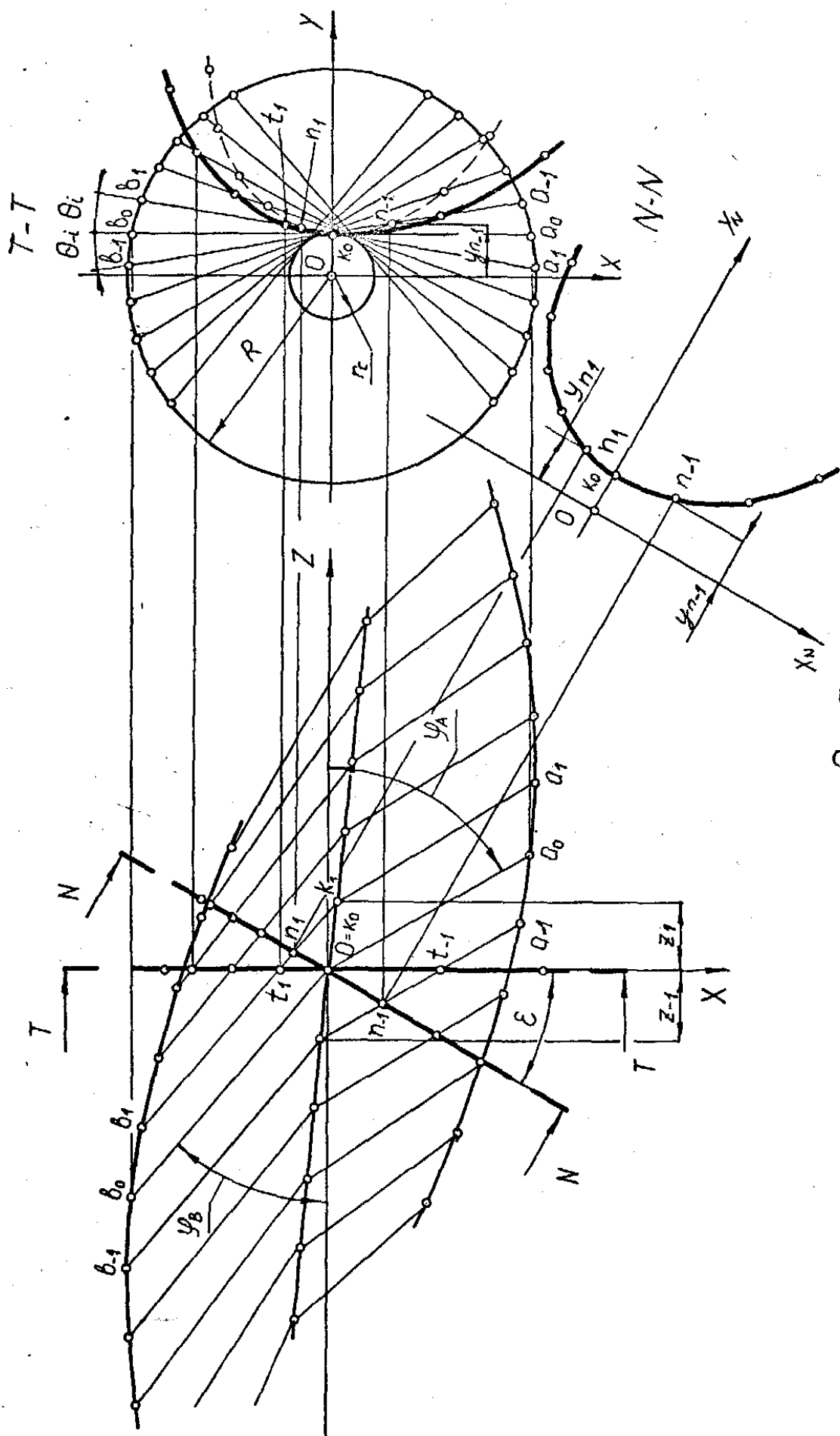


Рис. 7

Отметим, что в этом положении углы наклона образующих будут соответственно отличаться от значений углов  $\varphi_A$  и  $\varphi_B$ .

Аналогично найдем положение образующих на обеих проекциях сверла при повороте против часовой стрелки на угол  $\theta_{-1}$ .

Для построения торцевого профиля канавки проведем секущую плоскость Т через начало координат перпендикулярно оси сверла. Отметим проекции  $t_1$  и  $t_{-1}$  точек пересечения образующих секущей плоскостью и найдем их проекции  $t_1$  и  $t_{-1}$  на плоскости ХУ, которые принадлежат торцевому профилю канавки сверла.

Необходимо определить достаточное число точек для прочерчивания торцевого профиля канавки, который является исходным для расчета профиля фрезы, ее размеров и параметров установки относительно заготовки.

Для приближенного профилирования канавочной фрезы (без рассмотрения вопроса подреза профиля) можно воспользоваться нормальным сечением, проведенным через начало координат под углом  $\varepsilon$  к следу плоскости Т. Обычно угол  $\varepsilon$  принимают равным углу  $\omega$ .

Проведем след нормальной секущей плоскости N и отметим на нем буквами **n** с соответствующими индексами точки пересечения с проекциями образующих ( $n_1$  и  $n_{-1}$ ), найдем проекции эти точек на плоскости ХУ ( $n_1$  и  $n_{-1}$ ) и отметим их высоту относительно точки

$k_o(y_1$  и  $y_{-1})$ . Используя способ перемены плоскостей проекций, определим положение точек  $n_1$  и  $n_{-1}$  в системе  $X_N Y_N$ , как это показано на рис 7. Определив аналогичным образом достаточное число точек, прочертим профиль канавки сверла в нормальном сечении. Полученный профиль является исходным для определения размеров канавочной фрезы в соответствии с [3].

Следует отметить, что этот профиль может оказаться не оптимальным по условиям фрезерования. В этом случае следует выбрать новое положение секущей плоскости N. Ее смещение определяется пробными построениями, из которых выбирают оптимальное. На рис. 8 показано построение винтовых поверхностей, заданных двумя образующими прямыми, и построены нормальные сечения этой поверхности.

Аналитическое определение линейчатой винтовой поверхности и расчет величины смещения Cz секущей плоскости NzNz, обеспечивающий оптимальные условия обработки стружечной канавки фасонной фрезой, изложены в [10].

Точный метод профилирования фасонной фрезы для фрезерования стружечной канавки сверла представлен в [11].

## 5. Геометрические параметры режущей части сверла.

Система координат, координатные плоскости, характерные секущие плоскости и углы лезвий сверла показаны на рис.9. Чертеж выполнен при соблюдении следующих условий:

1. Главная задняя поверхность зуба образована конической заточкой, т.е. представляет собой часть конической поверхности.
2. Главная режущая кромка 1-2 и поперечная кромка 2-0 зуба показаны как прямые линии. (Вопрос о кривизне кромок будет рассмотрен ниже).
3. Углы сверла определены в инструментальной системе координат (ИСК), в которой обозначена основная плоскость P<sub>v</sub>, перпендикулярная вектору скорости вращения в вершине зуба сверла - точка 1.
4. В любой точке режущей кромки, например, точке i, рабочая плоскость Psi касательна секущему цилиндру радиуса Ri, проходящему через эту точку.

Как видно из рис. 9 на вспомогательном лезвии 1-3 задний угол по ленточке  $\alpha' = 0$ , для улучшения условий резания производят подточку ленточки.

На поперечном лезвии 0-2 также создаются условия резания, обусловленные отрицательным передним углом  $-\gamma_j$  и неудовлетворительным кинетическим задним углом  $\alpha_{jk}$  (см. ниже).

С целью улучшить условия резания поперечного лезвия производит его подточку.

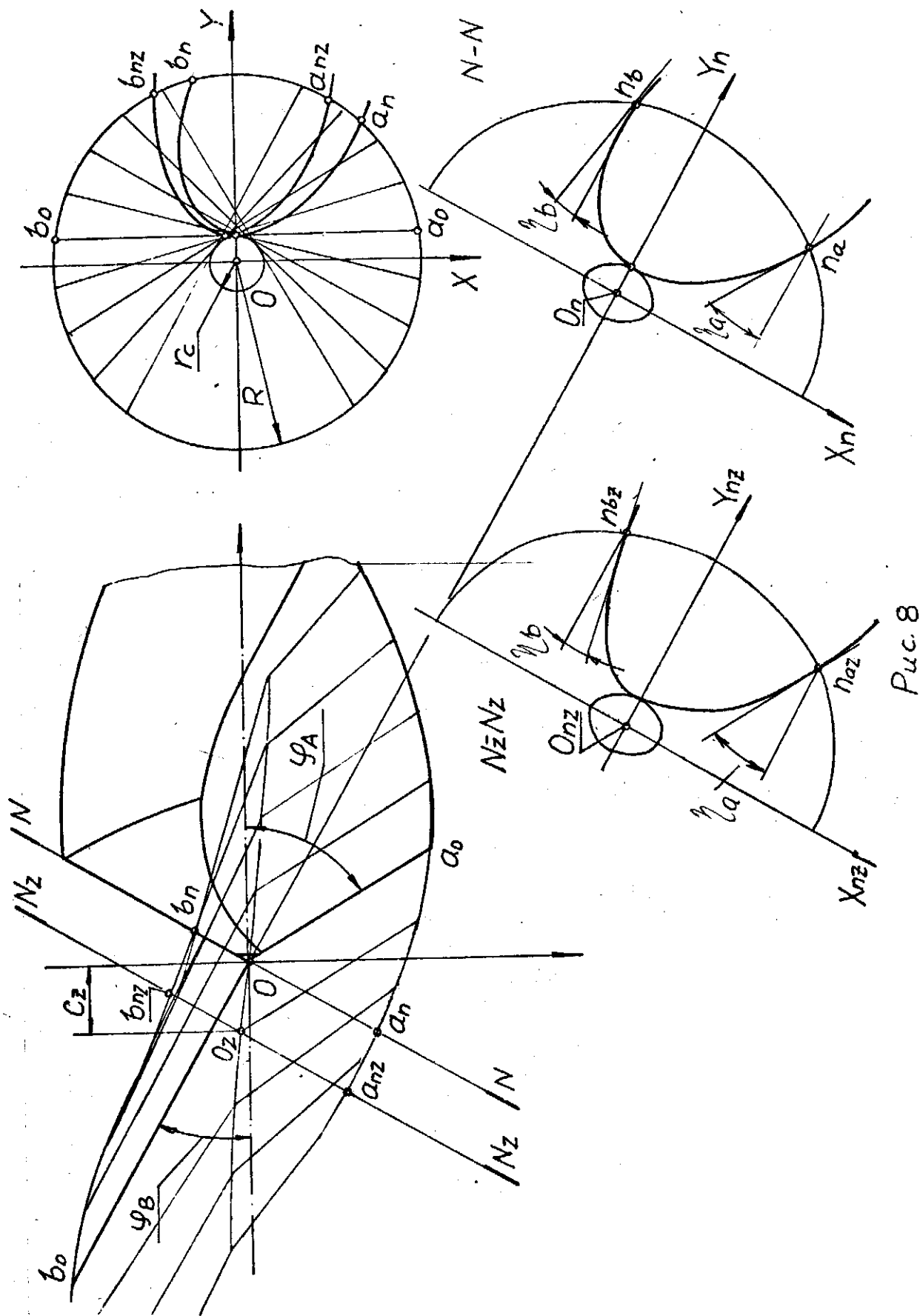


Рис. 8

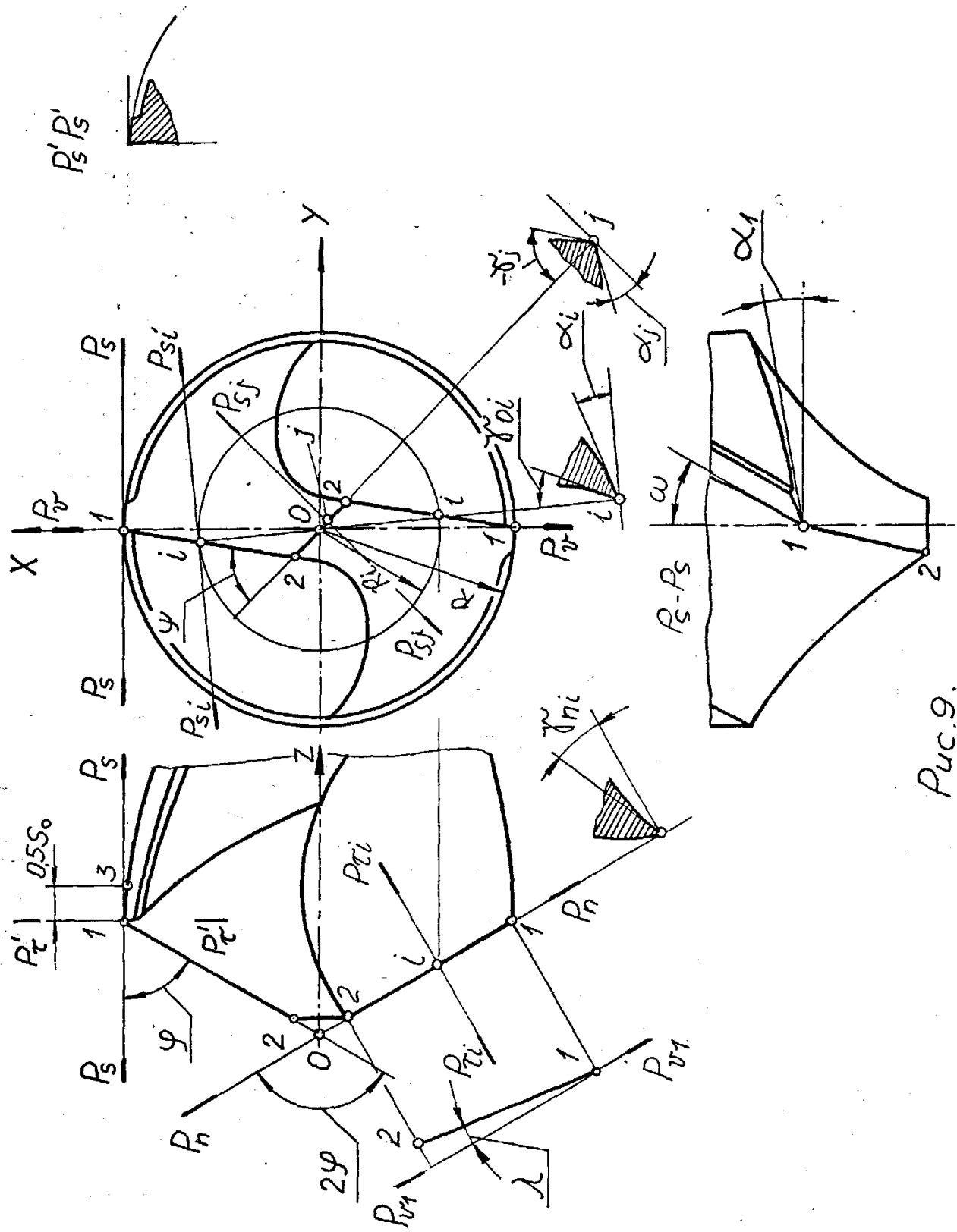


Рис. 9.



Для повышения стойкости сверла с двойной заточкой образуют переходные лезвия у вершины 1.

Виды заточки, область применения подточек и их геометрические параметры, рекомендуемые стандартом, приведены в приложении 3 для быстрорежущих сверл и приложение 4 для сверл оснащенных твердым сплавом.

**Таблица 8.**

Координатные плоскости режущей части сверла (рис. 9) в ИСК.

Обозначение	Наименование	Определение	Измеряемые углы
$P_v$	Основная плоскость	Совпадает с координатной плоскостью XZ. Перпендикулярна окружной скорости в точке 1.	Угол в плане $\varphi$
$P_n$	Плоскость резания	Проходит через проекцию главной режущей кромки, перпендикулярно плоскости $P_v$	Угол наклона главной режущей кромки $\lambda$
$P_{ti}$	Главная секущая плоскость	Проходит через точку $i$ , перпендикулярно проекции главной кромки 1-2, перпендикулярно плоскости $P_v$	Передний нормальный угол $\gamma_i$
$P'_t$	Вспомогательная секущая плоскость	Перпендикулярна плоскости $P_v$ , проходит через точку 1 вспомогательной кромки перпендикулярно оси Z	Вспомогательный задний угол $\alpha' = 0$
$P_{S1}$	Рабочая плоскость	Проходит через точку 1 параллельно оси Z. Касательна к цилиндру радиуса R. Заключает вектор окружной скорости $V_i$ и скорости подачи $V_s$	Задний угол $\alpha_1$ , Передний угол $\gamma_1 = \omega$
$P_{Si}$	Рабочая плоскость в точке $i$ главной кромки	Проходит касательна цилиндру радиуса $R_i$ , параллельна оси Z. Заключает скорость $V_i$ и $V_s$	Задний угол $\alpha_i$ , Передний угол $\gamma_i$
$P_{Sj}$	Рабочая плоскость в точке $j$ поперечной кромки	Касательна цилиндру радиуса $R_j$ , параллельна оси Z. Заключает скорость $V_j$	Задний угол поперечного лезвия $\alpha_j$ Передний угол поперечного лезвия $\gamma_j$
XY	Координатная плоскость	Перпендикулярна оси сверла Z	Угол наклона поперечной кромки $\phi$

### 5.1. Определение углов режущих кромок сверла.

Измерение передних и задних углов кромки сверла сопряжено с определенными трудностями, обусловленными особенностями объекта измерения:

- режущие кромки являются пространственными (неплоскими) кривыми,
- передняя  $A_\gamma$  и  $A_\alpha$  задняя поверхности режущего клина являются криволинейными поверхностями.

Поэтому непригоден прямой (гонометрический) метод измерения с применением универсальных угломеров, у которых контрольным элементом служит лекальный треугольник или лекальная линейка.

В связи с этим используется косвенный (тригонометрический) метод измерения, при котором угол кромки рассчитывают по результатам измерения катетов треугольника, как это показано на рис. 9, а. Размер катета  $l_1$  задают с применением микрометра, а катет  $l_2$  замеряют по показаниям индикатора часового типа с ценой деления не менее 0.01 мм. Этот способ характеризуется низкой точностью, т. к. отношение  $l_2 / l_1 \neq \operatorname{tg} \gamma_{ni}$ . Снижение погрешности  $\Delta$  путем уменьшения перемещения обычно не повышает точность измерения из-за органических погрешностей системы измерения: случайный характер контакта шарового наконечника щупа индикатора и зазоров в часовом механизме индикатора.

Аналогично тригонометрическим способом измеряют величину заднего угла.

Для точного измерения передних и задних углов применим расчетные аналитический и графоаналитический методы, которые подробно изложены в параграфах 6 и 7.

Определим расчетным методом величину переднего осевого угла  $\gamma_{oi}$  (рис. 9, сеч  $P_{si}$ ). В точке  $i$  пересечем главную режущую кромку (рис. 9, б) плоскостью  $P_{oi}$  – параллельной оси сверла и касательной к цилиндру радиуса  $R_i$ . Линия пересечения передней поверхности  $A_\gamma$  плоскостью  $P_i$  ( $A_\gamma \cap P_i$ ) и винтовая линия, лежащая на цилиндре радиуса  $R_i$ , имеют общую касательную, расположенную в плоскости  $P_{oi}$ .

тогда:  $\omega_i = \gamma_{oi}$ , и  $\operatorname{tg} \gamma_{oni} = \operatorname{tg} \omega_i = 2\pi R_i / H$ , где

$H$  – шаг винтовой поверхности.  $H = \pi d / \operatorname{tg} \omega$ .

После подстановки:

$$\operatorname{tg} \gamma_{oni} = \operatorname{tg} \omega R_i / R = R_i / P. \quad (5.1)$$

где  $P$  – параметр винтовой поверхности.

Приближенно нормальный передний угол рассчитывают по формуле:

$$\operatorname{tg} \gamma_{ni} = \operatorname{tg} \gamma_{on} / \sin \varphi. \quad (5.2)$$

Формула (5.2) вычислена при допущении, что угол  $\lambda = 0$ , или при условии, что сердцевина сверла приравнена нулю. Точные решения показаны на рис. 19, а сравнение размеров передних углов, вычисленных по приближенной и точной формуле, приведены на графиках, рис 21.

Подробнее контроль сверл см [19] ст. 84 ... 96.

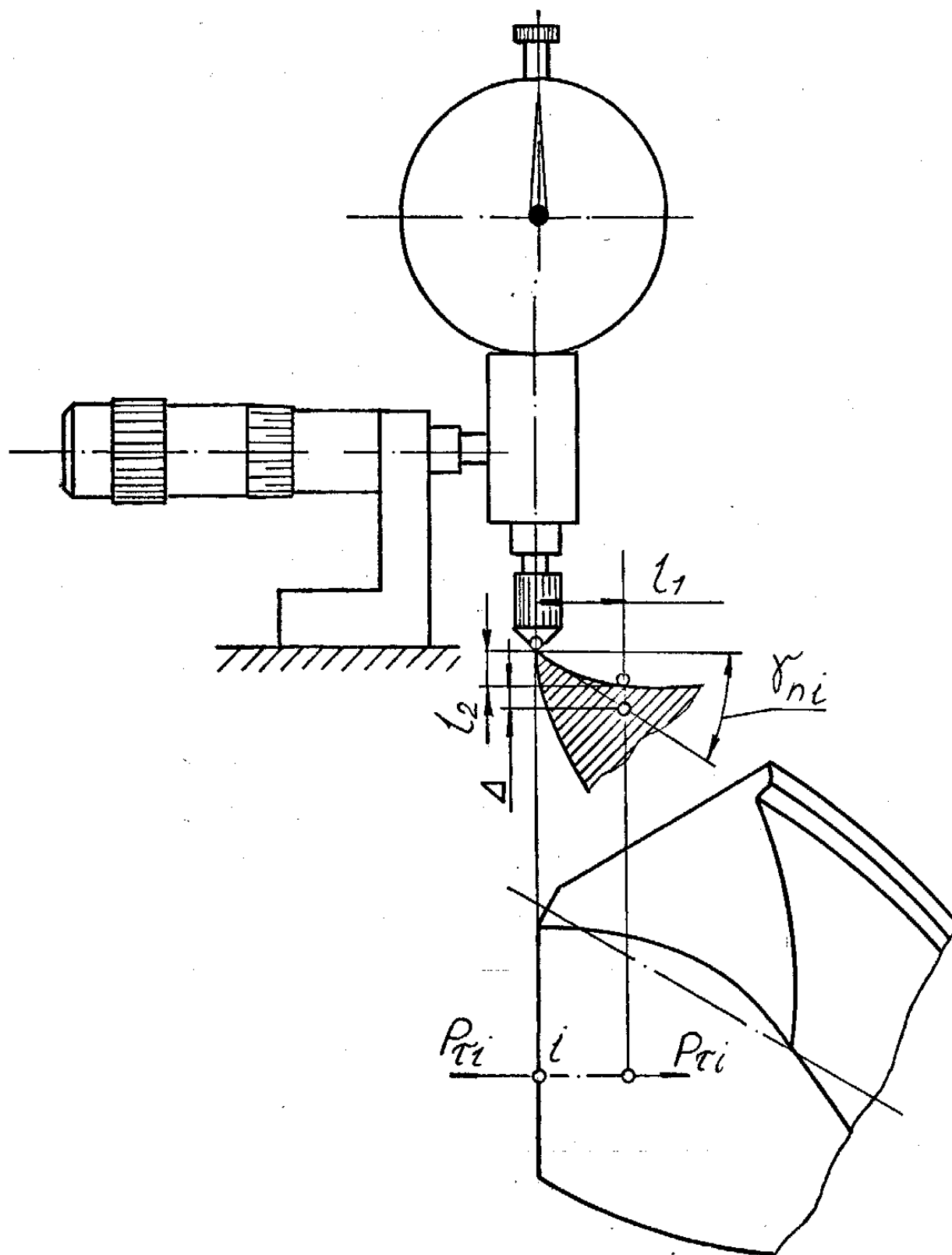


Рис. 9.а

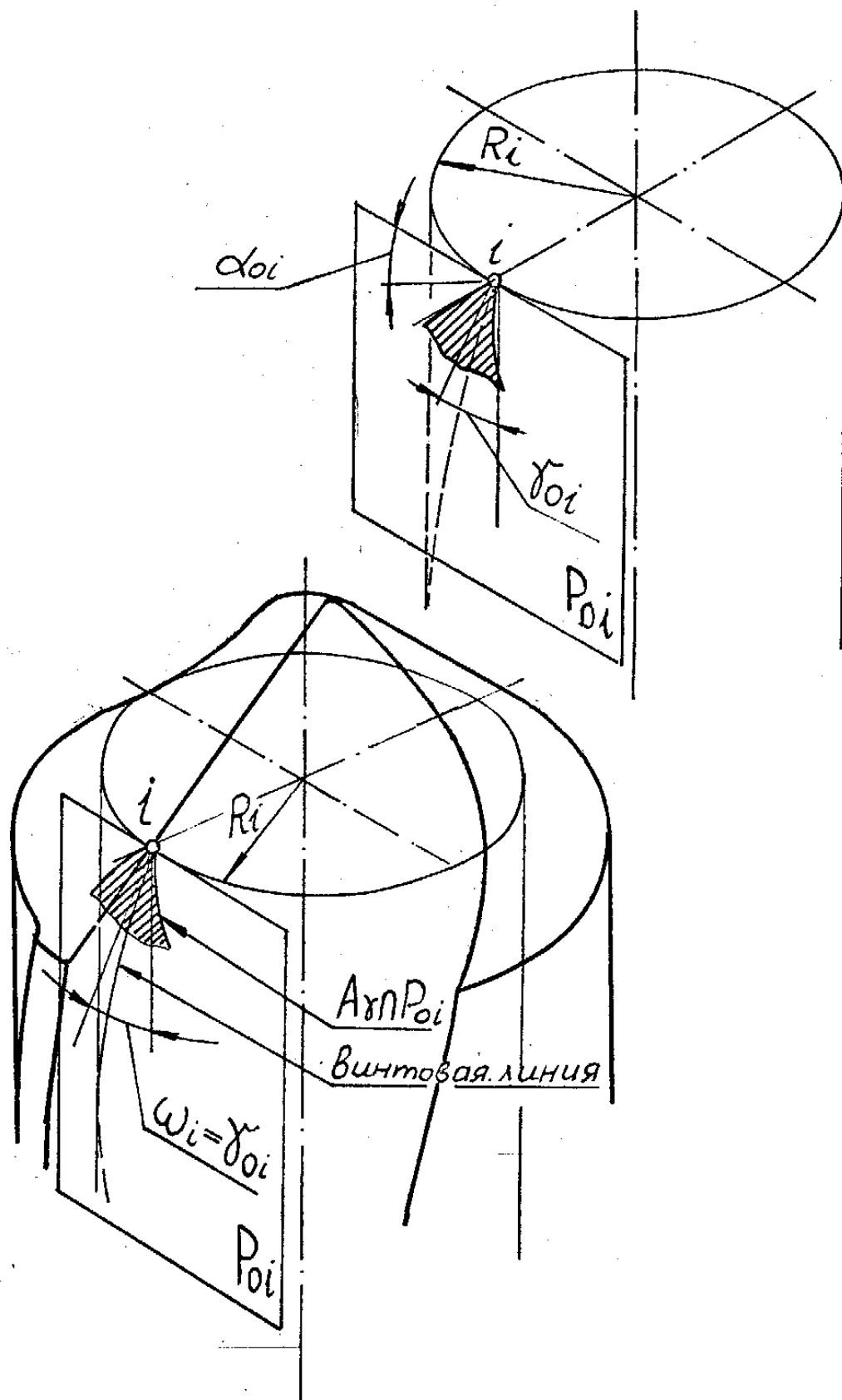


Рис. 9,б

## 6. Виды заточки спиральных сверл.

Известны несколько видов затачивания спиральных сверл [6], из которых наибольшее применение в производстве получили: конический, плоскостной и винтовой. Эти виды затачивания производят на станках отечественных и станках иностранных фирм. Станки, как правило, предназначены для одного вида затачивания сверл, определенного диапазона диаметров. Исключение представляют универсальные заточные станки, на которых с помощью накладных приспособлений возможно выполнять затачивание нескольких видов.

Область применения конического вида затачивания ограничивается перетачиванием сверл в заточных отделениях (участках) инструментальных цехов машиностроительных заводов, а также затачиванием сверл больших диаметров (свыше 40 мм). Эту заточку выполняют на универсальных заточных станках на приспособлении с ручным формообразующим движением.

Винтовой вид затачивания широко используют при массовом производстве сверл на инструментальных заводах, где эту операцию производят на специальных сверлозаточных автоматах.

Плоскостные разновидности затачивания сверл выполняют на универсальных заточных станках с помощью приспособлений, входящих в число комплектующих устройств.

В приложении 7 приведены схемы основных видов затачивания спиральных сверл.

### 6.1 Затачивание конического вида.

Схема конического вида затачивания (наиболее часто применяемого вида заточки) представлена на рис.10. Для образования задних углов и изменения их размеров вдоль главного лезвия с необходимой закономерностью (см. выше) нужно, чтобы ось заточного конуса  $O_k-O_k$  и ось сверла  $O_c-O_c$  скрещивалась под углом  $\delta$ . Точка  $O_o$  на оси заточного конуса принята за начало координат системы XYZ.

Система осей может быть развернута вокруг оси Z на требуемый угол относительно рабочего торца шлифовального круга, с которым (торцем) совпадает образующая конической поверхности.

Формообразующим движением затачивания  $\omega_3$  служит вращение сверла вокруг оси заточного конуса. Абразивный круг имеет движения резания  $\omega_k$  и осциллирующее  $\omega_{осц}$  в плоскости перпендикулярной оси круга (на рис. 2 не указано). Для снятия припуска сверло получает движение подачи на круг-  $D_s$ .

Сверло закреплено в зажимном устройстве, конструкция которого позволяет изменить в определенных пределах угол поперечной кромки сверла-  $\psi$ .

Взаимное положение сверла и заточного конуса определено углами  $\varphi$ ,  $\delta$  и координатами  $C_z$  и  $C_y$ , которые можно изменить в определенных пределах. Эти координаты принято выражать через диаметр сверла:

$$C_z = K_z \cdot d, \quad (6.1)$$

$$C_y = K_y \cdot d. \quad (6.2)$$

Устройство станка позволяет в широких пределах менять координату  $C_z$ , которую принято называть "вылет" сверла. Вылет может составлять от 0,5 до 1,5 и более диаметров сверла, т.е. безразмерный коэффициент  $K_z = 0,5 \dots 1,5$ . В более узких пределах возможно изменение размера  $C_y$ , безразмерный коэффициент которого  $K_y$  может составить от 0 до 0,3. Влияние безразмерных коэффициентов  $K_y$  и  $K_z$  на величину заднего угла будет проанализирован ниже.

У большинства сверлозаточных станков угол  $\delta$  постоянный  $\delta = 23^\circ$ . В конструкции ряда заточных станков иностранных фирм угол  $\delta$  переменный  $\delta = 23 - 45^\circ$ , но они практически не применяются в отечественной промышленности.

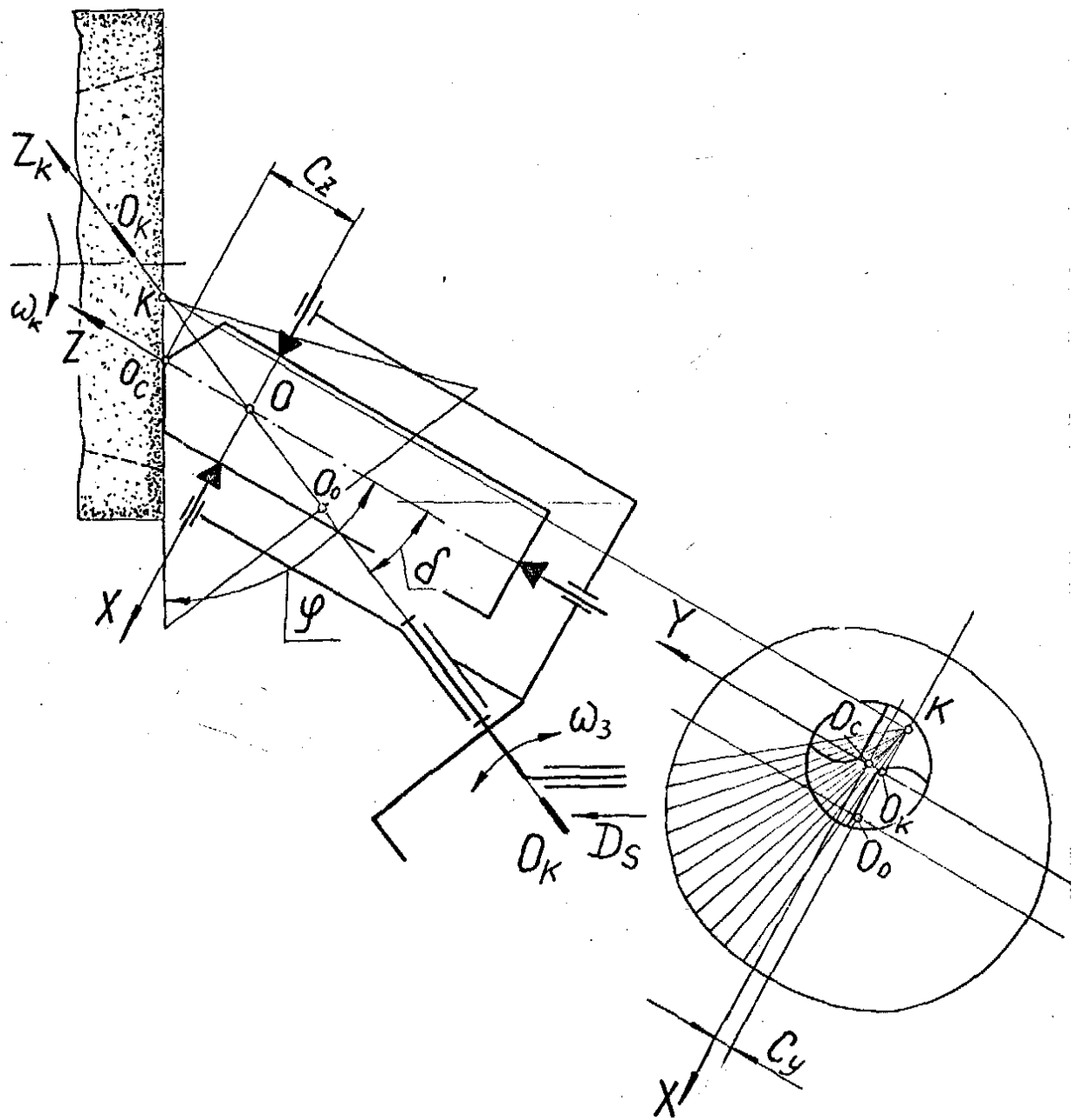


Рис. 10

### 6.1.1. Определение размера заднего угла $\alpha_i$ .

В расчетной схеме (рис.11) главную режущую кромку условно принимаем прямой.

Отметим, что при переходе от схемы затачивания (рис.10) к расчету размера угла  $\alpha_i$  произведено преобразование координат: система повернута вокруг оси Z на угол  $180^\circ$  по часовой стрелке.

Резание в точке i возможно при соблюдении двух необходимых условий:

1. Задний угол  $\alpha_i$  больше кинематического заднего угла  $\alpha_{ik}$ ,
2. Линия i-m, образованная пересечением задней поверхности зуба цилиндром радиусом  $R_i$ , нигде не пересекает траекторию движения точки i

Задний угол  $\alpha_i$ , измеренный в рабочей плоскости  $P_{Si}$ , измеряется как угол между касательной к кривой i-n в точке i и осью  $X_s$ .

Развернем на плоскость  $P_{Si}$  кривую i-m и проведем касательную к этой кривой в точке i.

Касательные к кривым i-m и i-n в точке i совпадают и угол  $\alpha_i$  для плоского и цилиндрического сечений будет иметь одинаковый размер.

Таким образом, аналитический расчет заднего угла сводится к нахождению первой производной уравнения кривой i-n в точке i:

$$\frac{dz_s}{dx_s} = \operatorname{tg} \alpha_i \quad (6.3)$$

**Расчет  $\alpha_i$**

Уравнение конуса:

а) в системе  $X_k Y_k Z_k$

$$x_k^2 + y_k^2 = (z_k - H)^2 \operatorname{tg}^2 \beta, \quad (6.4)$$

где, высота конуса  $H_k = C_z \frac{\sin \varphi}{\sin \beta},$

$$\beta = \varphi - \delta;$$

$$\text{б) в системе } XYZ: (z \sin \delta + y \cos \delta)^2 + (x + C_x)^2 = (z \cos \delta - y \sin \delta - H)^2 \operatorname{tg}^2 \beta; \quad (6.5)$$

в) в системе  $X_s Y_s Z_s$ :

$$\begin{aligned} & [(z_s \sin \delta + y_s \cos \mu + x_s \sin \mu) \cos \delta]^2 + (x_s \cos \mu - y_s \sin \mu + C_x)^2 = \\ & = [z_s \cos \delta - (y_s \cos \mu + x_s \sin \mu) \sin \delta - H]^2 \end{aligned} \quad (6.6)$$

$$\text{где } \sin \mu = \frac{r_c}{R_i} \text{ и } \cos \mu = \frac{\sqrt{R_i - r_c}}{R_i},$$

здесь  $r_c = 0,5 \cdot K$ .

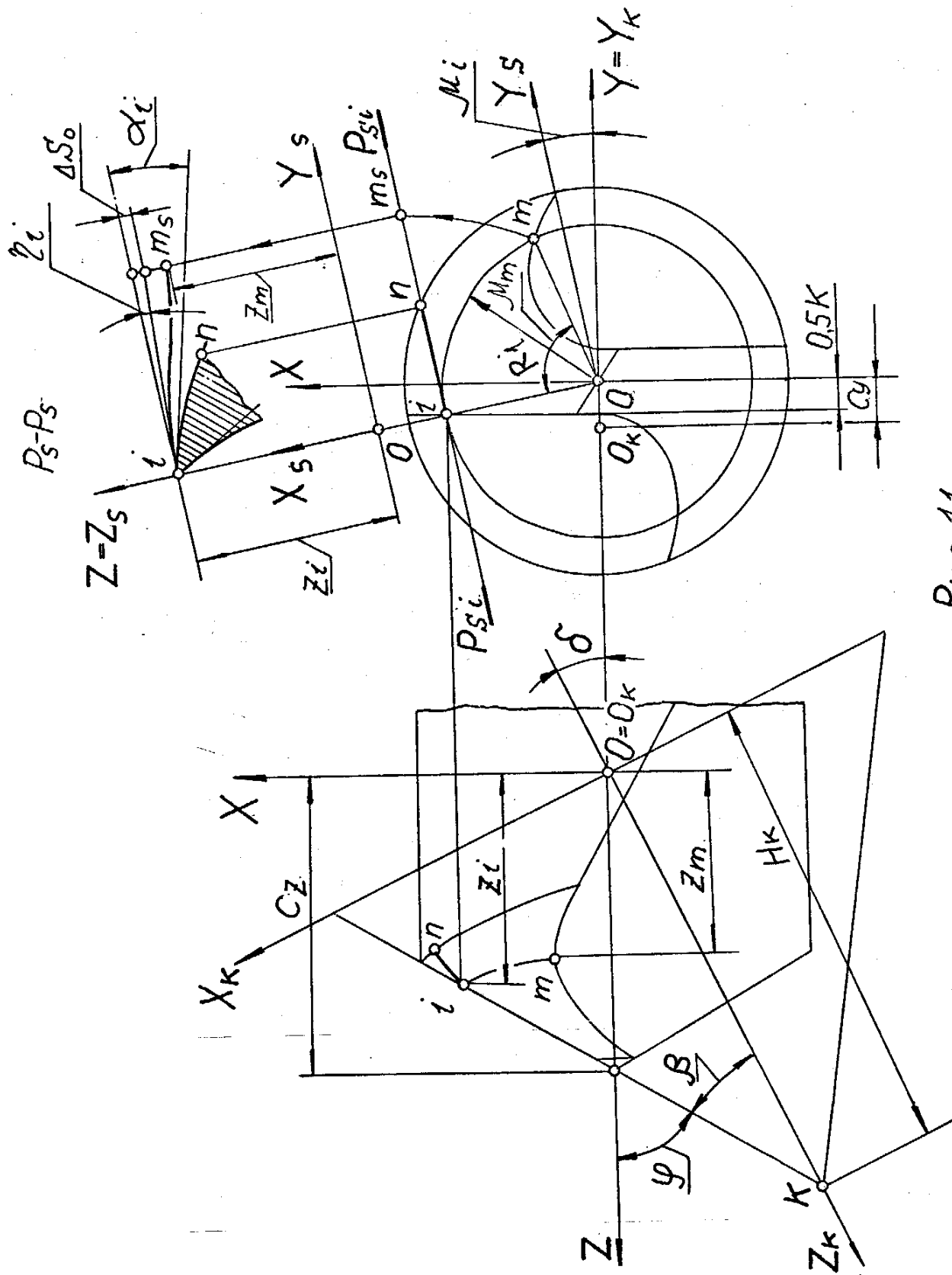
2. Уравнение плоскости  $P_{Si}$ .

$$y_s = R_i \quad (6.7)$$

3. Уравнение кривой i-n в системе  $X_s Z_s$  получим, подставив (6.7) в (6.4). Это уравнение имеет вид неявной функции  $F(X_s, Z_s)$

4. Производная неявной функции.

$$\frac{dz_s}{dx_s} = \frac{dF/dx_s}{dF/dz_s} \quad (6.8)$$





5. Координаты точки  $i$  ( $X_i, Z_i$ ):  $X_i=0$ ,  $Z_i$ - определим из (6.6) при подставке  $X_i=X_{si}=0$   $Y_{si}=R_i$ .

6. Задний угол  $\alpha_i$  найдем, подставив в (7.8) координаты точки  $i$ :

$$\alpha_i = \arctg\left(\frac{dz_s}{dx_s}\right). \quad (6.9)$$

Формула (6.9) представляет зависимость  $\alpha_i$  от всех параметров конической заточки сверла

$$\alpha_i = f(\varphi, \delta, r_c, R_i, C_x, C_z). \quad (6.10)$$

Графики зависимости (6.10) при постоянных  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\delta = 23^\circ$ ,  $\frac{r_c}{R} = 0,15$  от постоянных коэффициентов  $K_z$  и  $K_y$  показаны на рис. 12. 13 и 14. Подробнее смотри [12].

### 6.1.2. Соответствие параметров затачивания параметрам резания.

Второе условие выполнено, если любая точка кривой  $i$ - $m$ , например точка  $m$  (рис.11, сечение  $\Psi_i\Psi_i$ ) не пересекает траекторию движения точки  $i$ .

Второе условие определяется неравенствами:

$$\begin{aligned} Z_i &> Z_m \\ (Z_i - Z_m) &> S_o, \end{aligned} \quad (6.11)$$

где  $\Delta S_o$  -перемещение точки  $i$  в направлении подачи  $S_o$  при повороте сверла на угол  $\mu_m$ .

$$\Delta S_o = \frac{S_o \mu_m}{360^\circ} \quad (6.12)$$

где угол  $\mu_m$  определяют из чертежа измерением.

Координату  $Z_m$  точки  $m$  определяем из (6.6) при подстановке

$$x_s = x_m = R_i, \quad y_s = y_m = R_i \sin \mu_m.$$

Отметим, что величина зазора между траекторией движения точки  $i$  и точкой  $m_s$ , вычисленного по формуле  $\Delta Z_m = Z_i - Z_m - \Delta S_o$  функционально зависит от безразмерных коэффициентов  $K_z$  и  $K_y$  (см.[12]).

### 6.1.3 Определение кинематического угла $\alpha_{ki}$ .

Рассмотрим сечение зуба рабочей плоскостью  $\Psi_i$  (рис.11, сеч.  $\Psi_i - \Psi_i$ ). В развертке на рабочую плоскость сечения задней поверхности цилиндром радиуса  $R_i$  траектория движения точки  $i$  выпрямляется в прямую, расположенную под углом скорости резания  $\eta_i$  к оси  $Y_s$ .

$$\eta_i = \arctg\left(\frac{V_s}{V_i}\right) = \arctg\left(\frac{S_o}{2\pi R_i}\right) \quad (6.13)$$

Кинематический задний угол в точке  $i$  главного лезвия:

$$\alpha_{ki} = \alpha_i - \eta_i \quad (6.14)$$

где  $\alpha_i$  вычисляют по (6.9).

На рис.12 приведены графики изменения размеров углов скорости резания на главном и поперечном лезвиях  $\eta_i$  и  $\eta_j$  в зависимости от радиуса точки кромки.

Еще раз напомним, что добротность заточки сверла определяется выполнением двух условий. Вероятен ошибочный выбор таких параметров  $K_z$  и  $K_y$ , при которых выполнено первое условие  $\alpha_i > \alpha_{ki}$ , но не выполнено второе условие (6.11).

Условия следует проверять для граничных точек режущей кромки-точки 1 и 2 (рис.9).



$\alpha, \text{рад.}$

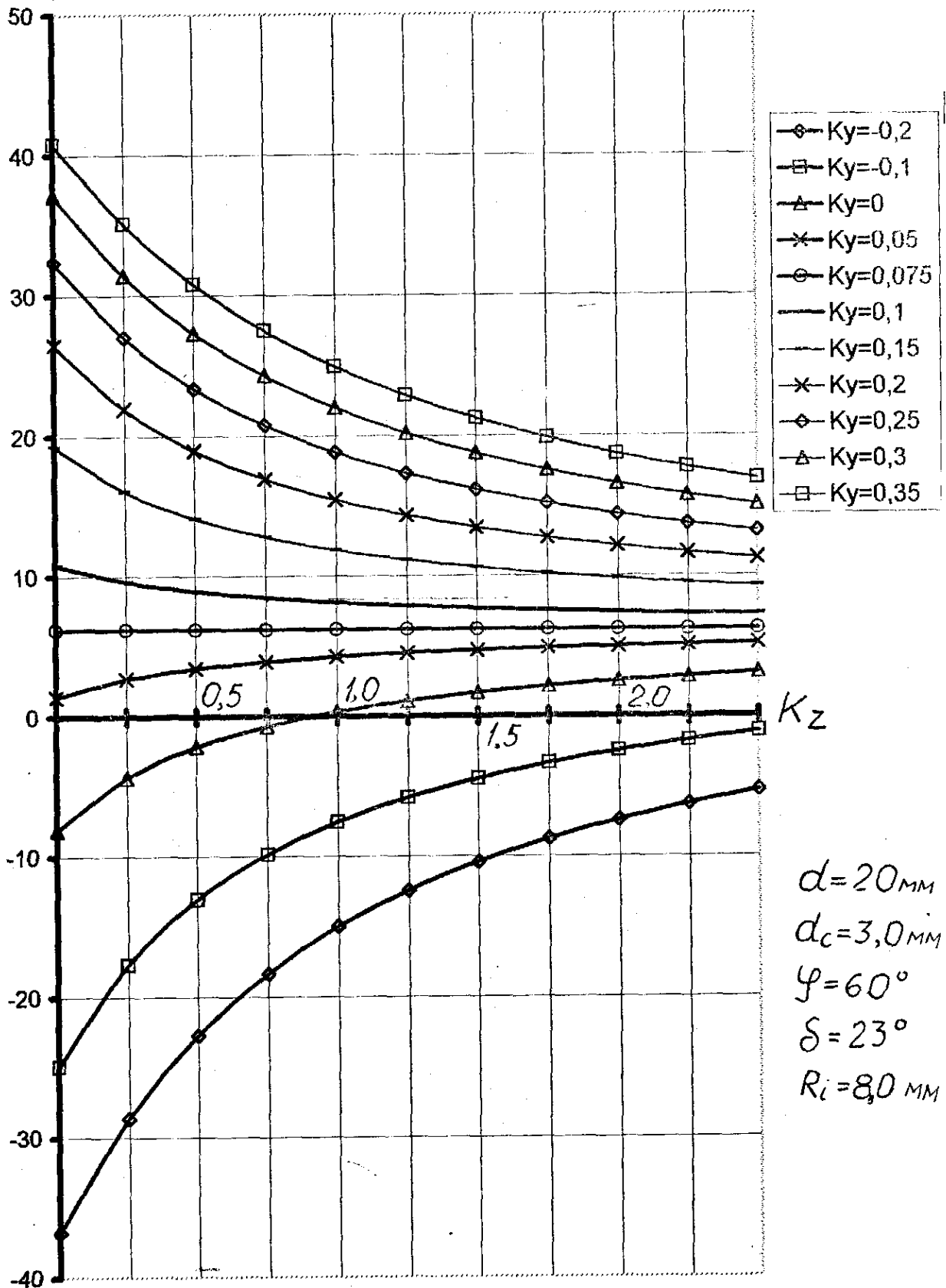


Рис. 13

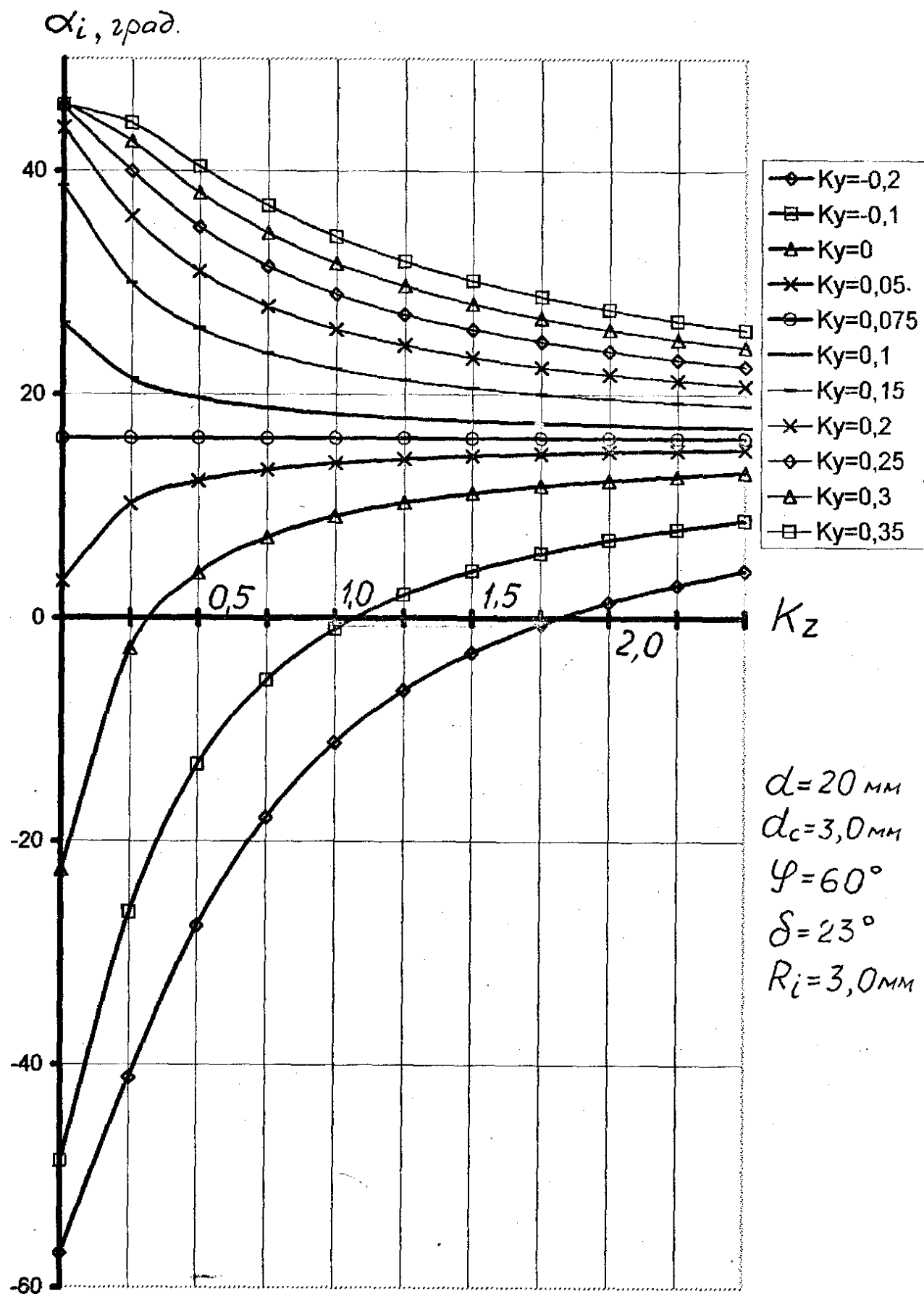


Рис. 14.

#### 6.1.4. Графо-геометрический способ определения угла $\alpha_i$ .

Расчет заднего угла в ИСК можно выполнить графо-геометрическим методом. Этот метод, выполненный обычными чертежными средствами и требующий последовательных построений известным способом замены плоскостей проекций, относительно сложен и позволяет определить размеры угла  $\alpha_i$  приближено. Однако при использовании машинной графики получают наглядные и сколь угодно точные определения заднего угла  $\alpha_i$ , который вычисляют непосредственно измерением.

Графо-геометрический способ определения  $\alpha_i$  показан на рис.15, а последовательные расчеты сведены в табл.9.

Точность графического определения угла  $\alpha_i$  зависит от размеров угла  $\xi_2$  (рис. 15 место В). Чем меньше этот угол, тем ближе прямая  $i-j$  (сеч. Psi Psi) к касательной к кривой  $i-n$  (рис.12 сеч. Psi Psi). Вместе с тем с уменьшением угла  $\xi_2$  существенно снижается точность построений при использовании обычных средств исполнения чертежа. Это противоречие преодолевается, если вычислить угол  $\alpha_i$  по формуле  $\alpha_i = \arctg\left(\frac{M_i}{M_j}\right)$  при сколь угодно малом значении  $\xi_2$ .

Эффективность применения машинной графики при решении подобных задач будет повышена, если новые программы исключат повторные построения чертежа, а позволят вводить новые исходные данные.

Таблица 9.

Расчеты к рисунку 15

Плоскость	Треугольник	Отрезок, угол	1.2.1 Формулы
$YO_KZ$	$O_K-O_C-K$	$O_C-O_K=C_Z$ $K-O_K=H$	$H = \frac{C_Z \times \sin \varphi}{\sin \beta}, \quad C_Z=0,75 \times d,$ $\beta=\varphi-\delta, \varphi=60^\circ, \delta=23^\circ$
	$O_K-K-a_1$	$K-a_1=n_1, O_K-a_1=n_2$	$n_1=H \times \sin \delta, \quad n_2=H \times \cos \delta$
	$K-a_5-f$	$K-a_5=R_C+n_1, a_5-f=n_3$	$R_C=H \times \sin \beta, \quad n_3 = \frac{R_C + n_1}{\operatorname{tg} \varphi}$
		$Z_f$ $Y_f$	$Z_f=n_2-n_3$ $Y_f=R_C$
	$K-\partial-a_4$	$K-a_4=n_4$ $a_4-\partial=R_C-n_1$ $\angle K=\beta-\delta$	$n_4 = \frac{(R_C - n_1)}{\operatorname{tg}(\beta - \delta)}$
		$Z_\partial$ $\angle \chi$	$Z_\partial=n_2-n_4$ $\chi = \arctg \frac{Z_f - Z_\partial}{2 \times R_C}$
$XO_KY$	$O_C-a_6-i$	$\angle O_C=\mu_i$ $a_6-i=Y_i$ $a_6-O_C=X_i$	$\mu_i = \arccos \frac{r_c}{R_i}, \quad Y_i=R_i \times \sin \mu_i$ $X_i=C_X-r_C, C_X=0,1 \times d, r_C=0,075 \times d$

Расчеты к рисунку 15.

$XO_KY$	$K-i-1$	$\angle K = \xi_1, K-O_K = n_1$ $O_K-I = R_C, K-I = n_5$ $Y_I$	$\xi_1 = \arctg \frac{X_i}{Y_i + n_1}$ $n_5 = n_1 \times \cos \xi_1 + \sqrt{n_1^2 \times \cos^2 \xi_1 - n_1^2 + R_C^2}$ $Y_I = n_5 \times \cos \xi_1$
	-	$\xi_2$	$\xi_2 = \xi_1 + \Delta, \Delta = 0,1 \dots 0,001$
$XO_KY$	$K-i-2$	$K-O_K = n_1, O_K-2 = R_C$ $\angle K = \xi_2, K-2 = n_6$ $Y_2$	$n_6 = n_1 \times \cos \xi_2 + \sqrt{n_1^2 \times \cos^2 \xi_2 - n_1^2 + R_C^2}$ $Y_2 = n_6 \times \cos \xi_2$
	$K-i-j$	$K-i = n_7, \angle K = \xi_2 - \xi_1$ $\angle j = \mu_i - \xi_2, j-a_7 = n_8$	$n_7 = \frac{n_1 + Y_i}{\cos \xi_1}, \quad n_8 = M_j \times \cos \mu_i$ $M_j = \frac{n_7 \times \sin(\xi_2 - \xi_1)}{\sin(\mu_i - \xi_2)}$
		$N_9$ $n_{10}$	$n_9 = n_1 + Y_i$ $n_{10} = n_9 + n_8$
$YO_KZ$	$K-a_5-f$	$K-f = n_{11}$	$n_{11} = \frac{R_C + n_1}{\sin \varphi}$
	$Место A$	$n_{12}$ $n_{13}$ $n_{14}$ $n_{15}$	$n_{12} = (R_C + n_1) - Y_1, \quad n_{13} = \frac{n_{12}}{\cos \chi}$ $n_{14} = (R_C + n_1) - Y_2, \quad n_{15} = \frac{n_{14}}{\cos \chi}$
	$K-f-1$	$K-f = n_{11}, f-1 = n_{13}$ $K-1 = n_{16}$ $\angle f = 90 - (\varphi - \chi)$ $\angle K = \varphi_1$	$n_{16} = \sqrt{n_{13}^2 + n_{11}^2 - 2 \times n_{13} \times n_{11} \times \cos(90 - (\varphi - \chi))}$ $\varphi_1 = \arcsin \left[ \left( \frac{n_{13}}{n_{16}} \right) \times \sin(90 - (\varphi - \chi)) \right]$
	$K-i-a_2$	$\angle K = \varphi - \varphi_1, i-a_2 = n_9$ $Z_i$	$Z_i = \frac{n_9}{tg(\varphi - \varphi_1)}$
	$K-f-2$	$K-f = n_{11}, f-2 = n_{15}$ $K-2 = n_{17}$ $\angle f = 90 - (\varphi - \chi)$ $\angle K = \varphi_2$	$n_{17} = \sqrt{n_{15}^2 + n_{11}^2 - 2 \times n_{15} \times n_{11} \times \cos(90 - (\varphi - \chi))}$ $\varphi_2 = \arcsin \left[ \left( \frac{n_{15}}{n_{17}} \right) \times \sin(90 - (\varphi - \chi)) \right]$
	$K-j-a_3$	$\angle K = \varphi - \varphi_2, j-a_3 = n_{10}$ $Z_j$	$Z_j = \frac{n_{10}}{tg(\varphi - \varphi_2)}$
	-	$M_i$	$M_i = Z_j - Z_i$
		$\alpha_i$	$\alpha_i = \arctg \left( \frac{M_i}{M_j} \right)$



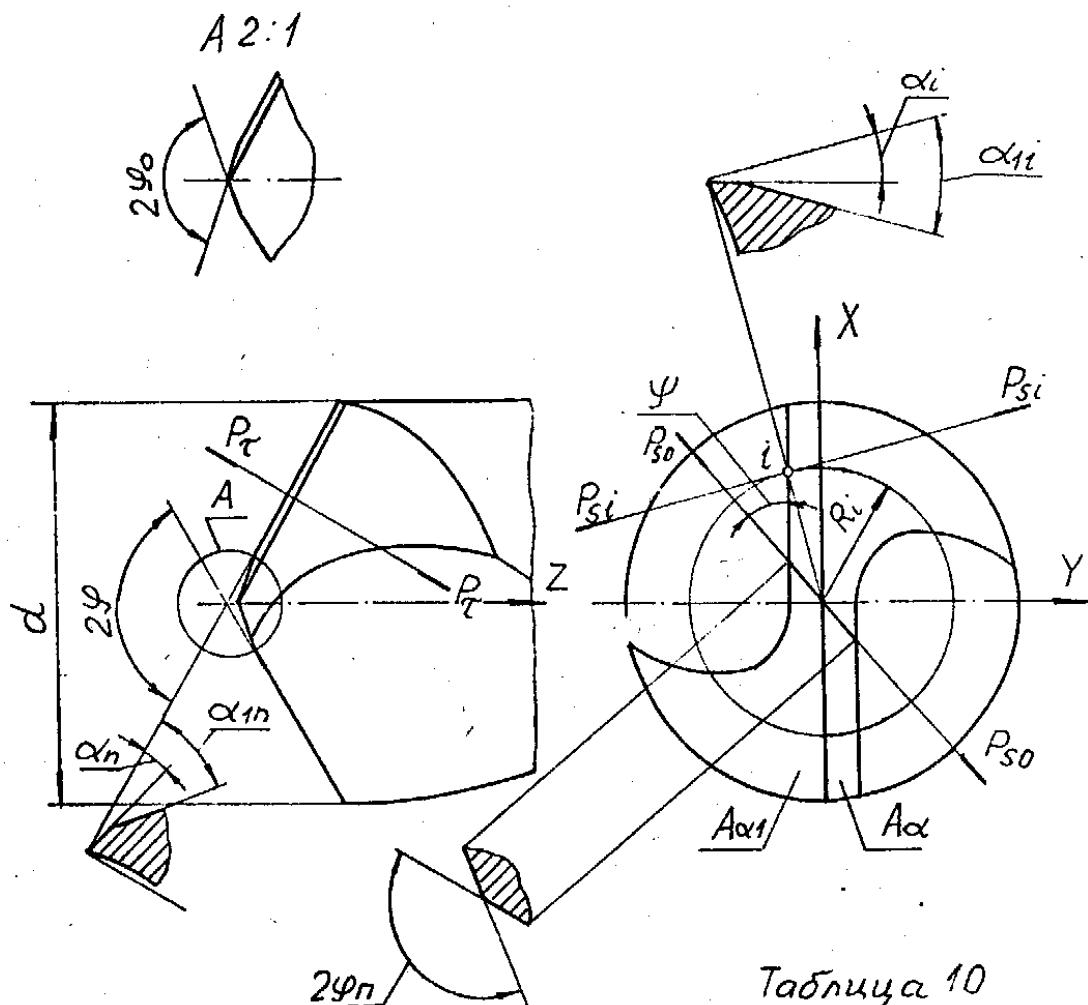


Таблица 10

Формулы для определения расчетных углов при плоскостной заточке с  $\beta = 0$

Наименование угла	Обозначение	Расчетная формула
Задний угол в плоскости $P_{Si}$	$\alpha_i$	$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{\cos \varphi \sin \mu + \operatorname{tg} \alpha_n \cos \mu}{\sin \varphi}$
Задний дополнительный угол в плоскости $P_{Si}$	$\alpha_{ii}$	$\operatorname{tg} \alpha_{ii} = \frac{\cos \varphi \sin \mu + \operatorname{tg} \alpha_{1n} \cos \mu}{\sin \varphi}$
Угол наклона поперечного лезвия на торцевом виде (XY)	$\psi$	$\operatorname{ctg} \psi = \frac{\operatorname{tg} \alpha_n + \operatorname{tg} \alpha_{1n}}{2 \cos \varphi}$
Угол наклона поперечного лезвия на осевом виде (XZ)	$\varphi_0$	$\operatorname{tg} \varphi_0 = \operatorname{tg} \varphi \frac{\operatorname{tg} \alpha_{1n} + \operatorname{tg} \alpha_n}{\operatorname{tg} \alpha_{1n} - \operatorname{tg} \alpha_n}$
Угол заострения вершины сверла в плоскости $P_{S0}$	$\varepsilon$	$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \varphi_0}{\sin \varphi}$

$$\sin \mu = r_c / R_i, \quad \cos \mu = \sqrt{(R_i^2 - r_c^2) / R_i^2}$$

Рис. 16.



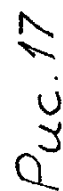
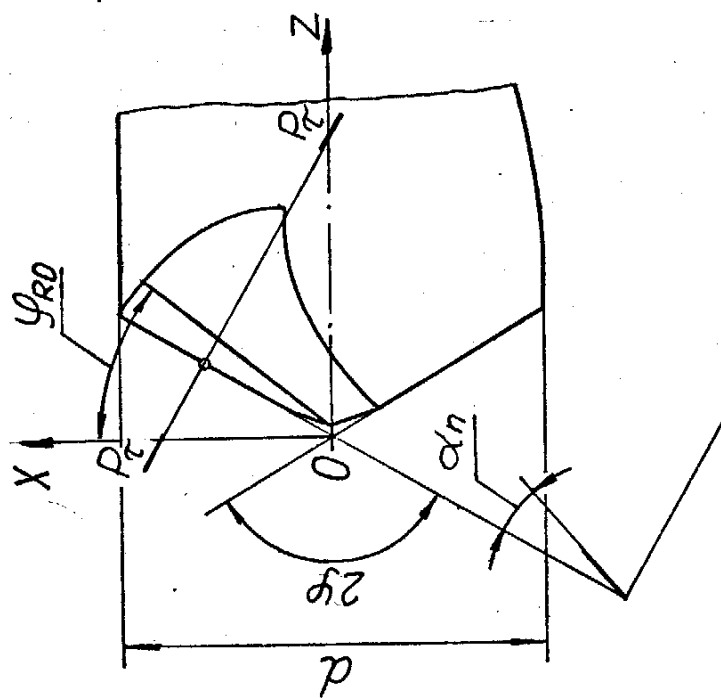


Таблица 11

Определение угловых параметров при плоскостной заточке с  $\beta \neq 0$

Наименование угла	Обозначение	Расчетная формула
Задний угол в плоскости $P_{Si}$	$\alpha_i$	$\operatorname{tg} \alpha_i = \frac{\cos \varphi \sin \mu + \operatorname{tg} \alpha_n \cos \mu}{\sin \varphi}$
Задний дополнительный угол в плоскости $P_{Si}$	$\alpha_{1i}$	$\operatorname{tg} \alpha_{1i} = \frac{\cos \mu (\sin \beta \cos \varphi_R + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha_1) - \sin \mu (\sin \beta \operatorname{tg} \alpha_1 - \cos \beta \cos \varphi_R)}{\sin \varphi_R}$
Угол наклона ребра в плоскости $X_1Y_1$	$\varphi_R$	$\operatorname{tg} \varphi_R = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{(1 + \operatorname{tg} \beta \operatorname{tg} \alpha_n / \cos \varphi) \cos \beta}$
Угол наклона ребра в плоскости $XY$	$\varphi_{R0}$	$\operatorname{tg} \varphi_{R0} = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{1 + \operatorname{tg} \beta \frac{\operatorname{tg} \alpha_n}{\cos \varphi}}$
Угол наклона поперечного лезвия на осевом виде (плоскость $XY$ )	$\psi$	$\operatorname{ctg} \psi = \frac{\frac{\operatorname{tg} \alpha_n \cos \varphi_R}{\sin \varphi} + \sin \beta \sin \varphi_R + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha_1}{\frac{\cos \varphi_R}{\operatorname{tg} \varphi} + \cos \beta \sin \varphi_R - \sin \beta \operatorname{tg} \alpha_1}$
Угол наклона поперечного лезвия на осевом виде ( $XZ$ )	$\varphi_0$	$\operatorname{tg} \varphi_0 = \frac{\cos \varphi_R + \frac{\sin \varphi}{\operatorname{tg} \alpha_n} (\sin \beta \sin \varphi_R + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha_1)}{(\sin \beta \sin \varphi_R + \cos \beta \operatorname{tg} \alpha_1) \frac{\cos \varphi}{\operatorname{tg} \alpha_n} + \sin \beta \operatorname{tg} \alpha_1 - \cos \beta \sin \varphi_R}$
Угол заострения вершины сверла в плоскости $P_{S0}$	$2\varphi_n$	$\operatorname{tg} \varepsilon = \frac{\operatorname{tg} \varphi_0}{\cos \psi}$

## 6.2. Плоскостной вид затачивания спиральных сверл.

На рис.16 и 17 показаны два наиболее распространенных вида плоскостного затачивания быстрорежущих спиральных сверл. Эти виды отличаются положением ребра между главной  $A_\alpha$  и дополнительной  $A_d$  задними гранями зуба. У первого вида (рис.16) грань совпадает с координатной плоскостью  $YZ$  и угол  $\beta = 0$ , а у второго вида (рис.17) угол  $\beta \neq 0$ . Первую схему применяют для сверл диаметром  $d$  не более 8-10 мм, а вторую для сверл с  $d$  более 20...25 мм. Обязательным условием удовлетворительной работы сверла с плоской заточкой является строгая центросимметричность расположения ребер.

Только при соблюдении этого условия (центросимметрии) плоские заточки обеспечивают хорошее врезание сверла в заготовку в первоначальный момент сверления и максимальную прямолинейность оси обрабатываемого отверстия. Затачивание с углом ребра  $\beta = 12...15^\circ$  упрочняет режущее лезвие у вершины сверла (точка 1), улучшает условие теплоотвода и, таким образом, повышает стойкость сверла.

Формулы расчета угловых параметров плоскостных видов затачивания приведены в табл.10 и 11. Более подробно о плоскостных заточках смотри в [7].

В соответствии с требованиями технологии затачивание сверл, оснащенных твердосплавными пластинами, производят по двухплоскостной схеме при  $\beta > 0$  (см. приложения).

## 7. Расчет нормального переднего угла $\gamma_n$ .

### 7.1. Графо-геометрический метод.

Схема графо-геометрического метода расчета угла  $\gamma_n$  показана на рис. 18. Исходное положение главной образующей  $a_o k_o$  в плоскостях  $XZ$  и  $YZ$  выполнено аналогично рис.9. Зададимся углом поворота образующей  $\theta_i = 30^\circ$ , отложим произвольный отрезок осевого перемещения образующей  $\rho\theta_i$ , построим новое положение образующей -  $a_i k_i$ . Размеры угла поворота и осевого перемещения образующей выбраны достаточно большими, чтобы расчетная схема была наглядной.

Окружность цилиндра произвольного радиуса  $R_i$  (проекция  $XY$ ) пересекает в точке  $i$  прямую  $a_o k_o$ . Найдем на проекции  $XZ$  положение точки  $i$ , проведем через нее след нормальной секущей плоскости  $P_{\pi} P_{\pi}$ , определим на обеих проекциях точку  $j$  как пересечение секущей плоскости с образующей  $a_i k_i$ . Поставленная задача сводится к определению отрезков  $M_1$  и  $M_2$  и построению угла  $\gamma_{nj}$ , сеч.  $P_{si} P_{si}$ . Очевидно, угол  $\gamma_{nj}$  не равен искомому углу  $\gamma_{ni}$ , который определяется касательной к кривой  $i-j$ , образованной пересечением винтовой передней поверхности секущей нормальной плоскостью. Эта кривая, показанная штрихпунктирной линией, нам известна только в двух точках, что недостаточно для построения касательной. Однако, при уменьшении угла  $\theta_i$  до сколь угодно малой величины, например, на два порядка ( $\theta_i = 0.3^\circ$ ), погрешность определения угла  $\gamma_{ni}$  становится незначительной. Таким образом задача решается итерационным методом, с использованием ЭВМ.

В таблице 12 приведена последовательность определения отрезков  $M_1$  и  $M_2$  и угла  $\gamma_{ni}$ .

$$\gamma_{ni} = \arctg(M_1 / M_2) \quad (7.1)$$

## 7.2. Аналитический метод.

Положения образующей винтовой поверхности  $k_o n_o$  и  $k_i n_i$  (рис. 18), построены известным способом (см. описание рис. 7).

Координаты точки  $n_o$  ;

$$\begin{aligned}x_{no} &= R_i \cos \zeta_{no}, \\y_{no} &= R_i \sin \zeta_{no}, \\z_{no} &= R_i \cos \zeta_{no} / \operatorname{tg} \varphi_A.\end{aligned}\quad (7.2)$$

Координаты точки  $n_i$ ;

$$\begin{aligned}x_{ni} &= R_i \cos \zeta_{ni}, \\y_{ni} &= R_i \sin \zeta_{ni}, \\z_{ni} &= R_i \cos \zeta_{no} / \operatorname{tg} \varphi_A + \rho \theta_i, \\&\text{где } \theta_i = \zeta_{no} + \zeta_{ni}.\end{aligned}\quad (7.3)$$

Винтовая поверхность задана, если определена хотя бы одна ее точка. Таким образом система уравнений (7.3) задает винтовую поверхность в параметрической форме - параметры  $R_i$ ,  $\zeta_{no}$ ,  $\zeta_{ni}$ .

Исключаем угловые параметры и запишем уравнение в общем виде:

$$\begin{aligned}z_{ni} &= \sqrt{R_i^2 - r_o^2} / \operatorname{tg} \varphi_A + p \arccos \sqrt{R_i^2 - r_o^2} / R_i + p \arccos x_{ni} / R_i, \\&\text{где } R_i^2 = x_{ni}^2 + y_{ni}^2.\end{aligned}\quad (7.4)$$

Введем новую систему координат  $X_n Y_n Z_n$  с началом координат в точке  $n_o = O_n$ . Координатная плоскость  $Y_n Z_n$  совпадает с нормальной секущей  $p_{\tau n} - p_{\tau n}$ . Выразим старые координаты точки  $n_i$  через новые  $n_n$  :

$$\begin{aligned}x_{ni} &= x_{no} + x_{nn} \sin \varphi_A - z_{nn} \cos \varphi_A, \\y_{ni} &= y_{nn} = y_{no} = r_o, \\z_{ni} &= z_{no} + z_{nn} \sin \varphi_A + x_{nn} \cos \varphi_A.\end{aligned}\quad (7.5)$$

Обозначим (7.5) -  $F(x_{ni}, y_{ni}, z_{ni}) = 0$  (7.6)

Подставим в (7.6) значения (7.4) и вычислим производную неявной функции:

$$\frac{dz_{nn}}{dy_{nn}} = \frac{\partial F / \partial y_{nn}}{\partial F / \partial z_{nn}} \quad (7.7)$$



Графо-геометрический метод расчета угла  $\gamma_n$  (рис 18).

Дано: $p = R / \operatorname{tg} \omega$ , $d$ , $d_c$ , $\omega$ $\varphi_A$ .		
Треугольник	Обозначение стороны угла при вершине	Формулы
В плоскости XY		
$O-k_o-i$	$O-k_o=r_c$ , $\angle k_o=90^\circ$ , $O-i=R_i$ , $i-k_o=n_1$ , $\angle a_o=\theta_o$ .	$n_1=\sqrt{R_i^2-r_c^2}$ $\theta_o=\arcsin r_c / R$
В плоскости XZ		
$O-1-i$	$O-1=n_1$ , $O-i=n_2$ , $1-i=n_3$ , $\angle i=\varphi_A$ .	$n_2=n_1 / \sin \varphi_A$ $n_3=n_1 / \operatorname{tg} \varphi_A$
$2-k_i-3$	$k_i-3=n_4$ $2-3=n_5$ $\angle 2=\varphi_{Ai}$	$n_4=r_c \sin \theta_i$ $n_5=n_4 / \operatorname{tg} \varphi_{Ai}$ $\varphi_{Ai}=\arctg(\operatorname{tg} \varphi_A \cos \theta_i)$
$O-2-4$	$O-2=n_6$ $2-4=n_7$ $O-4=n_8$ , $\angle O=\varphi_A$ .	$n_6=p \theta_i-n_5$ $n_7=n_6 \sin \varphi_A$ $n_8=n_6 \cos \varphi_A$
$2-5-j$	$2-5=n_9$ , $\angle 2=\varphi_A-\varphi_{Ai}$ $5-j=n_{10}$ $2-j=n_{11}$	$n_9=n_2-n_8$ $n_{10}=n_9 \operatorname{tg}(\varphi_A-\varphi_{Ai})$ $n_{11}=n_9 / \cos(\varphi_A-\varphi_{Ai})$
В плоскости XY		
$O-k_o-10$	$O-k_o=r_c$ , $\angle O=\theta_i / 2$ , $k_o-10=n_{13}$ .	$n_{13}=r_c \operatorname{tg}(\theta_i / 2)$
$k_o-10-8$	$\angle 10=\theta_i$ , $k_o-8=n_{14}$ .	$n_{14}=n_{13} \operatorname{tg} \theta_i$
$2-j-6$	$2-j=n_{11}$ , $\angle 2=\varphi_{Ai}$ , $j-6=n_{12}$ .	$n_{12}=n_{11} \sin \varphi_{Ai}$
$j-9-8$	$8-9=n_{12}$ , $j-9=n_{15}$ .	$n_{15}=n_{12} \operatorname{tg} \theta_i$
-	$M_2=n_{15}-n_{14}$	-

$$M_1 = n_7 + n_{10}$$

$$M_1 = ((p \theta_i - r_c \sin \theta_i) / \operatorname{tg} \varphi_{Ai}) \sin \varphi_A + ((\sqrt{R_i^2 - r_c^2} / \sin \varphi_A - (p \theta_i - r_c \sin \theta_i) \operatorname{tg} \varphi_{Ai} \cos \varphi_A)) \operatorname{tg}(\varphi_A - \varphi_{Ai})$$

$$M_2 = ((\sqrt{R_i^2 - r_c^2} / \sin \varphi_A - (p \theta_i - r_c \sin \theta_i) / \operatorname{tg} \varphi_{Ai}) \cos \varphi_A / \cos(\varphi_A - \varphi_{Ai})) \sin \varphi_{Ai} \operatorname{tg} \theta_i - r_c \operatorname{tg}(\theta_i / 2) \operatorname{tg} \theta_i,$$

$$\gamma_{nj} = \arctg(M_2 / M_1).$$

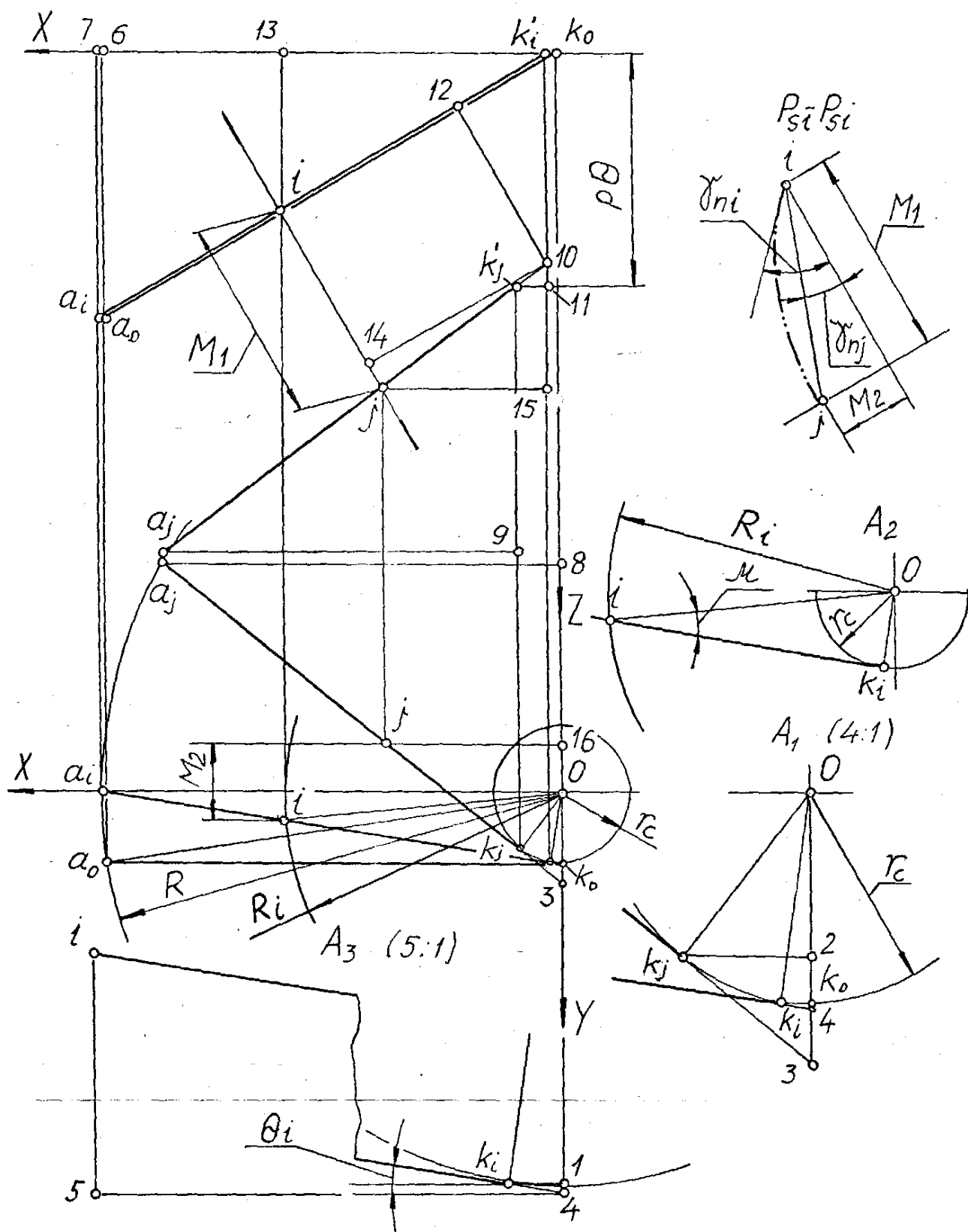
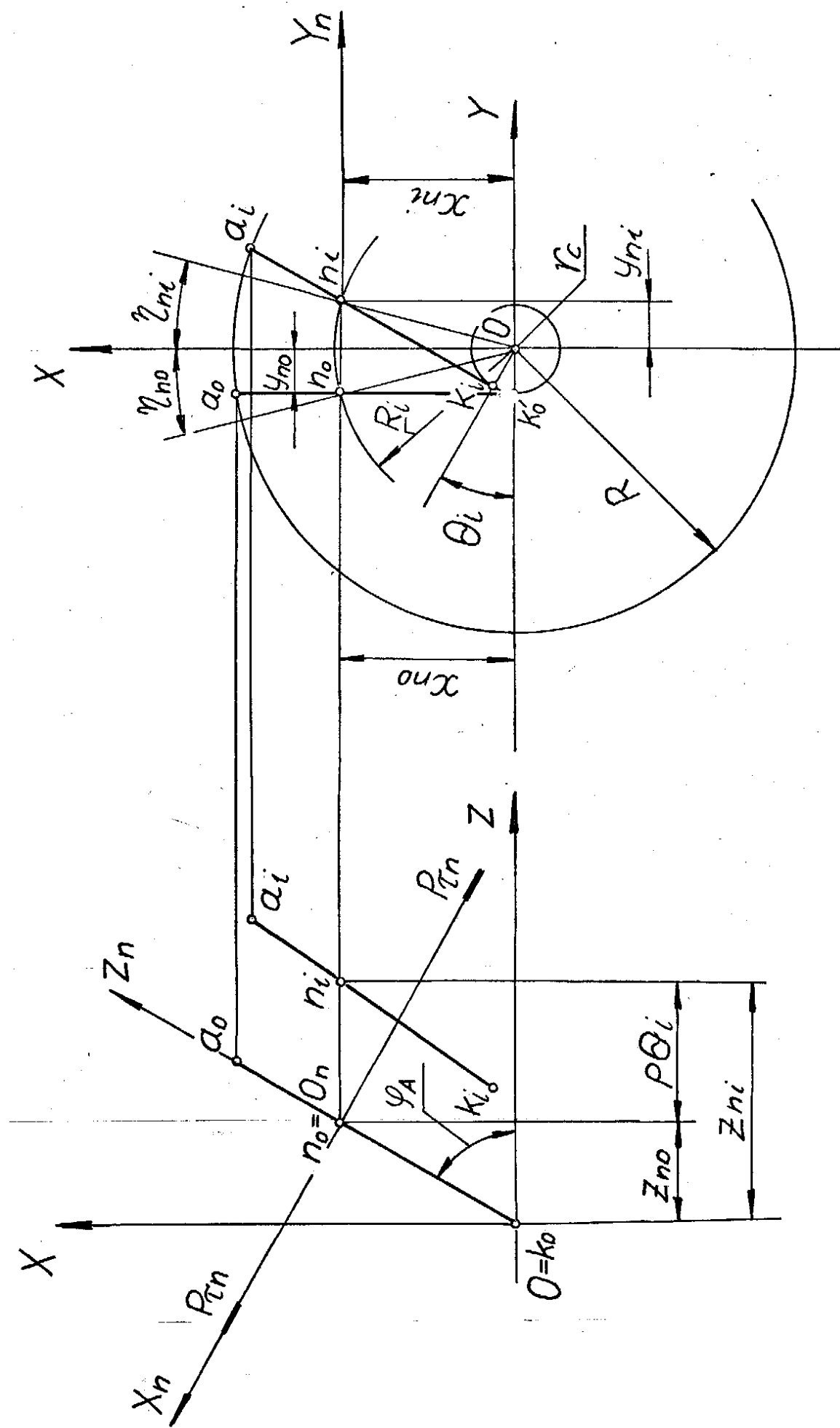


Рис. 19





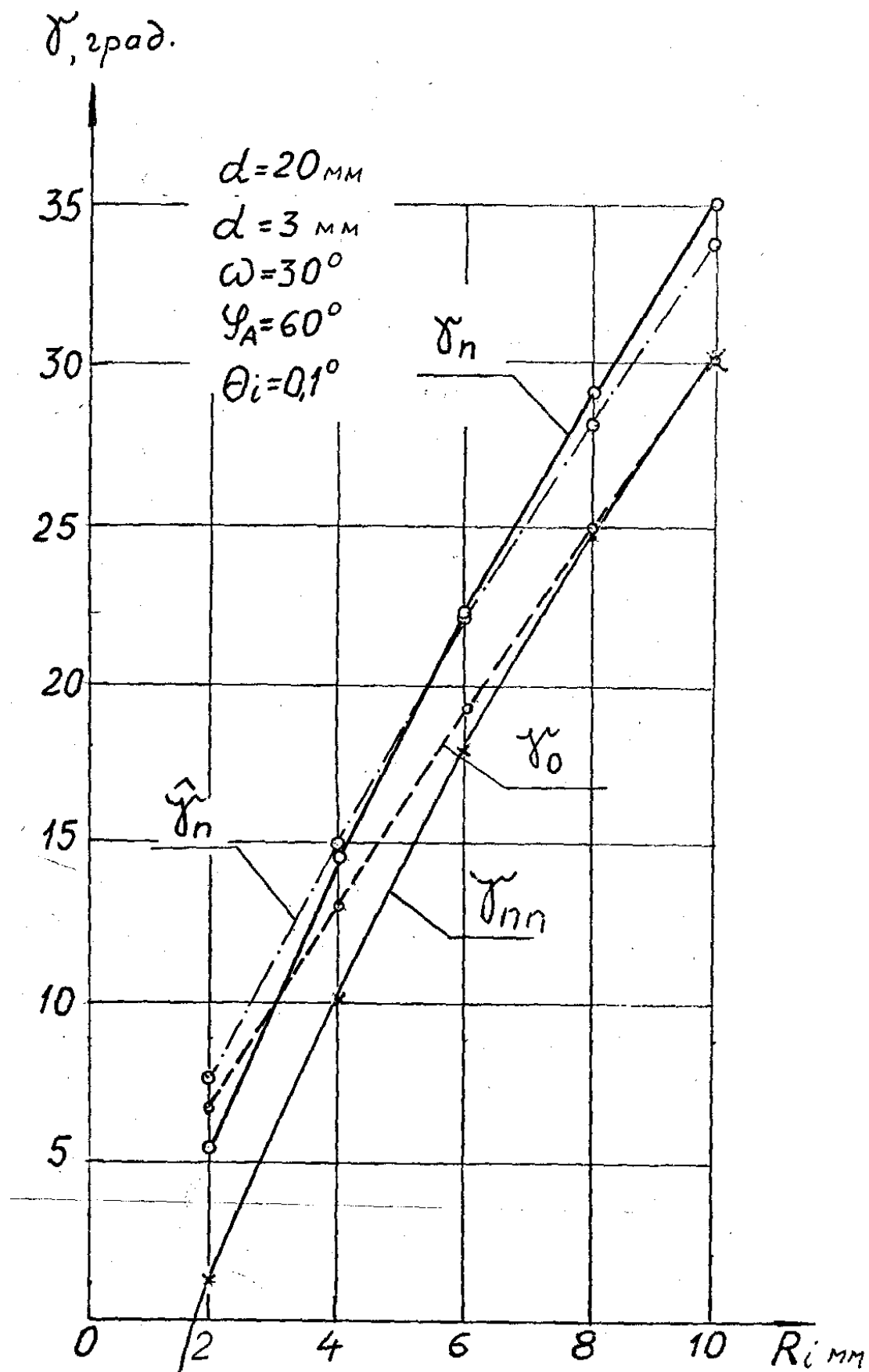


Рис. 21.

Таблица 13.

Исходные условия: $R=100$ , $R_i=60$ , $r_c=15$ , $\omega=46,32070377^\circ$ , $\theta_i=30^\circ$ , $\varphi_A=60^\circ$ .		
1	2	3
В плоскости XY		
$\Delta$	Отрезки, углы	Формулы
$o-a_i-k_i$	$\angle a_o = \theta_o$ , $o-k_i = r_c$ , $o-a_i = R$ , $a_i-k_i = n_1$ .	$\theta_o = \arcsin r_c / R$ $n_1 = R \cos \theta_o$
$o-k_i-1$	место $A_i$ $\angle o = \theta_o$ , $o-k_i = r_c$ , $k_i-1 = n_2$ .	$n_2 = r_c \sin \theta_o$
$o-k_j-2$	$\angle o = \theta_o + \theta_i$ , $o-k_j = r_c$ , $o-2 = n_3$ .	$n_3 = r_c \sin(\theta_o + \theta_i)$
$o-k_j-3$	$\angle o = \theta_o + \theta_i$ , $o-k_j = r_c$ , $o-3 = n_4$ , $k_j-3 = n_5$ .	$n_4 = r_c / \cos(\theta_o + \theta_i)$ $n_5 = r_c \operatorname{tg}(\theta_o + \theta_i)$
$k_i-1-4$	$\angle k_i = \theta_o$ , $k_i-1 = n_2$ , $1-4 = n_6$ , $k_i-4 = n_7$ .	$n_6 = n_2 \operatorname{tg} \theta_o$ , $n_7 = n_1 / \cos \theta_o$ ,
$i-o-k_i$	место $A_2$ , $\angle i = \mu_i$ , $i-k_i = n_8$ .	$\mu_i = \arcsin r_c / R_i$ $n_8 = R_i \cos \mu_i$
$i-4-5$	место $A_3$ , $\angle 4 = \theta_o$ , $i-4 = n_7 + n_8$ , $i-5 = n_9$ , $4-5 = n_{10}$ .	$n_9 = (n_7 + n_8) \sin \theta_o$ $n_{10} = (n_7 + n_8) \cos \theta_o$
$o-k_i-4$	$\angle o = \theta_o$ , $o-4 = n_{11}$ .	$n_{11} = r_c / \cos \theta_o$
	Координаты точки $i$ : $x_i, y_i$ .	$x_i = n_{10}$ $y_i = -n_9 + n_{11} + \dots$
$a_j-3-8$	$a_j-3 = n_1 + n_5 = n_{12}$ , $\angle a_j = \theta_o + \theta_i$ , $a_j-8 = n_{13}$ .	$n_{12} = 110,8559$ $n_{13} = n_{12} \cos(\theta_o + \theta_i)$
В плоскости XZ		
$k_o-a_o-6$	$\angle a_o = \varphi_A$ , $k_o-6 = n_1$ , $a_o-6 = n_{11}$	$n_{11} = n_1 / \operatorname{tg} \varphi_A$
$k'_i-a_i-7$	$k_i-7 = n_{15}$ , $a'-7 = n_{14}$ , $\angle a_i = \varphi_{Ai}$	$n_{15} = R - n_2$ $\varphi_{Ai} = \arctg(n_{15} / n_{14})$
$a_j-k_j-9$	$a_j-9 = n_{13} - n_3$ , $k'_j-9 = n_{14}$ , $\angle 9 = \varphi_{Aj}$	$\varphi_{Aj} = \arctg(n_{13} - n_2 / n_{14})$
$k_j-10-11$	$k'_j-11 = n_3 - n_2$ , $\angle 10 = \varphi_{Aj}$ , $10-11 = n_{17}$	$n_{17} = (n_3 - n_2) / \operatorname{tg} \varphi_{Aj}$
$10-12-k'_i$	$10-k'_i = p\theta - n_{17}$ , $\angle k'_i = \varphi_{Ai}$ , $10-12 = n_{18}$ , $12-k'_i = n_{19}$ .	$n_{18} = (p\theta - n_{17}) \sin \varphi_{Ai}$ $n_{19} = (p\theta - n_{17}) \cos \varphi_{Ai}$
В плоскости XZ		
$k'_i-i-13$	$k'_i-13 = n_{10} - n_2$ , $k'_i-i = n_{20}$ , $\angle i = \varphi_{Ai}$ .	$n_{20} = (n_{10} - n_2) / \sin \varphi_{Ai}$
$10-14-j$	$\angle 10 = \varphi_{Ai} - \varphi_{Aj}$ , $\angle 14 = 90^\circ$ , $10-14 = n_{20} - n_{19}$ , $14-j = n_{21}$ , $10-j = n_{22}$ .	$n_{21} = (n_{20} - n_{19}) \operatorname{tg}(\varphi_{Ai} - \varphi_{Aj})$ $n_{22} = (n_{20} - n_{19}) / \cos(\varphi_{Ai} - \varphi_{Aj})$
-	$i-j = M_1$	$M_1 = n_{18} + n_{21}$
$10-15-j$	$10-j = n_{22}$ , $\angle 10 = \varphi_{Aj}$ , $j-15 = n_{23}$ .	$n_{23} = n_{22} \sin \varphi_{Aj}$

1	2	3
В плоскости XY		
$j-16-3$	$\angle j = \theta_o + \theta_i, \quad j-16 = n_{23} + n_2,$ $16-3 = n_{24}.$	$n_{24} = (n_{23} + n_2)tg(\theta_o + \theta_i)$
	$y_j = n_{24} - n_4, \quad M_2 = y_j = [n_{24} - n_4],$ $tg\gamma_{nj} = \frac{y_j}{M_1}.$	

## 8. Форма главной режущей кромки зуба сверла.

Главная режущая кромка сверла является пространственной (неплоской) кривой. Это обусловлено тем, что прямые, образующие переднюю винтовую и заднюю коническую поверхности не совпадают.

При конической заточке задней поверхности с параметрами  $\varphi=60^\circ$ ,  $\delta=23^\circ$ ,  $C_y=0,1d$ ,  $C_z=0,75d$ ,  $\varphi_A=60^\circ$  величина кривизны режущей кромки невелика, однако с увеличением размера  $C_y$  и, в особенности, при соблюдении неравенства  $\varphi_A \neq \varphi$ , кривизна может достигать значительных величин.

В настоящее время нет достаточно обоснованных данных о влиянии кривизны кромок на процесс сверления. Считается, что вогнутые кромки несколько снижают стойкость сверла, а выпуклые кромки способствуют лучшему дроблению стружки.

Отметим, что режущая кромка будет теоретически прямой при плоскостной заточке, если углы  $\varphi$  и  $\varphi_A$  равны.

Ниже приведено графическое и аналитическое определение формы режущей кромки при конической заточке. Режущая кромка образуется пересечением передней винтовой поверхности задней конической поверхностью, параметры расположения которых были показаны на рис.11.

Поставленная задача решается в три этапа:

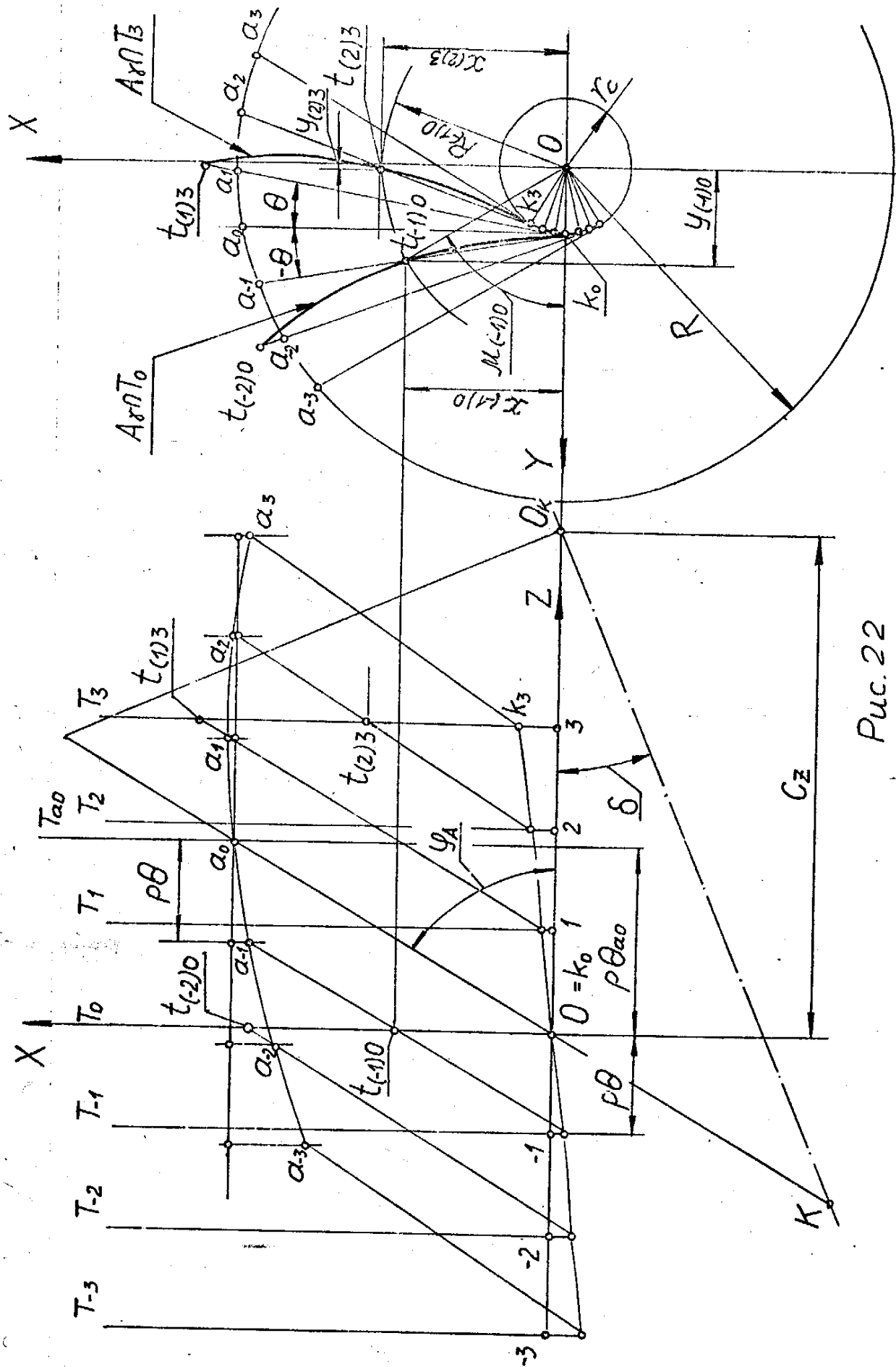
1. Определение линии пересечения винтовой поверхности  $A_\gamma$  секущей плоскостью  $T_j$ , перпендикулярной оси  $Z$  ( $A_\gamma \cap T_j$ );
2. Определение линии пересечения задней конической поверхности  $A_\alpha$  той же секущей плоскостью  $T_j$  ( $A_\alpha \cap T_j$ );
3. Определение координат точки 1 ( $x_{1j}$ ,  $y_{1j}$ ,  $z_{1j}$ ) режущей кромки, как точки пересечения двух кривых, лежащих в плоскости  $T_j$ .

### Этап 1 (рис. 22).

По известным размерам  $R=0,5d$ ,  $r_c=0,15R$ ,  $\varphi_A=\varphi=60^\circ$ ,  $C_y=0,1d$ ,  $C_z=0,75d$ ,  $\omega=30^\circ$ ,  $\delta=23^\circ$  строим взаимное положение сверла и заточного конуса. Обозначим систему координат XYZ сверла, в которой ось  $Z$  совпадает с осью вращения сверла. Вычисляем величину винтового параметра  $p=R/tg\omega$ , задаемся угловым параметром  $\Theta$  и определяем шаг секущих плоскостей  $p\Theta$ .

Строим промежуточные положения главной образующей  $a_0k_0$  винтовой поверхности способом, рассмотренным ранее. Напомним, что при повороте образующей  $a_0k_0$  по часовой стрелке угол  $\Theta$  имеет положительный знак, а при обратном повороте – отрицательный.

Проведем перпендикулярно оси  $Z$  следы секущих плоскостей с шагом  $p\Theta$ . Обозначим секущие плоскости индексом  $j$ :  $T_0, T_1, \dots, T_j$  и  $T_{-1}, \dots, T_{-j}$ .



Построим линию пересечения винтовой поверхности плоскостью  $T_0$  ( $A_{\gamma} \cap T_0$ ). Обозначим точки кривой  $t_{ij}$ , где в индексе  $i$  – порядковый номер положения образующей, а  $j$  – порядковый номер сечения плоскости. На плоскости  $T_0$ , совпадающей с плоскостью  $XY$ , эта кривая задана точками  $k_0$ ,

$$t_{(-1)0}, t_{(-2)0}.$$

Координаты точки  $t_{(-1)0}$  в параметрическом виде:

$$\begin{aligned} X_{(-1)0} &= -p \Theta \operatorname{tg}(\varphi_A) \cos(\Theta) + r_c \sin(\Theta) \\ Y_{(-1)0} &= p \Theta \operatorname{tg}(\varphi_A) \sin(\Theta) + r_c \cos(\Theta) \\ Z_{(-1)0} &= 0 \end{aligned} \quad (8.1)$$

где, угловой параметр  $\Theta$  имеет знак минус.

Вывод формулы (8.1) смотри [8].

Аналогично построена линия пересечения  $A_{\gamma} \cap T_3$ , проходящая через точки  $k_3$ ,  $t_{(2)3}$ ,  $t_{(1)3}$ .

Очевидно, что сечение винтовой поверхности любой плоскостью  $T_j$  образует кривую постоянной формы. Эта кривая будет повернута относительно исходного положения ( $T_0$ ) на угол  $\Theta_i = i\Theta$ . Так при переходе из положения  $T_0$  в положение  $T_3$  точки  $t_{(-1)0}$  и  $t_{(2)3}$  будут лежать на окружности радиуса  $R_{(-1)0}$ , а угловой параметр их составит  $3\Theta$ .

Начальное положение точки  $t_{(-1)0}$  задано радиус-вектором  $R_{(-1)0}$  и углом  $\mu_{(-1)0}$ , которые вычисляют через координаты  $x_{(-1)0}$  и  $y_{(-1)0}$ :

В общем виде для любой точки  $i$  сечение  $T_0$ :

Координаты точек  $ij$  в  $i$ -ом сечении:

$$\begin{aligned} R_{(i)0} &= \sqrt{x_{(i)0}^2 + y_{(i)0}^2}, \\ \mu_{(i)0} &= \operatorname{arctg} \left( \frac{x_{(i)0}}{y_{(i)0}} \right), \\ R_{(-1)0} &= \sqrt{x_{(-1)0}^2 + y_{(-1)0}^2}, \\ \mu_{(-1)0} &= \operatorname{arctg} \left( \frac{x_{(-1)0}}{y_{(-1)0}} \right). \end{aligned} \quad (8.2)$$

$$\begin{aligned} X_i &= -p(i\Theta + \Theta_0) \operatorname{tg}(\varphi_A) \cos(i\Theta + \Theta_0) + r_c \sin(i\Theta + \Theta_0), \\ Y_i &= p(i\Theta + \Theta_0) \operatorname{tg}(\varphi_A) \sin(i\Theta + \Theta_0) + r_c \cos(i\Theta + \Theta_0), \end{aligned} \quad (8.3)$$

где угловой параметр  $\Theta_0$  – имеет знак минус.

В параметрическом виде формулы 8.3:

$$\begin{aligned} X_{(i)j} &= R_{(i)0} \sin(\mu_{(i)0} + \Theta_i) \\ Y_{(i)j} &= R_{(i)0} \cos(\mu_{(i)0} + \Theta_i) \end{aligned} \quad (8.4)$$

Определение дополнительного сечения плоскостью  $T_{a0}$ .

При выбранном шаге секущая плоскость не проходит через точку  $a_0$ , поэтому необходимо провести дополнительное сечение  $T_{a0}$  и рассчитать соответствующий этому сечению угловой параметр  $\Theta_{a0}$ .

Определим координаты точки  $a_0$  и угловой параметр  $\Theta_{a0}$ :

$$\begin{aligned} x_{a0} &= \sqrt{R^2 - r_c^2}, \\ y_{a0} &= r_c, \\ z_{a0} &= x_{a0} / \operatorname{tg} \varphi_A, \\ \Theta_{a0} &= z_{a0} / p. \end{aligned} \quad (8.5)$$

## Этап 2 (рис. 23).

Определение кривой  $A_{\alpha} \cap T_j$ .

Взаимное расположение сверла, заточного конуса и положение секущих плоскостей повторяют рис. 21.

Обозначим координаты конуса  $X_k Z_k$  и проведем след секущей плоскости  $T_1$ ; отметим косое сечение конуса  $f_1 g_1$ . Известным методом [13] определим размеры большой и малой полуосей эллипса  $a_1$  и  $b_1$  и построим проекцию сечения конуса – эллипс на плоскость  $XY$ .

Последовательность расчет размеров осей сведены в табл. 13.

Размеры большой  $a_1$  и малой  $b_1$  полуосей эллипса:

$$\begin{aligned} a_j &= 0.5[(H \sin \delta / \sin \varphi + p \Theta_i / \cos \varphi) \sin 2\beta / \cos(\varphi - 2\beta)], \\ b_j &= (p_j^2 - q_i^2)^{0.5}, \end{aligned} \quad (8.6)$$

где:  $p_j = (p \Theta_i / \cos \varphi + H \sin \delta / \sin \varphi - a_j \sin \delta / \sin(90 + \varphi - \delta)) \sin \beta$ ,

$q_i = p_j - a_j \sin(90 - \varphi) / \sin(90 + \varphi - \delta)$ ,

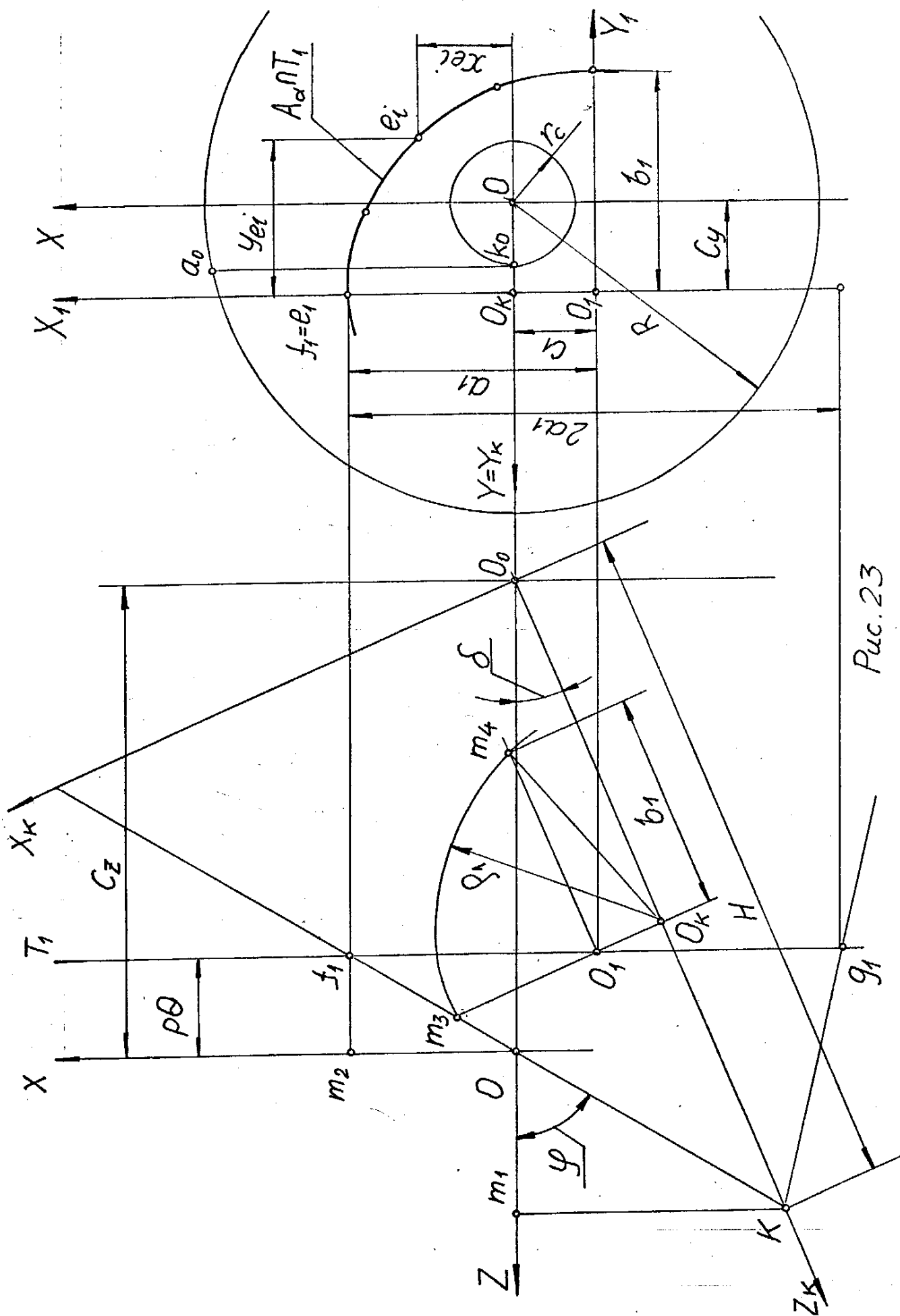
$H = C_z \sin(\varphi) / \sin(\beta)$ ,

$\beta = \varphi - \delta$ .

## Последовательность расчета осей эллипса (рис. 23).

Таблица 14.

Треугольник	Обозначение стороны и углов при вершине	Формула
Проекция XZ		
$O_0-K-m_1$	$O-K=H$ $\angle O_0=\delta$ $\angle m_1=90^\circ$ $K-m_1=q_1$	$q_1=H \sin(\delta)$ $H=C_z \sin(\varphi) / \sin(\beta)$ $\beta=\varphi-\delta$
$O-m_2-f_1$	$M_2-f_1=p \Theta$ $\angle f_1=\varphi$ $O-m_2=q_2$ $O-f_1=q_3$	$q_2=p \Theta \operatorname{tg}(\varphi)$ $q_3=p \Theta / \cos(\varphi)$
$O-K-m_1$	$K-m_1=H \sin(\delta)$ $\angle O=90^\circ$ $K-O=q_4$	$q_4=H \sin(\delta) / \sin(\varphi)$
$K-f_1-q_1$	$K-f_1=q_3+q_4$ $\angle K=2\beta$ $\angle f_1=90-\varphi$ $\angle q_1=90+\varphi-2\beta$ $f_1-q_1=2a$	$2a=(q_3+q_4) \sin(2\beta) / \sin(90+(\varphi-2\beta))$
$f_1-O_1-m_3$	$f_1-O_1=a$ $\angle f_1=90-\varphi$ $\angle O_1=\delta$ $\angle m_3=90+\varphi-\delta$ $m_3-f_1=q_5$ $m_3-O_1=q_6$	$q_5=a \sin(\delta) / \sin(90+\varphi-\delta)$ $q_6=a \sin(90-\varphi) / \sin(90+\varphi-\delta)$
$K-m_3-O_k$	$K-m_3=q_3+q_4-q_5$ $\angle K=\beta$ $m_3-O_k=p_1$	$p_1=(p \Theta / \cos(\varphi) + H \sin(\delta) / \sin(\varphi) -$ $a \sin(\delta) / \sin(90+\varphi-\delta)) \sin(\beta)$
$O_1-O_k-m_4$	$O_k-m_4=p_1$ $O_1-O_k=q_7$ $\angle O_1=90^\circ$ $O_1-m_4=b_1$	$q_7=p_1-q_6$ $b_1=(p_j^2-q_i^2)^{0.5}$ $c_1=a_1-q_2=a_1-p \Theta / \operatorname{tg}(\varphi)$



Каноническое уравнение эллипса в системе  $X_3O_3Y_3$ :

$$\frac{x_{li}^2}{a_j^2} + \frac{y_{li}^2}{b_j^2} = 1. \quad (8.7)$$

Уравнение эллипса в системе координат сверла  $X_cO_cY_c$ , с учетом переноса начала координат из  $O_3$  в  $O_c$ :

$$\frac{(x_{li} + c_j)^2}{a_j^2} + \frac{(y_{li} - c_y)^2}{b_j^2} = 1, \quad (8.8)$$

где:  $c_j = a_j - p \cdot \text{tg}(\varphi)$ .

### Этап 3. (рис. 24).

Определение координат точки  $l_j$  режущей кромки.

Точку  $l_1$  определяют как пересечение кривых  $A_\gamma \cap T_j$  и  $A_\alpha \cap T_j$ , лежащих в плоскости  $T_1$ , совпадающей с координатной плоскостью  $XY$ .

Координаты точки  $l_1$  задаются системой уравнений:

$$\begin{aligned} x_{l1} &= -p \cdot \text{tg}(\varphi_A) \cos(\Theta) + r_c \sin(\Theta), \\ y_{l1} &= p \cdot \text{tg}(\varphi_A) \sin(\Theta) + r_c \cos(\Theta), \\ \frac{(x_{li} + c_j)^2}{a_j^2} + \frac{(y_{li} - c_y)^2}{b_j^2} &= 1. \end{aligned} \quad (8.9)$$

В общем виде координаты  $l_j$  заданы системой уравнений:

$$\begin{aligned} x_{li} &= -p \cdot \text{tg}(\varphi_A) \cos(\Theta_i) + r_c \sin(\Theta_i), \\ y_{li} &= p \cdot \text{tg}(\varphi_A) \sin(\Theta_i) + r_c \cos(\Theta_i), \\ \frac{(x_{li} + c_j)^2}{a_j^2} + \frac{(y_{li} - c_y)^2}{b_j^2} &= 1. \end{aligned} \quad (8.10)$$

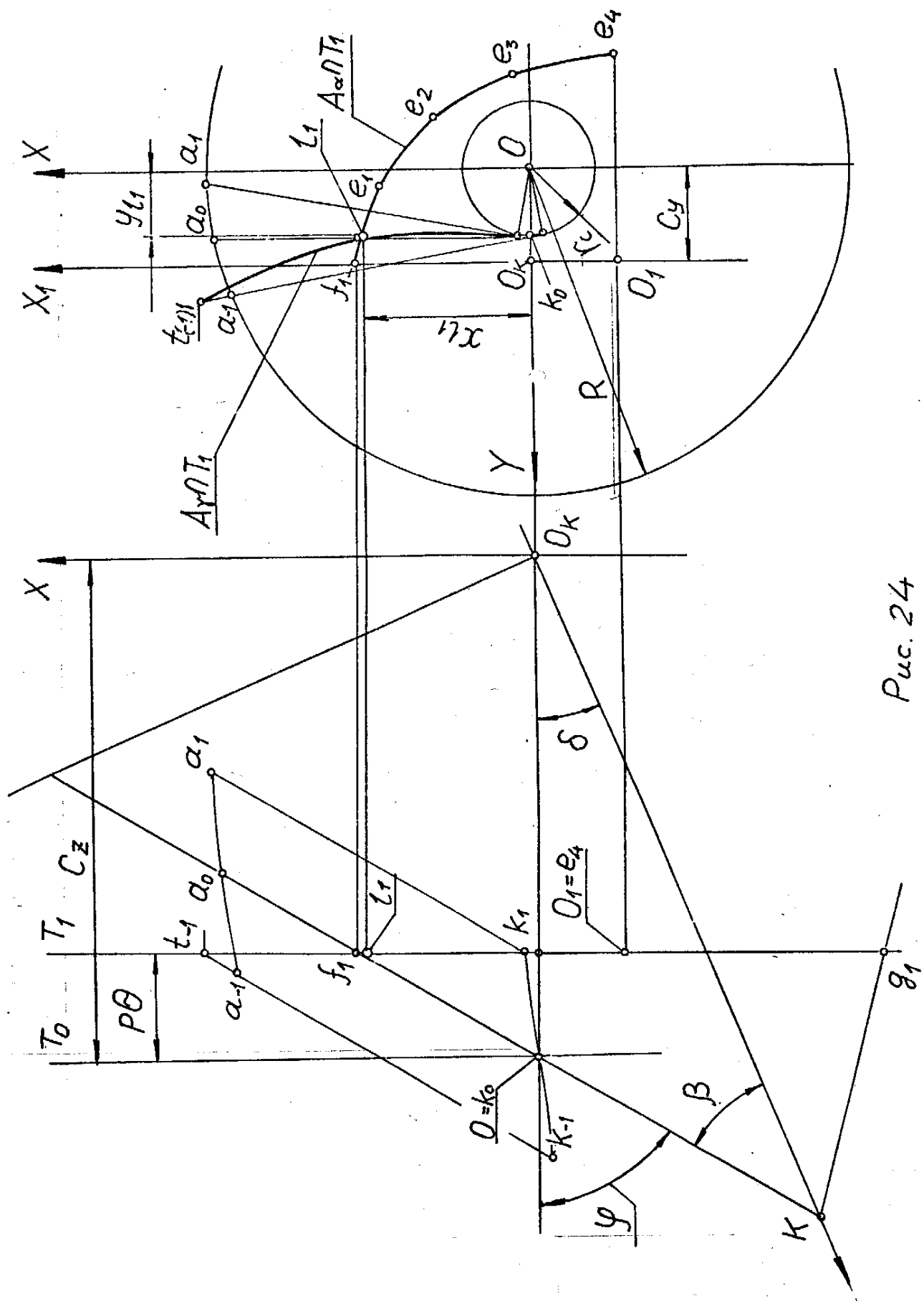
Поскольку первые два уравнения системы (8.10) являются трансцендентными, решение возможно только итерационным (приближенным) методом. Процедура решения является стандартной для реализации на ЭВМ.

Возможно также графическое решение этой задачи с использованием систем машинной графики. На рис. 25-28 и в табл. 14 показаны примеры графического решения задачи в среде AutoCAD R14, выполненные аспирантом Хромовым В. В.

Таблица 15.

Рисунок.	$\varphi^\circ$	$\varphi^\circ_A$	$C_y$	Вид режущей кромки
24	60	60	$r_c$	Прямая
25			0.1d	Слабо выраженная кривизна
26	45			Выпуклая
27	70			Вогнутая





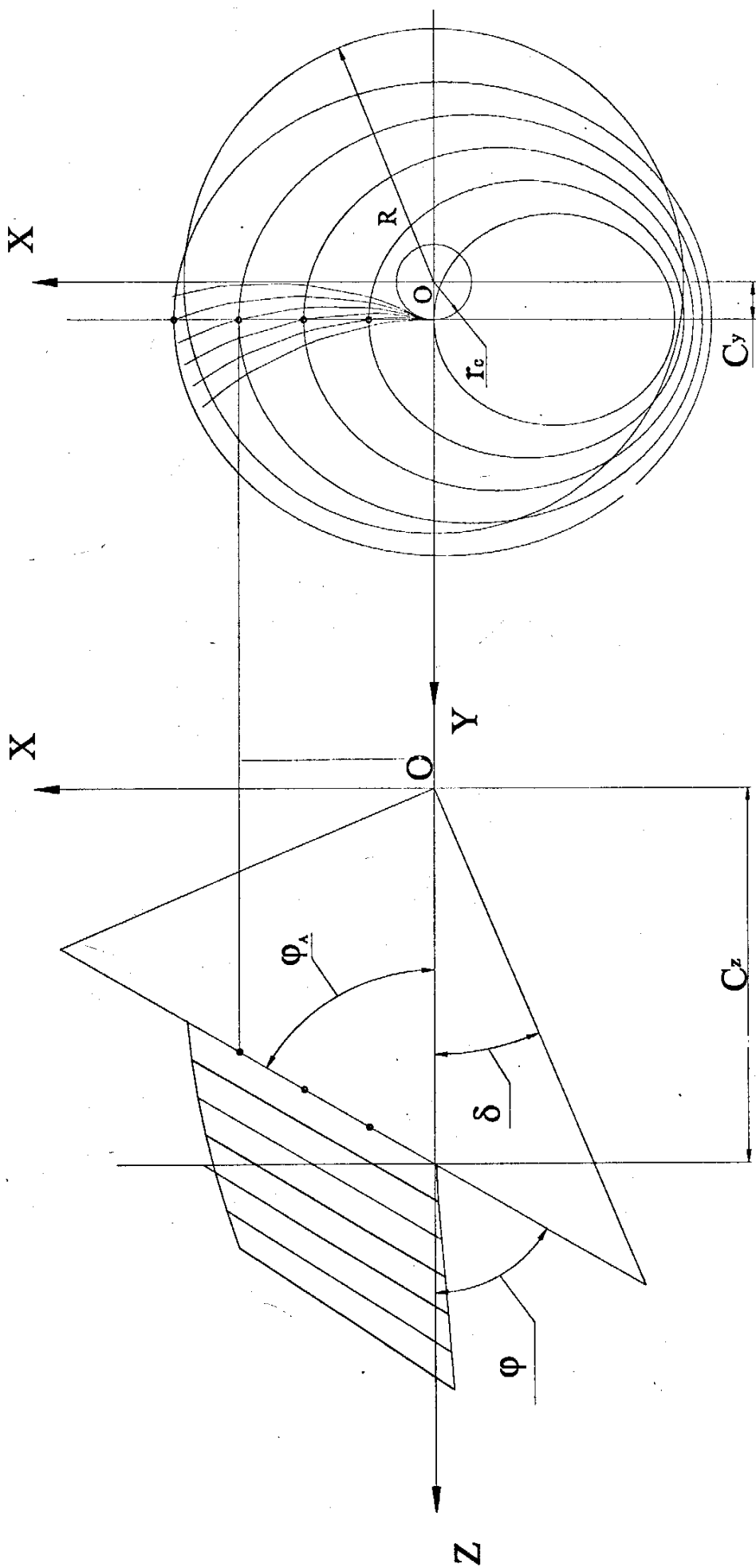


Рис. 25

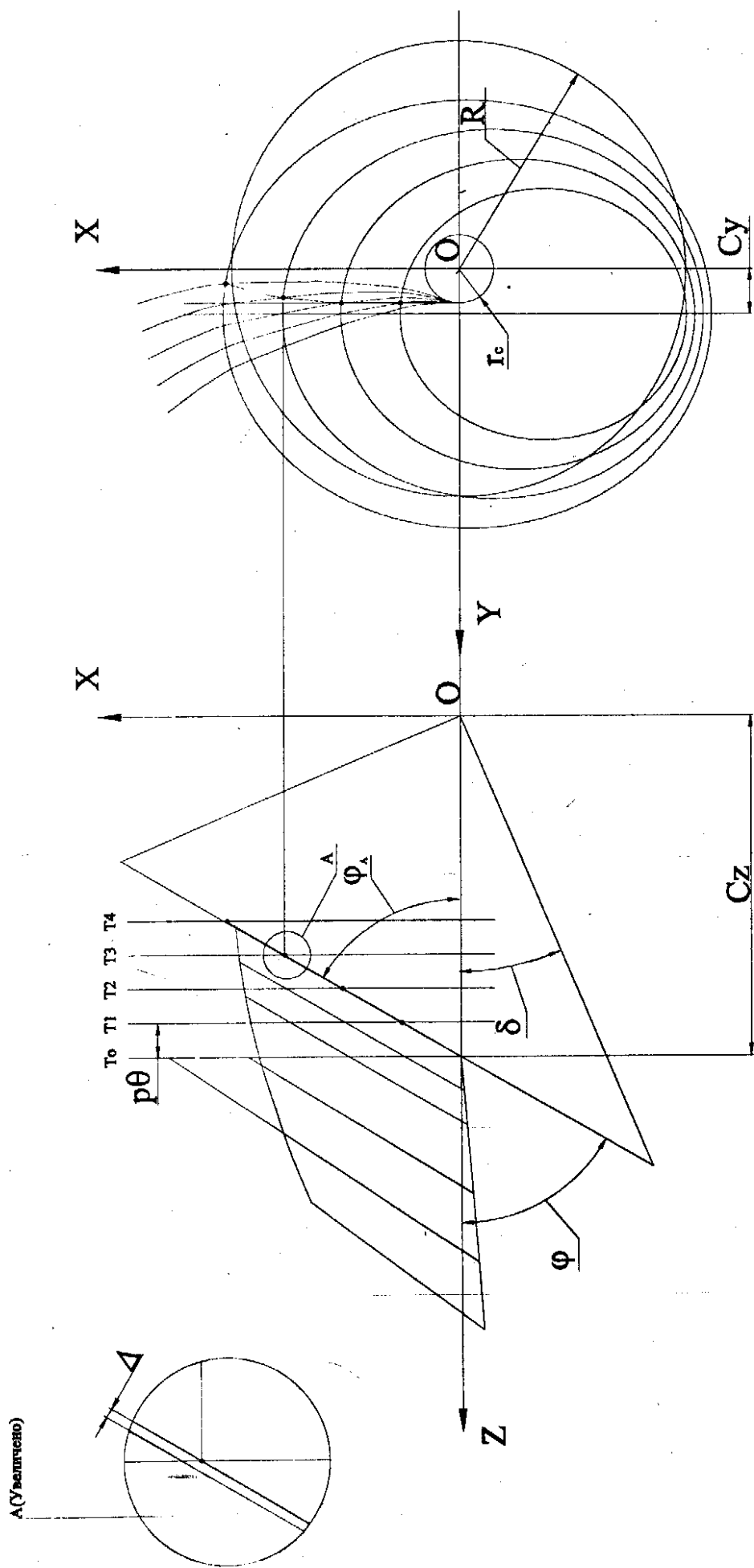


Рис. 26

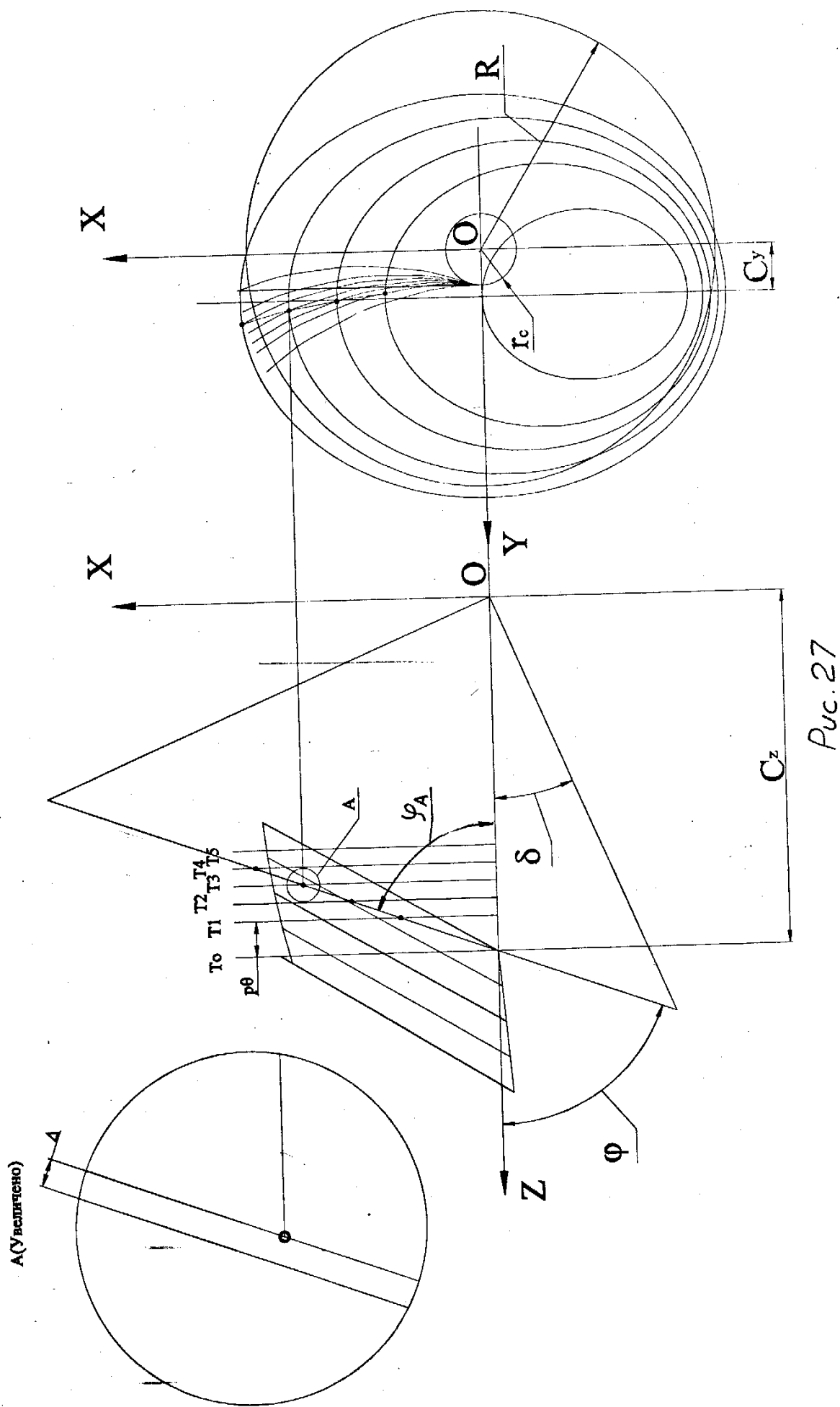


Рис. 27

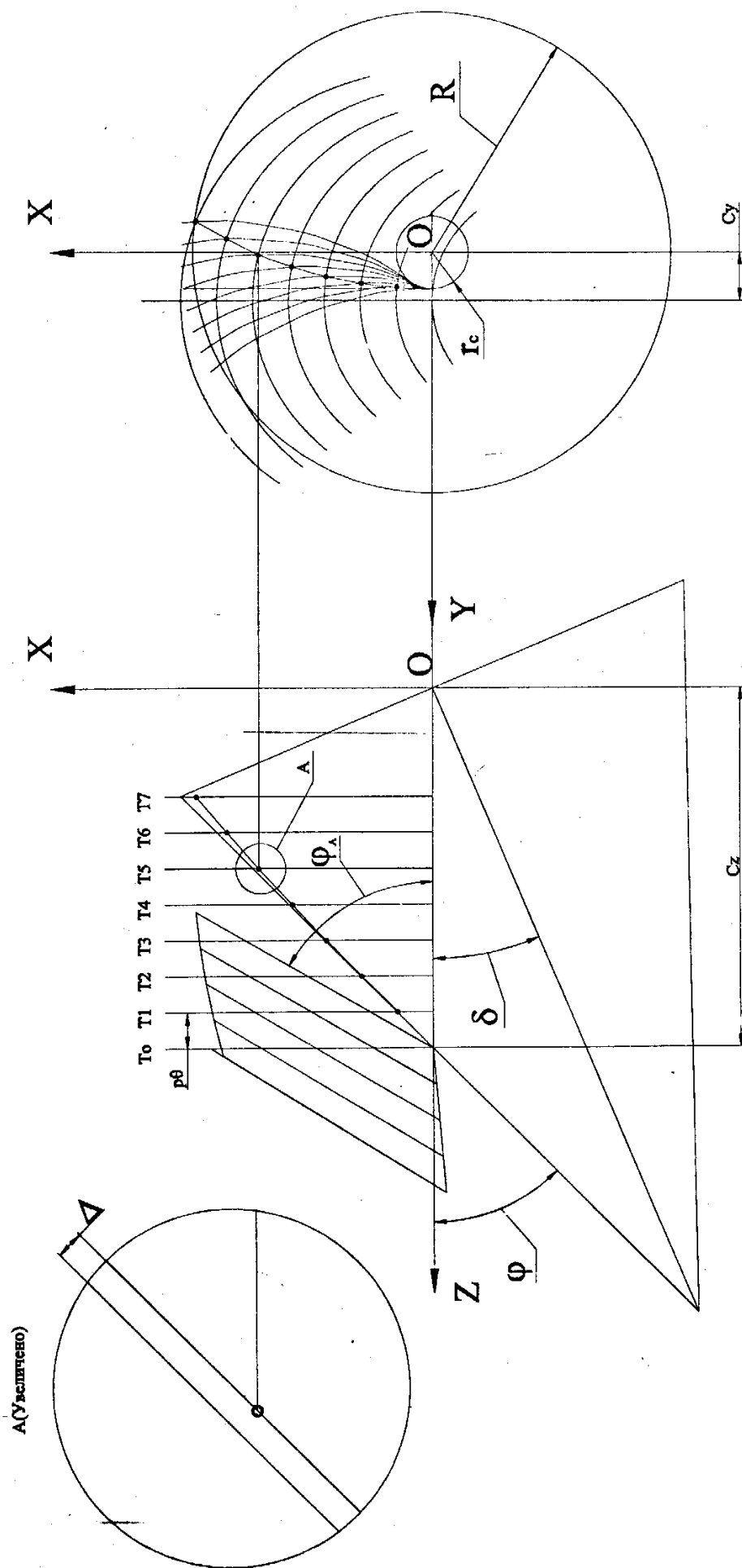


Рис. 28

## 9. Форма поперечной кромки сверла.

Поперечная кромка сверла при конической заточке образуется как линия пересечения двух конусов с углами при вершинах конуса  $2\beta$ . Оси этих конусов скрещиваются под углом  $2\delta$  (проекция  $YZ$ ) и расположены симметрично относительно оси сверла со смещением  $C_y$  (проекция  $XY$ ).

На рис. 29, 30 показан графический способ определения формы поперечной кромки. Перпендикулярно оси сверла  $Z$  проведем с произвольным шагом плоскости  $P_1, P_2, P_3, P_4$ . Сечения конусов этими плоскостями образуют ряд эллипсов. Определяем точки пересечения эллипсов, лежащих в одной плоскости, соединяем их плавной кривой, которая является проекцией поперечной кромки на плоскость  $XY$ . Линия имеет вид S-образной кривой.

Точки кривой у центра сверла  $O$  получаем итерационным способом путем введения дополнительных секущих плоскостей с уменьшенным шагом и смещением их по направлению к точке  $O$ . Таким образом получаем дополнительные точки, позволяющие с достаточной точностью установить форму кромки.

Строим проекцию поперечного лезвия на плоскость  $YZ$  и ее проекцию на дополнительную плоскость  $P_{SO}$ , как это показано на рисунке.

Форма и размеры поперечного лезвия оказывают большое влияние на условия резания. На рис. 31 показана формы проекций и поперечных кромок, полученных графическим способом при различных размерах вылета сверла с  $k_z = 0,25 \dots 1,5$ . С изменением вылета в широких пределах изменяется форма кромки, а значит и условия центрирования сверла при врезании а также осевая сила сверления.

В сечении  $P_j$  указаны размеры переднего  $\gamma_j$  и заднего  $\alpha_j$  углов поперечного лезвия.

Следует помнить, что изменение коэффициента  $k_z$  влияет на величину и характер изменения задних углов главного лезвия (см. рис. 13), а условия резания главным лезвием имеют приоритет перед поперечным.

Форма и геометрия поперечного лезвия при плоской заточке были показаны ранее в параграфе 7.

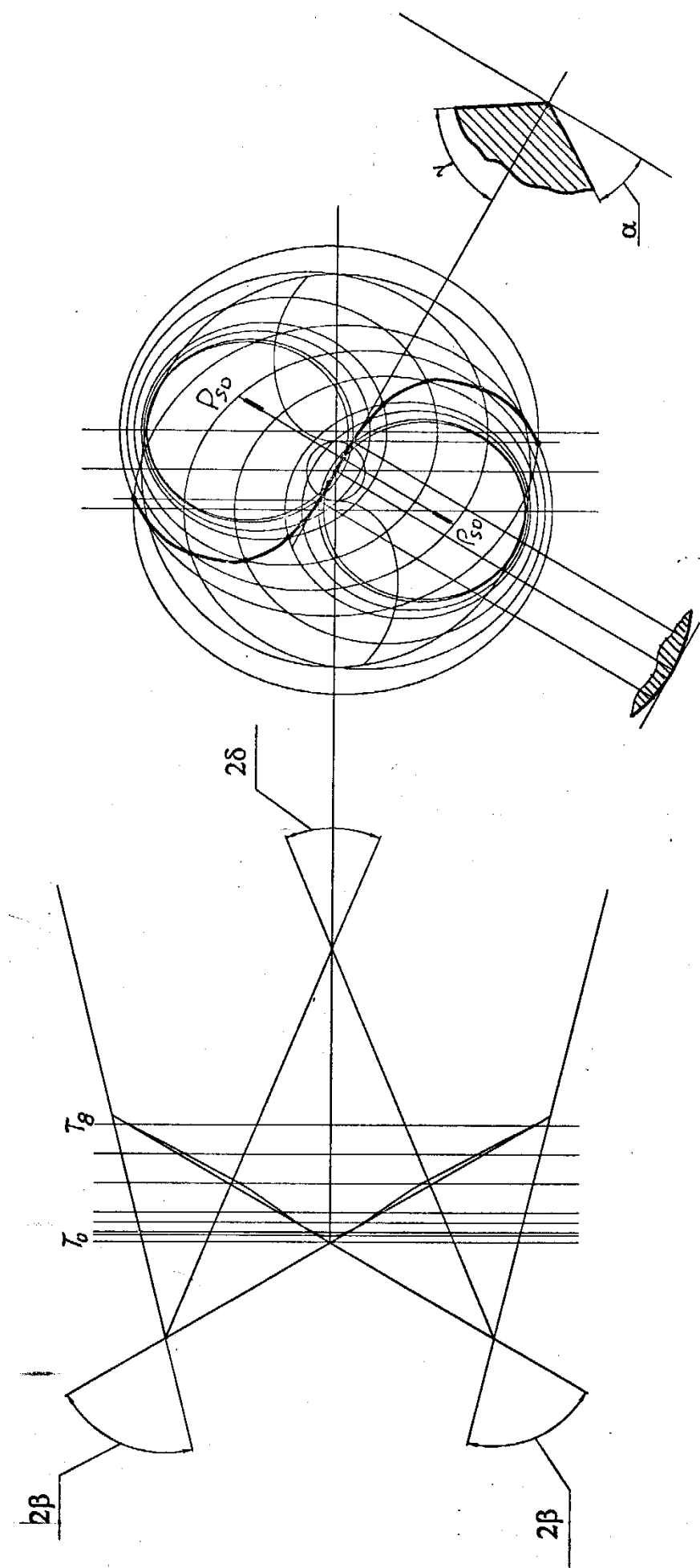


Рис 29.

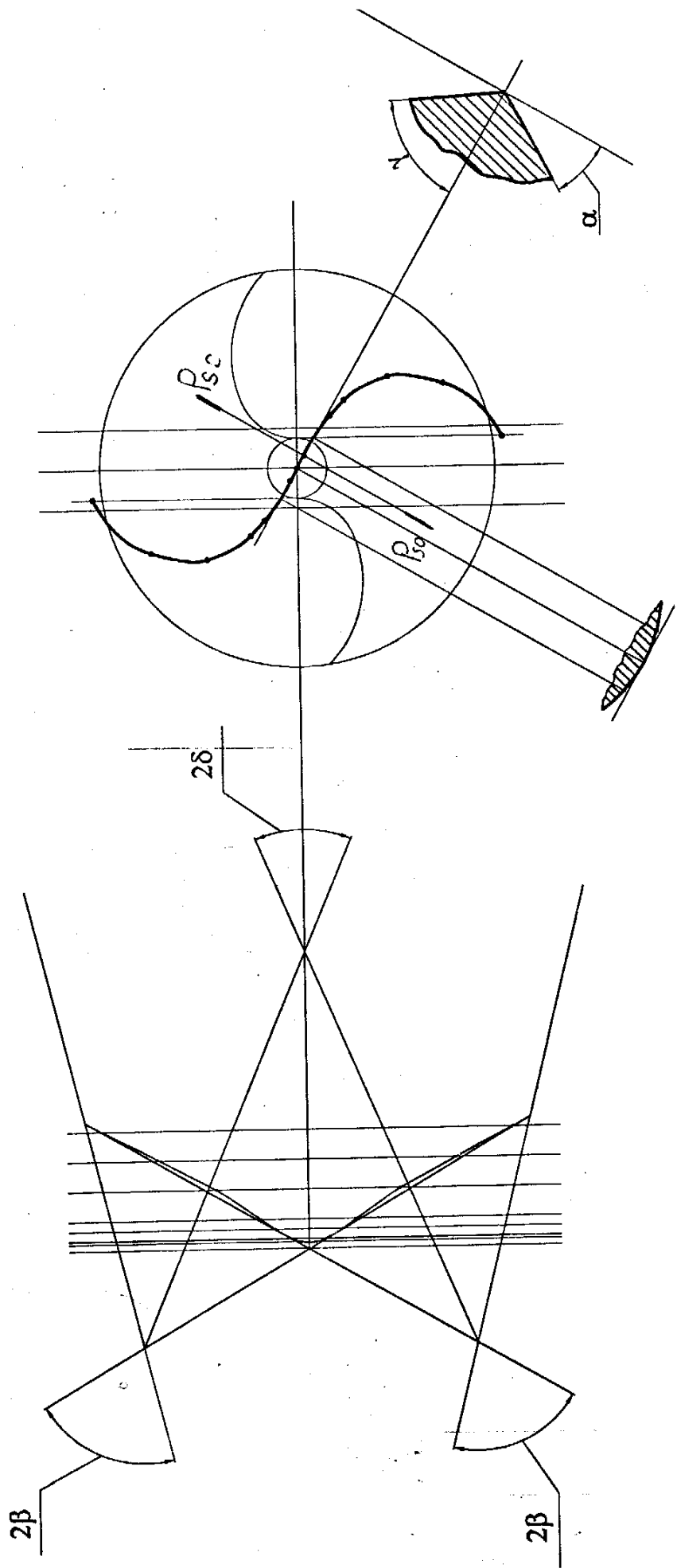


Рис. 30



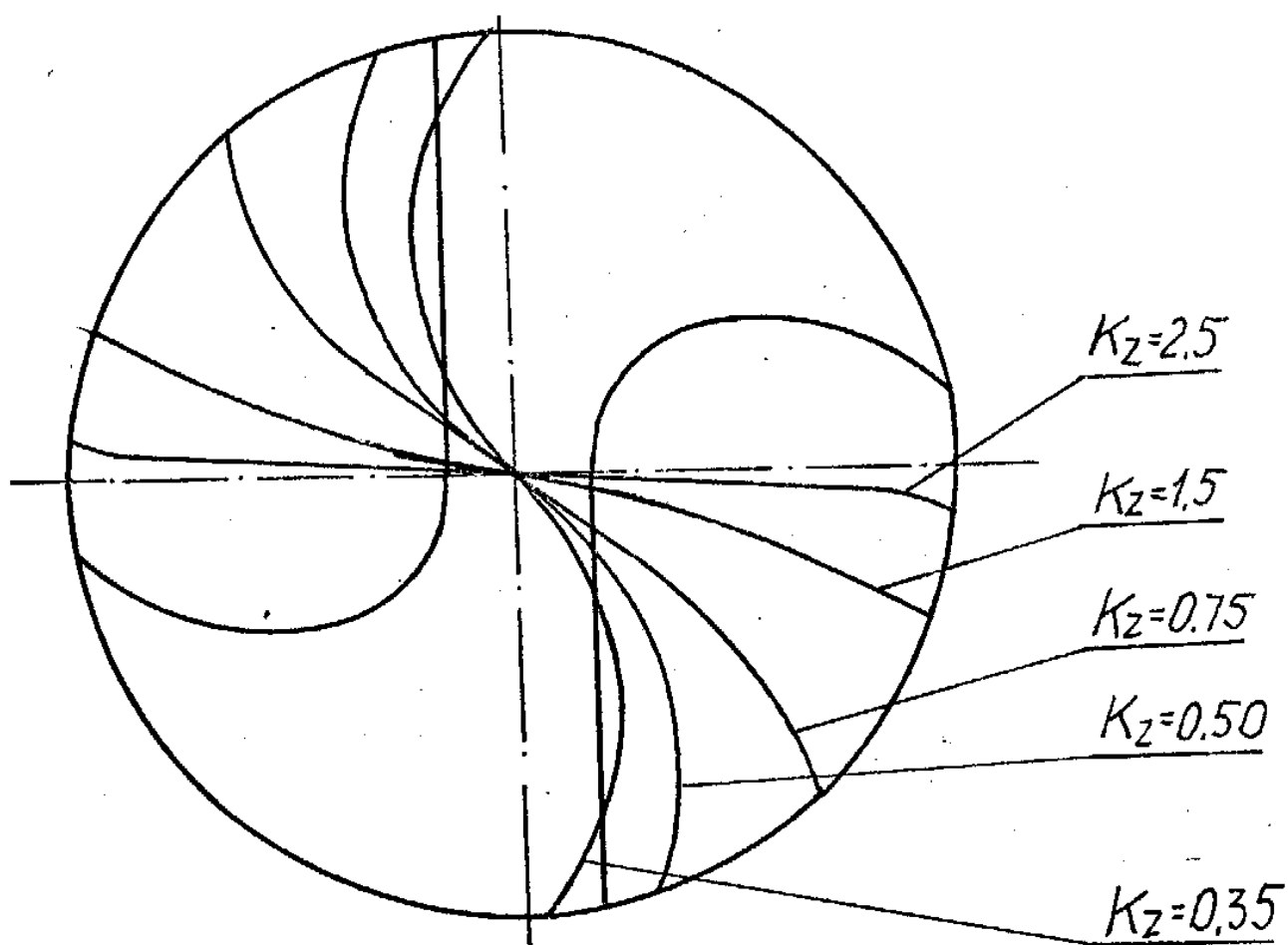


Рис. 31.

## 10. Возможность использования выбранного сверла.

Для того, чтобы убедиться в возможности использования выбранного типоразмера сверла для выполнения данной операции необходимо прежде всего проверить возможность базовой поверхности сверла передавать крутящий момент, возникающий при выбранных оптимальных режимах сверления. Кроме того следует проверить возможность работы выбранным сверлом на имеющемся оборудовании, которая должна контролироваться по следующим показателям:

1. Присоединительные размеры шпинделя станка должна превышать размер базовой поверхности используемого сверла. В противном случае придется предусматривать вспомогательные переходные элементы, и обязательно проводить проверку по п. 2 и 3.
2. Допустимая сила подачи станка  $P_{ст \max}$  должна быть больше возникающей при предполагаемых режимах работы сверла, т. е.  $P_{ст \max} \geq P_x$ .
3. Мощность двигателя станка  $N_{ст}$  должна превышать требуемую для сверления мощность с учетом КПД станка, т. е.  $N_{СТ} = N_P / \eta$ ;

Для проведения указанных проверок необходимо установить оптимальные режимы резания при работе выбранным сверлом.

### 10.1. Выбор режима сверления.

Оптимальные значения скорости резания и подачи для данной сверлильной операции могут лежать в достаточно широком диапазоне используемых для сверления режимов резания. Оптимальный уровень интенсивности используемых режимов будет определяться:

- ♦ типом производства /единичное, серийное, массовое и т. п./;
- ♦ критерием оптимизации режима резания /себестоимость операции, производительность, расход инструмента, его надежность и др./;
- ♦ типом используемого оборудования /универсальные станки, станки с ЧПУ, агрегатные станки автоматических линий и др./;
- ♦ степенью автоматизации смены и переточки инструмента и некоторыми другими факторами.

По интенсивности используемые режимы резания условно можно разделить на три вида: умеренные /наиболее низкие /, нормальные /средние/ и форсированные /повышенные/.

Умеренные режимы резания обычно характеризуют максимумы зависимостей наработки от скорости резания, которые для сверл из быстрорежущей стали обычно носят экстремальный характер. Такие режимы используются, когда стремятся получить максимальную стойкость и надежность, наименьшие расход и затраты по инструменту, или когда операция при работе этим инструментом не является лимитирующей. Обычно на таких режимах работают агрегатные станки автоматических линий в массовом производстве. Работа на умеренных режимах характеризуется периодами стойкости в несколько раз /иногда до 10 - 12 раз/ превышающими нормативные значения стойкости.

Нормальные режимы резания предполагают получение нормативного периода стойкости и, минимальной себестоимости операции. Такие режимы чаще всего используются в единичном и серийном производстве, при работе на универсальных станках.

Форсированные режимы резания используются в тех случаях, когда данная операция лимитирует производительность, при работе на дорогом автоматизированном оборудовании с автоматической сменой изношенного инструмента, при использовании инструмента высокого качества.

Следует отметить, что практически все имеющиеся общемашиностроительные нормативы и нормативные справочники рекомендуют порядок выбора нормальных режимов резания.

## 1. Выбор нормальных режимов сверления.

**Подача** для сверл  $d \leq 10$  мм,  $S_0 = 0,025 K_S K_{HBS} K_{LS} d$ , мм/об.

$$d > 10 \text{ мм, } S_0 = 0,063 K_S K_{HBS} K_{LS} d^{0,6}, \text{ мм/об.} \quad (10.1)$$

где  $K_S$  - коэффициент, характеризующий влияние марки обрабатываемого материала на величину подачи, определяется по таблице 17.  $K_{HBS}$  и  $K_{LS}$  - коэффициенты, учитывающие соответственно влияние твердости материала и глубины отверстия  $L$  на подачу /табл. 18/. Поскольку нормальные режимы сверления чаще всего используются при работе на универсальных станках, рассчитанное значение подачи необходимо уточнить по паспортным данным станка в большую сторону.

**Частота вращения шпинделя**  $n = 8 \cdot 10^3 K_M K_{HBV} K_{LV} K_C K_1 K_2 K_3 / d$ , об/мин. (10.2)

где  $K_M$  - коэффициент, характеризующий влияние марки обрабатываемого материала /табл. 17/, а  $K_{HBV}$  и  $K_{LV}$  - коэффициенты, учитывающие влияние соответственно твердости обрабатываемого материала и глубины отверстия  $L$  на частоту /табл. 18/;

$K_C$  - коэффициент, характеризующий влияние длины сверла, имеет следующие значения для сверл: короткой серии - 1,2; средней серии - 1,0; длинной серии - 0,7.

$K_1$  - коэффициент, характеризующий инструментальный материал, определяется по таблице 19.

$K_2$  - коэффициент, характеризующий степень точности сверла, определяется по таблице 20.

$K_3$  - коэффициент, характеризующий наличие износостойкого покрытия, определяется по таблице 21. Желательно, полученное значение  $n$  уточнить по паспортным данным станка в меньшую сторону. При работе на нормальных режимах сверления значение стойкости в минутах примерно соответствует рассчитанным по эмпирическим зависимостям, приведенным в таблице 22. Там же представлены данные по определению нормальных величин критериев затупления по задней грани  $h_z$  и уголку  $h_y$ , а также величин стачивания за переточку  $\Delta l$ , мм.

## 2. Выбор умеренных режимов сверления.

**Подача**  $S_0 = 0,02 d^{0,8} K_S K_{HBS} K_{LS}$ , мм/об. (10.3)

Значения коэффициентов определяются по таблицам 17 и 18. При использовании оборудования со ступенчатым регулированием подачи полученное значение  $S_0$  уточняется по паспортным данным станка в большую сторону.

**Частота вращения шпинделя**  $n = n_0 K_{HBV} K_{LV}$ , об/мин. (10.4)

Значения коэффициентов  $K_{HBV}$  и  $K_{LV}$  определяются по таблице 18, а величина  $n_0$  определяется с помощью значения  $d$   $n_0$ , приведенного в таблице 17.

При необходимости уточнения значения  $n$  по паспортным данным станка принимается ближайшее большее значение частоты вращения шпинделя.

## 3. Выбор форсированных режимов сверления.

**Подача**  $S_0 = 0,08 d^{0,6} K_S K_{HBS} K_{LS}$ , мм/об. (10.5)

При необходимости  $S_0$  уточняется до ближайшего значения.

**Частота вращения шпинделя**  $n = 318 (A / S_0 d)^{0,5}$ , об/мин. (10.6)

где  $A$  - условный показатель форсированного режима сверления, величина которого зависит от конкретных условий сверлильной операции:

$$A = A_1 K_{HBV}^2 K_M^2 K_{LV}^2 K_{HBS} K_{LS}; \quad (10.7)$$

Для короткой и средней серии сверла  $A_1 = 25$ , для длинной и удлиненной  $A_2 = 13$ .

## 4. Анализ правильности выбора режима сверления.

Контроль правильности выбора режима сверления производится по оценке его интенсивности и по анализу возможности работы с выбранным режимом на принятом оборудовании.

Для нормальных условий работы сверла средней серии, обрабатывающего глухое отверстие глубиной  $3d$  в материалах средней твердости скорость подачи сверла  $V_S = S_0 n$ , мм/мин должна примерно соответствовать значению, приведенному в таблице 17.

Для других условий контрольное /табличное/ значение  $V_S$  должно быть заменено на величину  $V'_S$ :

$$V'_S = K_{HBS} K_{HBV} K_{LS} K_{LV} K_C K_S \text{ табл.}, \text{ мм/мин} \quad (10.8)$$

При отклонении расчетной величины  $V_S$  от контрольной  $V'_S$  в меньшую сторону необходимо проверить, чтобы величина  $n$  не была меньше, чем при работе на умеренных режимах сверления, т. е.  $n \geq n_0$ , где  $n_0$  определяется по данным таблицы 17. Если  $n < n_0$ , то необходимо принимать  $n = n_0$ . При отклонении  $V_S$  от значения  $V'_S$  в большую сторону необходимо проверить, не будет ли превышен уровень форсированного режима сверления, за порогом которого начинает резко снижаться стойкость сверл, т. е.  $n \leq 318(A/S_O d)^{0.5}$ .

Считается, что сверла эксплуатируются нормально, если скорость сверления лежит в пределах, определяемых величинами от  $n_0$  до  $n_{форс}$ .

Осевая составляющая силы резания может быть подсчитана по формулам:

$$\text{при сверлении стали } P_X = 904 d S_O^{0.75} \left( \frac{HB}{200} \right)^{0.75}, \quad \text{Н.} \quad (10.9)$$

$$\text{при сверлении чугуна } P_X = 568 d S_O^{0.8} \left( \frac{HB}{190} \right)^{0.6}, \quad \text{Н.} \quad (10.10)$$

$$\text{при сверлении алюминиевых сплавов } P_X = 130 d S_O^{0.7} \left( \frac{HB}{80} \right)^{0.6}, \quad \text{Н.} \quad (10.11)$$

$$\text{при сверлении медных сплавов } P_X = 419 d S_O^{0.8} \left( \frac{HB}{120} \right)^{0.6}, \quad \text{Н.} \quad (10.12)$$

Необходимую мощность двигателя станка можно подсчитать:

$$\text{при сверлении стали } N_{СТ} = \frac{36 n d^2 S_O^{0.7} \left( \frac{HB}{200} \right)^{0.75}}{\eta 10^6}, \quad \text{кВт.} \quad (10.13)$$

$$\text{при сверлении чугуна } N_{СТ} = \frac{22 n d^2 S_O^{0.8} \left( \frac{HB}{190} \right)^{0.6}}{\eta 10^6}, \quad \text{кВт.} \quad (10.14)$$

$$\text{при сверлении алюминиевых сплавов } N_{СТ} = \frac{6 n d^2 S_O^{0.8} \left( \frac{HB}{80} \right)^{0.6}}{\eta 10^6}, \quad \text{кВт.} \quad (10.15)$$

$$\text{при сверлении медных сплавов } N_{СТ} = \frac{13 n d^2 S_O^{0.8} \left( \frac{HB}{120} \right)^{0.6}}{\eta 10^6}, \quad \text{кВт} \quad (10.16)$$

Крутящий момент можно определить по формуле:

$$M_{кр} = \frac{9750 N_{см} \eta}{n}, \quad \text{Н м} \quad (10.17)$$

В таблице 16 приведены паспортные данные универсальных вертикально-сверлильных станков.

Таблица 16.

Модель станка	2Н118	2Н125	2Н135	2Н150
Максимальный диаметр сверла, мм	18	25	35	50
Допустимая сила подачи, $P_{СТ \max}$ , Н	5600	9000	15000	23500
Мощность двигателя станка, $N_{СТ}$ , кВт	1,5	2,8	4,0	7,5

Таблица 17.

Обрабатываемый материал	K <sub>s</sub>	K <sub>м</sub>	d n <sub>o</sub>	V <sub>s</sub>
Сталь повышенной и высокой обрабатываемости А12, А20, А30, А35, А40Г.	1,2	1,2	5700	230
Сталь углеродистая качественная 08, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 45, 50, 60, 65.	1,0	1,0	4700	160
Сталь хромистая и хромованадиевая 15Х, 15ХА, 20Х, 30Х, 35ХРА, 35Х, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х.	0,9	0,9	3800	130
Сталь хромоникелевая и хромоникелевая с бором 20ХН, 40ХН, 45ХН, 50ХН, 50ХН, 12ХН2, 20ХН3А, 12Х2Н4А, 20Х2Н4А, 30ХН3А. Сталь инструментальная углеродистая У7, У8, У9, У10, У11, У 12, У13, У7А, У8ГА, У9А, У10А, У11А, У12А, У13А.	0,85	0,78	3500	105
Сталь легированная марганцовистая 15Г, 20Г, 25Г, 30Г, 35Г, 40Г, 45Г, 50Г, 10Г2, 30Г2, 35Г2, 40Г2, 45Г2, 50Г2, 60Г2, 65Г, 70Г; хромомарганцевая 18ХГ, 18ХГТ, 20ХГР, 27ХГР, 25ХГТ, 30ХГТ, 40ХГТР, 35ХГФ, 25ХГМ, 35ХГ; хромокремнистая 33ХС, 38ХС, 40ХС; хромомолибденовая и хромомолибденовая с ванадием 15ХМ, 20ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 35ХМ, 38ХМ, 30Х3ФМ, 40ХМФА; хромокремнемарганцевая и хромокремнемарганцевоникелевая 20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 30ХГСА, 30ХГСН2А, 35ХГСА; хромоникельмолибденовая 14Х2Н3МА, 20ХН2М, 30ХН2МА, 38Х2Н2МА, 40ХН2МА, 38ХН3МА, 18Х2Н4МА, 25Х2Н4МА; хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом 38Х2Ю, 38Х2МЮА; инструментальная ХВ4, Х, 9ХС, ХГС, 9ХФ, 6ХВ2С, ХГСВФ, ХВГ, Х12, Х12М, 7Х3, 8Х3, 4ХС, 9ХС.	0,8	0,75	3200	95
Сталь инструментальная быстрорежущая Р18, Р9, Р12, Р18К5Ф2, Р9К5, Р9К10, Р6М5, Р10К5Ф5, Р6М5К5, Р9М4К8, Р6М5Ф3, Р12Ф3, Р14Ф4.	0,75	0,7	2600	85
Сталь коррозионностойкая, жаропрочная и жаростойкая	0,7	0,6	2200	65
Чугун серый	1,5	1,0	4200	240
Алюминиевые сплавы	2,5	1,65	7700	660
Медные сплавы	2,5	1,5	7000	600

Таблица 18.

Обрабатываемый материал	$K_{HBS}$	$K_{LS}$	$K_{HBV}$	$K_{LV}$
Сталь	$(200/HB)^{1,2}$	$1,4(d/l)^{0,3}$	$(200/HB)^{0,9}$	$1,7(d/l)^{0,5}$
Чугун серый	$(190/HB)^{1,5}$	$1,2(d/l)^{0,2}$	$(190/HB)^{1,0}$	$1,5(d/l)^{0,4}$
Алюминиевые сплавы	$(80/HB)^{1,5}$	$1,2(d/l)^{0,2}$	$(80/HB)^{1,0}$	$1,5(d/l)^{0,4}$
Медные сплавы	$(120/HB)^{1,5}$	$1,2(d/l)^{0,2}$	$(120/HB)^{1,0}$	$1,5(d/l)^{0,4}$

Таблица 19

Марка быстрорежущей стали	P6M5	P6M5K5	P9M4K8	R2M5, 11P3M3Ф2
$k_1$	1,00	1,05 – 1,08	1,15 – 1,19	0,90 – 0,93

Таблица 20.

Степень точности сверла	Фрезерованные или катанные класса точности		Шлифование класса точности
	B	B1	A1
$k_2$	1,00	1,05	1,15

Таблица 21.

Способ обработки	Без обработки	Износостойкое покрытие	Комплексная химико-термическая обработка
$k_3$	1,00	1,15	1,10

Таблица 22.

Обрабатываемый материал	$h_3$ , мм	$h_y$ , мм	Стойкость, мин		Величина стачивания за одну переточку
			Класс точности сверла A1	Класс точности сверла B и B1	
Сталь	$0,15d^{0,6}$	-	$10d^{0,6}$	$6d^{0,7}$	$0,5d^{0,4}$
Чугун	-	$0,15d^{0,6}$	$24d^{0,5}$	$17d^{0,5}$	$0,4d^{0,4}$

### 10.1. Проверка на возможность передачи хвостовиком крутящего момента

Для нормальной работы сверла необходимо, чтобы момент сил трения  $M_{тр}$ , возникающих на поверхности хвостовика, передавал крутящий момент  $M_{кр}$ , необходимый для выполнения процесса резания, т. е.  $M_{тр} \geq M_{кр}$ .

При закреплении хвостовика в шпинделе станка на поверхность шпинделя будут действовать нормальная сила  $P_N$ , направленная перпендикулярно поверхности хвостовика, и сила трения, направленная вдоль конической поверхности, характеризуемой углом конуса Морзе 2. На рис 32,а эти силы условно приведены к двум точкам поверхности хвостовика, расположенным на среднем диаметре хвостовика  $d_{cp} = (D_1 + d_2)/2$ . Условие равновесия сил, действующих в осевом направлении, анализируется на рис 32, б.

Здесь  $P_{Fo} = P_N \mu$ , где  $\mu$  - коэффициент трения покоя,  $\mu=0,3$ , а  $P_\Sigma$  равнодействующая сил  $P_N$  и  $P_{Fo}$  равная:

$$P_\Sigma = \sqrt{P_N^2 + (P_N \cdot \mu)^2} = P_N \sqrt{1 + \mu^2}.$$

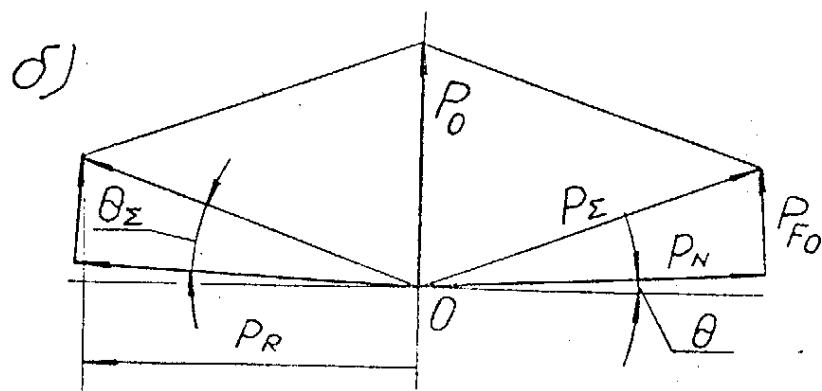
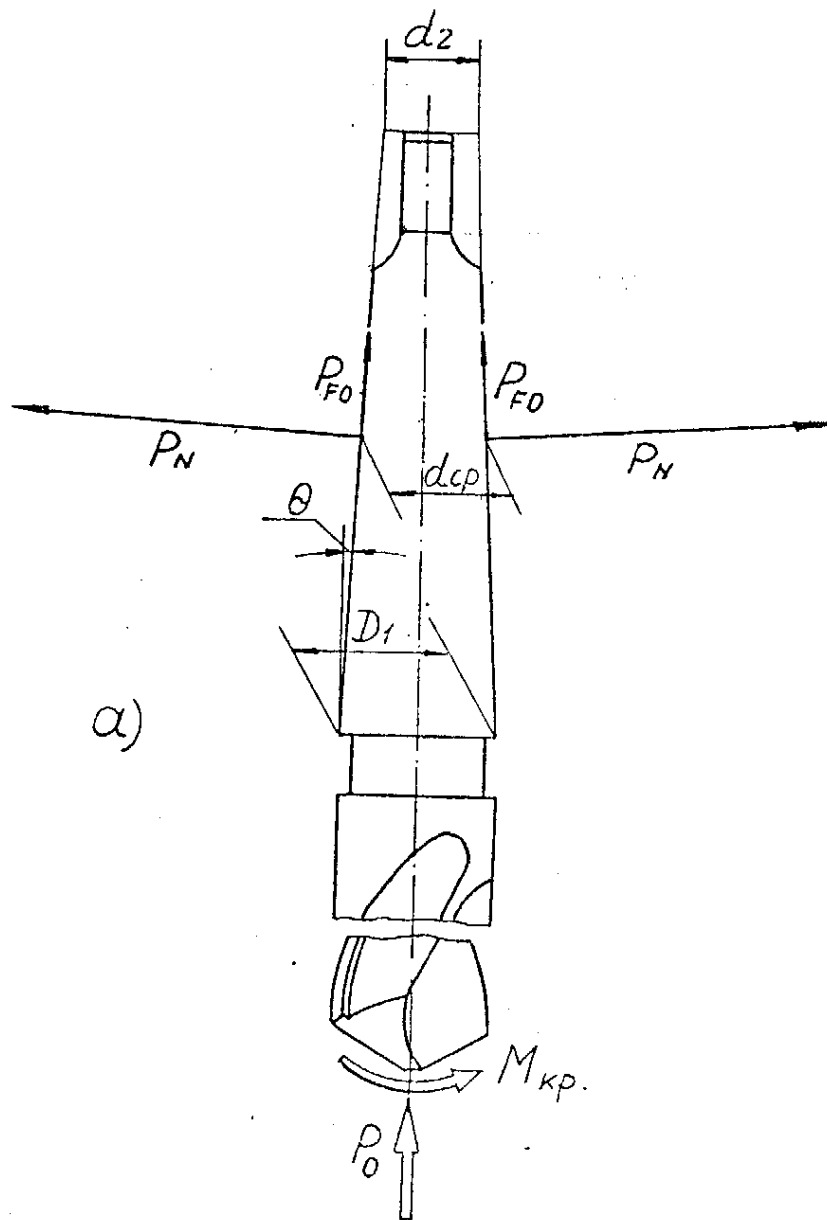
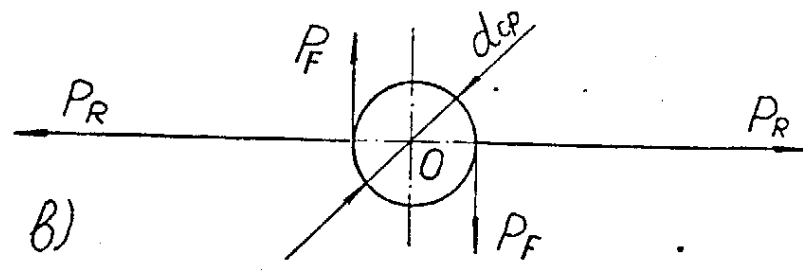


Рис. 32

Сумма проекций  $P_{\Sigma}$  на ось равна действующей силе  $P_o$ . После решения треугольников, образующих параллелограмм сил на рис. 32, б можно получить:

$$P_o = 2P_{\Sigma} \sin(\theta + \arctg\mu) = 2P_N \sin(\theta + \arctg\mu) \sqrt{1 + \mu^2}.$$

Из этой зависимости можно определить значение нормальной силы  $P_N$ , которая возникает от действия осевой силы  $P_o$ .

$$P_N = P_o / 2 \sin(\theta + \arctg\mu) \cdot \sqrt{1 + \mu^2}. \quad (10.18)$$

Составляющая нормальной силы  $P_R$ , действующая в направлении, перпендикулярном оси сверла, равна  $P_R = P_{\Sigma} \cos(\theta + \arctg\mu)$ , а момент сил трения, возникающих на хвостовике, рис 32, определяется как:

$$\begin{aligned} M_{mp} &= 2P_F \frac{d_{cp}}{2} = P_R \mu \cdot d_{cp} = P_{\Sigma} \cos(\theta + \arctg\mu) \cdot \mu \cdot d_{cp} = \\ &= P_N \sqrt{1 + \mu^2} \cos(\theta + \arctg\mu) \mu \cdot d_{cp} = \frac{P_o \cdot \mu \cdot d_{cp}}{2 \operatorname{tg}(\theta + \arctg\mu)}. \end{aligned} \quad (10.19)$$

Исходя из условия  $M_{mp} \geq M_{кр}$  можно использовать два варианта проверочных расчетов:

1. Сравнением величины момента трения на хвостовике  $M_{mp}$ , подсчитанного по формуле (10.19) и момента резания при выбранных режимах  $M_{кр}$ , подсчитанного по формуле (10.17).
2. Проверкой возможности передачи крутящего момента через хвостовик данного размера, т. е. определения минимально необходимого размера среднего диаметра хвостовика сверла при обработке на выбранных режимах;  $d_{cp} \geq 2M_{кр} \operatorname{tg}(\theta + \arctg\mu) \cdot \sqrt{1 + \mu^2} / P_o \cdot \mu$ . (10.20)

Значения  $d_{cp}$  и угла  $\theta$  для различных конусов приведены в таблице 23.

Для примера рассмотрим случай работы при нормальных режимах сверления сверлом средней серии диаметром  $d=15$  мм при глубине сверления  $l_c = 3d$  отверстия в стали 45 твердостью HB=200.

Рекомендуемая величина подачи, подсчитанная по формуле (10. 1) равна  $S_o = 0,32$  мм/об.

Рекомендуемая частота вращения шпинделя, подсчитанная по формуле (10.2) равна  $n = 530$  об/мин.

Для указанных режимов осевая сила, мощность и крутящий момент, подсчитанный по формулам (10.9), (10.13), (10.17), составляют:  $P_o = 5770$  Н,  $N = 2,46$  кВт,  $M_{кр} = 38,5$  Н м.

Момент трения, который возникает на хвостовике, подсчитанный по формуле (10. 19), будет равен  $M_{mp} = 43,4$  Н. м. Таким образом,  $M_{mp} > M_{кр}$ .

Минимально необходимый средний диаметр хвостовика, определенный по формуле (10, 20) равен  $d_{cp} = 14,5$  мм. Для сверла диаметром 15 мм по ГОСТ 10903 – 77 используется хвостовик Морзе 2 со средним диаметром  $d_{cp} = 16,4$  мм, и таким образом, хвостовик такого размера способен передавать усилие резания при работе на выбранных режимах.

Следует отметить, что рассмотренная выше схема проверочных расчетов не отражает в полной мере реальные условия крепления инструмента в шпинделе станка с помощью конической базовой поверхности.

Контакт между коническим хвостовиком и внутренней конической поверхностью шпинделя рассмотрен как контакт в двух точках (рис 32, а); т. е. поверхностный контакт между двумя соприкасаемыми телами сведен к точечному контакту. Кроме того, не учтены силы, обусловленные упругими деформациями. Поэтому приведенные проверочные расчеты следует рассматривать только как приближенные.

**Таблица 23.**

Обозначение конуса Морзе	$\alpha$ , град.	$d_{cp}$ , мм.
1	1,42	10,9
2	1,43	16,4
3	1,44	22,1
4	1,48	28,9
5	1,51	41,3
6	1,49	59,1



## 11 Какие задачи можно решить с помощью нашего учебного пособия.

№ п/п.	Задача	Параграф, таблицы, рисунки
1	Определить размер диаметра сверла по условиям операции сверления	Параграф 1; Приложение 7, табл. 7.1, 7.2, 7.3; примеры 1...5
2	Выбрать вид и ГОСТ сверла для заданных условий сверления	Параграф 2; рис. 1...3; табл. 3; приложение 1
3	Установить классификационные признаки вида (подвида) сверла	Параграф 2; табл. 2
4	Определить элементы конструкции сверла и рассчитать основные размеры по эмпирическим формулам	Параграф 3; рис. 4,5; табл. 4...7
5	Задать винтовую стружечную канавку сверла двумя прямыми, построить линейчатую винтовую поверхность, определить торцевое и нормальное сечение канавки	Параграф 4; рис. 6...8
6	Определить геометрические параметры режущей части сверла, назначить их размеры	Параграф 5; рис. 9; табл. 8; приложения 3 и 4
7	Ознакомиться с видами затачивания сверл и кинематическими схемами некоторых заточных станков	Параграф 6; рис. 10; приложение 6
8	Рассчитать размер кинематического заднего угла при конической и двухплоскостной; установить характер зависимости угла от радиуса точки главного и поперечного лезвий	Параграф 7; рис. 11...17; табл. 9...11
9	Рассчитать размер нормального переднего угла, используя аналитический или графо-геометрический способы	Параграф 8; рис. 18,19; табл. 12
10	Установить форму главного лезвия и ее зависимость от параметров заточки конического вида	Параграф 9; рис. 20...26; табл. 13,14
11	Установить форму поперечного лезвия и ее зависимость от параметров заточки конического вида	Параграф 10; рис. 27...29
12	Выбрать режимы сверления; выполнить проверочный расчет конического хвостовика на передачу крутящего момента	Параграф 11; рис. 32
13	Ознакомиться с примерами выполнения рабочих чертежей типичных видов сверл	Приложения 2,5; рис. 5.1, 5.2, 5.3; табл. 2.1...2.4
14	Установить дополнительную литературу по сверлам	Список использованной литературы

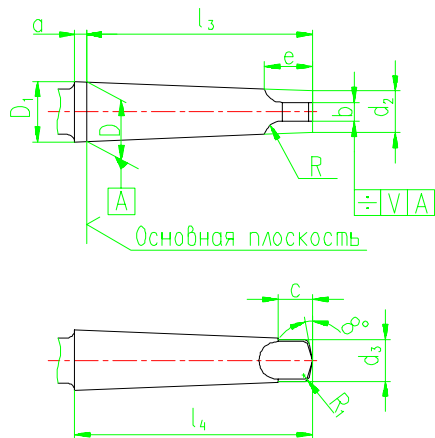
## 12. Приложения.

### 12.1. Приложение I. Государственный стандарт на спиральные сверла и элементы их конструкции. По Указателю стандартов за 1996 г.

№ГОСТ	Наименование ГОСТ
<b>А. Сверла быстрорежущие.</b>	
855 – 77	Спиральные сверла. Диаметры.
886 – 77	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Длинная серия. Основные размеры.
2034-80	Сверла спиральные. Технические требования.
22736 – 77	Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава. Основные размеры.
2092 – 77	Сверла спиральные удлиненные, с коническим хвостовиком. Основные размеры.
4010 – 77	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Короткая серия. Основные размеры. В приложении: конструктивные элементы сверла, геометрические параметры режущих элементов сверл, основные размеры сверл с промежуточными диаметрами.
8034 – 77	Сверла спиральные малоразмерные, диаметром от 0.1 до 1.5 мм с утолщенным цилиндрическим хвостовиком.
10902 – 77	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком. Средняя серия. Основные размеры. В приложении: основные размеры сверла с промежуточными диаметрами.
10903 – 77	Сверла спиральные с коническим хвостовиком. Основные размеры.
12121 – 77	Сверла спиральные длинные с коническим хвостовиком. Основные размеры.
<b>Б. Сверла твердосплавные.</b>	
17273 – 71	Сверла спиральные цельные твердосплавные укороченные. Конструкция и размеры.
17274 – 71	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Короткая серия. Конструкция и размеры.
172675 – 71	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Средняя серия. Конструкция и размеры.
172676 – 71	Сверла спиральные цельные твердосплавные с коническим хвостовиком. Конструкция и размеры.
17277 – 71	Сверла спиральные цельные твердосплавные. Технические требования.
22735 – 77	Сверла спиральные с цилиндрическим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава. Основные размеры. В приложении: конструктивные элементы сверл, геометрические параметры режущей части сверл.
22736 – 77	Сверла спиральные с коническим хвостовиком, оснащенные пластинами из твердого сплава. Основные размеры.
<b>В. Элементы конструкции спиральных сверл.</b>	
2848 – 75	Конусы инструментов. Допуски. Методы и средства контроля.
10904 – 64	Поводки сверл. Размеры.
14034 – 74	Центровые отверстия. Размеры.
25557 – 82	Конусы инструментов. Основные размеры.

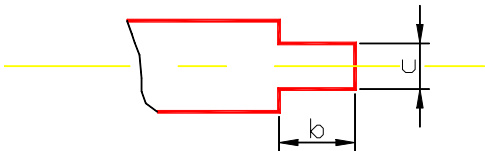
12.2. Приложение 2. Общие элементы конструкции сверл.

Таблица 2.1.



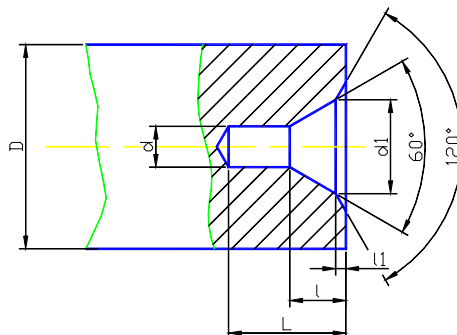
Номер конуса Морзе	D	a	D <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	l <sub>3</sub>	l <sub>4</sub>	b(h13)	e	c	R	R <sub>1</sub>	V
1	12,065	3,5	12,2	9	8,7	62	65,5	5,2 <sup>-0,18</sup>	13,5	8,5	5	1,2	0,06
2	17,780	5	18	14	13,5	75	80	6,3 <sup>-0,22</sup>	16	10	6	1,6	
3	23,825	5	24,1	19,1	18,5	94	99	7,9 <sup>-0,22</sup>	20	13	7	2	
4	31,267	6,5	31,6	25,2	24,5	117,5	124	11,9 <sup>-0,27</sup>	24	16	8	2,5	0,07
5	44,399	6,5	44,7	36,5	35,7	149,2	156	15,9 <sup>-0,27</sup>	29	19	10	3	
6	63,348	8	63,8	52,4	51	210	218	19 <sup>-0,33</sup>	40	27	8	4	

Таблица 2.2.



Размеры поводков сверл

Диапазон диаметров d, мм	b, мм	Отклонение размера b, мм	c, мм	Отклонение размера c, мм	Диапазон диаметров d, мм	b, мм	Отклонение размера b, мм	c, мм	Отклонение размера c, мм
3,00 - 4,25	2,2	0,250	2,0	-0,120	10,70 - 10,80	5,5	0,430	5,5	-0,160
4,30 - 4,70	2,5	0,300	2,2		10,90 - 11,80			6,0	6,0
4,80 - 5,30			2,5		11,90 - 12,90				
5,40 - 6,10	3,0		0,360		2,8	13,00 - 13,50			
6,20 - 6,70		3,0		13,70 - 14,90	7,0				
6,80 - 7,50	3,5	-0,160		15,00 - 16,90	8,0	8,0			
7,60 - 8,50	4,0			17,00 - 17,90	9,0	9,0			
8,60 - 9,50	4,5			18,00 - 20,00	10,0	0,520	10,0	-0,210	
9,60 - 10,60	5,0								



D <sub>наимен.</sub>	d		D <sub>1</sub>	L, не менее	l		l <sub>1</sub> , не менее
	Наименьший	Пред. откл.			Номинал.	Пред. откл.	
2.0	0.50	H12	-	-	-	-	-
2.5	0.63		-	-	-	-	-
3.0	0.80		2.6	2.05	0.95	+0.2	0.3
4.0	1.00		3.4	2.60	1.30		0.4
5.0	1.25	H14	4.1	3.10	1.50	+0.3	0.5
6.0	1.60		4.8	3.80	1.80		0.6
10.0	2.00		6.0	4.80	2.30	+0.5	0.8
11.0	2.50		7.8	6.10	3.00		0.9
20.0	3.15		9.5	7.60	3.70		1.2
30.0	4.00		12.1	9.60	4.60	+0.9	1.6
40.0	5.00		15.5	12.20	5.70		1.8
60.0	6.30		18.8	15.20	7.20	+1.3	2.0
80.0	8.00		23.0	19.10	9.00	+1.7	2.5
100.0	10.00		27.9	23.90	11.10	+1.8	3.0
120.0	12.00		32.6	27.50	12.90	+2.2	3.0
160.0	16.00		42.0	36.00	16.80		3.0

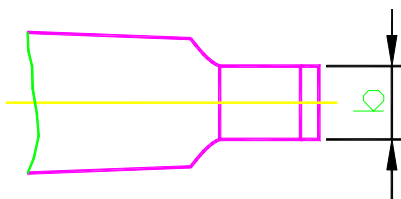


Таблица 2.4.

b	d	d <sub>1</sub> , справочн.	L не менее	l	l <sub>1</sub> не менее
3,9	1,0	3,4	2,6	1,3 <sup>+0,2</sup>	0,4
5,2; 6,3	1,6	4,8	3,8	1,8 <sup>+0,3</sup>	0,5
7,9	2,0	6,0	4,8	2,3 <sup>+0,5</sup>	0,6
11,9	2,5	7,8	6,1	3,0 <sup>+0,5</sup>	0,8
15,9; 19	3,15	9,5	7,6	3,7 <sup>+0,5</sup>	0,9

Примечание: b - размер лапки (см. табл. 2.1).

### 12.3. Приложение 3. Геометрические параметры режущих элементов спиральных сверл из быстрорежущей стали.

Таблица 3.1.

Область применения форм заточки (рис. 3.1, 3.2, 3.3)

Форма заточки	Обрабатываемый материал
Нормальная Н	Сталь, стальное литье, чугун
Нормальная с подточкой поперечной кромки НП	Стальное литье с $\sigma_B$ до 500 МПа ( $50 \text{ кгс/см}^2$ ) с неснятой коркой
Нормальная с подточкой поперечной кромки и ленточки НПЛ	Сталь и стальное литье с $\sigma_B$ до 500 МПа со снятой коркой
Двойная с подточкой поперечной кромки ДП	Стальное литье с $\sigma_B$ более 500 МПа с неснятой коркой и чугун с неснятой коркой
Двойная с подточкой поперечной кромки и ленточки ДПЛ	Сталь и стальное литье с $\sigma_B$ более 500 МПа со снятой коркой
Двойная с подточкой и срезанной поперечной кромкой ДП-2	Чугун со снятой коркой

Таблица 3.2.

Заточка одинарная (рис. 3.1). Размеры в, мм.

Диаметры сверл		Заточка			Подточка поперечной кромки		Подточка ленточки						
Свыше	До	Задний угол $\alpha$		Угол наклона поперечной кромки $\psi$	Длина подточенной поперечной кромки $a$	Длина подточки $l$	Длина подточки $l_1$	Ширина фаски $f_n$	Угол подточки ленточки $\alpha_1$				
		При одноплоскостной заточке	При двухплоскостной заточке										
0,24	0,60	30°	20°	Угол наклона не регламентируется	-	-	-	-	-				
0,60	0,95		18°										
0,95	1,70												
1,70	3,00												
3,00	7,50	-	16°	40°...60°	1,0	2,0	-	-	6°...8°				
7,50	9,50									1,2	2,5		
9,50	11,80											1,5	2,5
11,80	16,00												
16,00	20,00		2,5		4,5								
20,00	25,00					3,0	5,5						
25,00	31,50							3,5		6,0			
31,50	40,00										5,0	8,0	
40,00	50,00		6,0		10,0								
50,00	63,00					7,0	12,0						
63,00	71,00							8,0		14,0			
71,00	80,00												

Таблица 3.3.

Заточка двойная (рис. 3.2 и 3.3). Размеры в, мм.

Диапазоны диаметров сверл		Заточка		Подточка поперечной кромки		Срез перемычки		Длина
свыше	до	задний угол $\alpha$	длина второй кромки b	длина подточенной поперечной кромки a	длина подточки l	глубина среза h	размер подточки по кромке k	подточки ленточки l <sub>1</sub>
12,0	16,0	12°	2,5	1,5	3	1,5	2,3	1,5
16,0	20,0	11°	3,5	2,0	4	2,0	2,9	
20,0	25,0		4,5	2,5	5	2,5	3,6	2,0
25,0	31,5		5,5	3,0	6	3,3	4,5	
31,5	40,0		7,0	3,5	7	3,5	5,3	3,0
40,0	50,0		9,0	5,0	9	4,0		
50,0	63,0		11,0	6,0	11			
63,0	71,0		13,0	7,0	13			
71,0	80,0		15,0	8,0	15			

Таблица 3.4.

Угол наклона  $\omega$  стружечной канавки, град.

Диапазон диаметров сверл $d$ , мм		$\omega$	Диапазон диаметров сверл $d$ , мм		$\omega$	Диапазон диаметров сверл $d$ , мм		$\omega$
свыше	до		свыше	до		свыше	до	
0,25	0,95	19	12,90	13,10	29,5	20,50	22,25	30
0,95	1,40	22	13,10	13,50	29	22,25	32,00	31
1,40	2,00	23	13,50	13,90	29,5	32,00	39,50	32
2,00	4,00	25	13,90	14,75	29	39,50	40,00	33
4,00	6,00	26	14,75	15,40	28,5	40,00	41,00	31,5
6,00	8,00	27	15,40	15,75	29	41,00	42,00	32
8,00	8,80	29	15,75	16,25	30	42,00	43,25	32,5
8,80	9,00	30	16,25	16,75	30,5	43,25	44,00	32
9,00	9,50	28	16,75	17,45	30	44,00	50,50	33
9,50	11,00	29	17,45	18,25	31	50,50	51,50	33,5
11,00	12,00	28	18,25	20,25	30	51,50	52,00	34
12,00	12,90	28	20,25	20,50	31	52,00	80,00	33

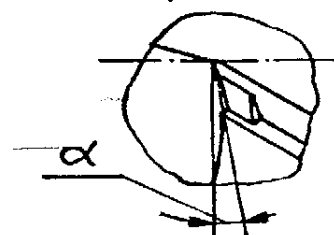
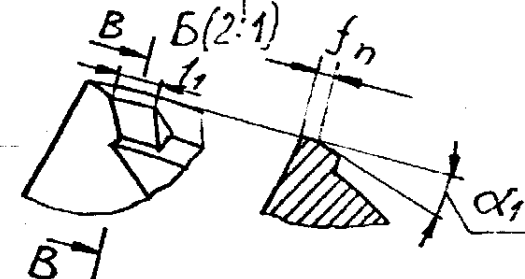
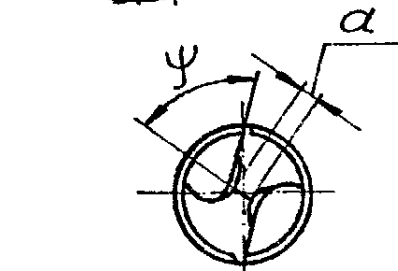
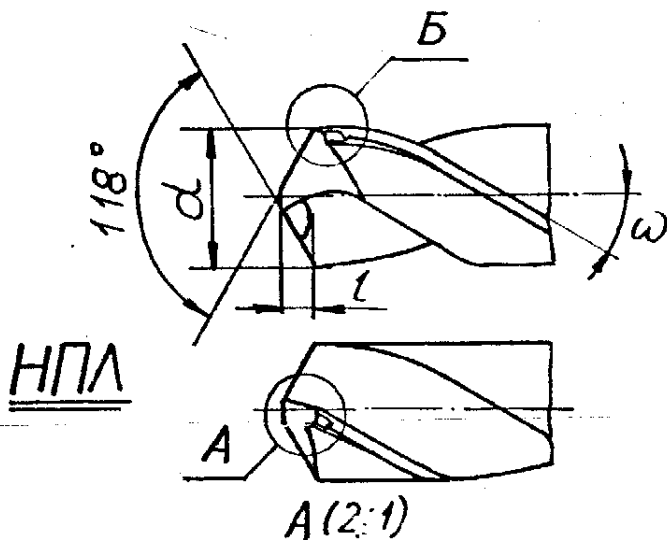
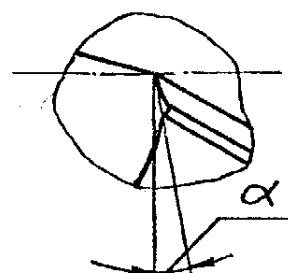
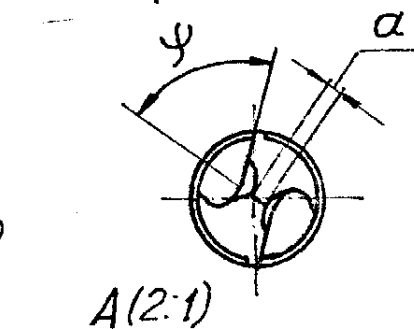
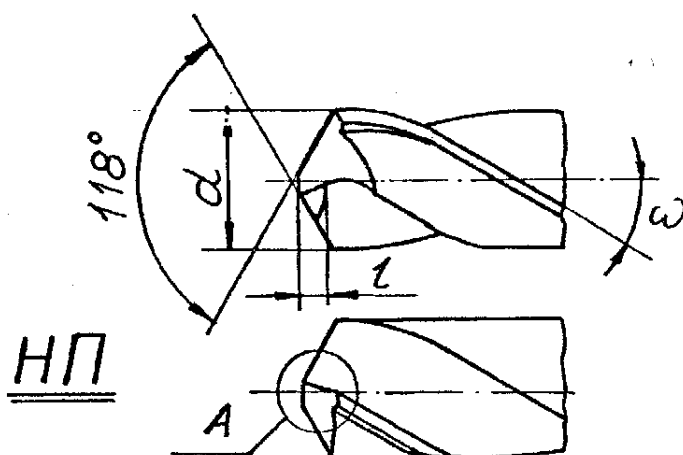
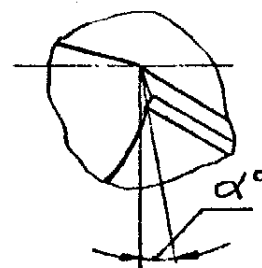
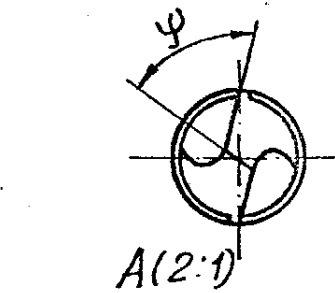
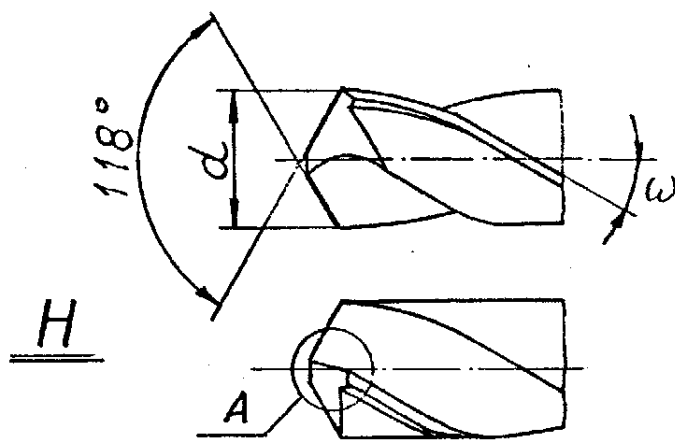


Рис.3.1

Рис. 3.2



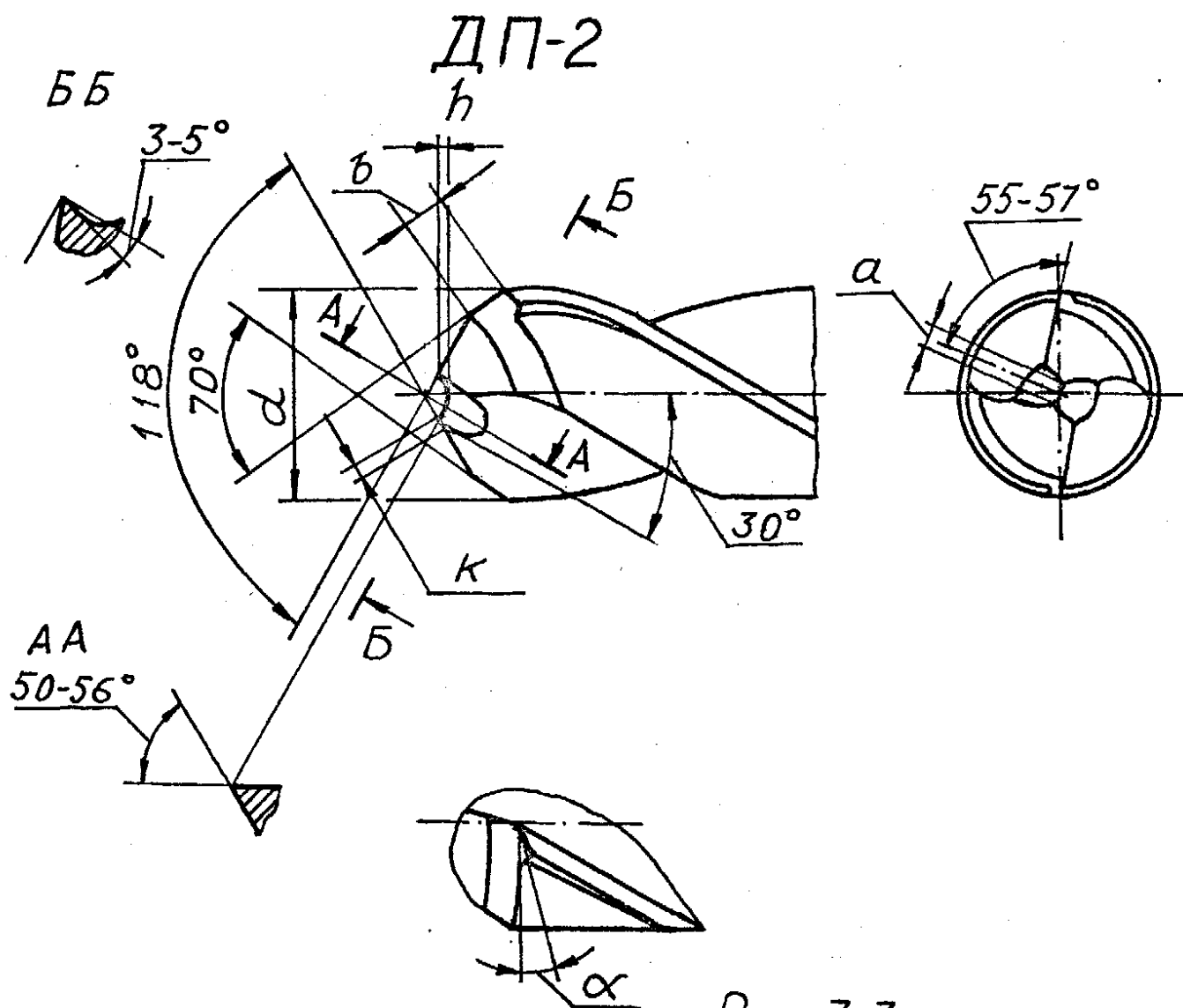


Рис. 3.3

## 12.4. Приложение 4. Геометрические параметры режущих элементов сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава.

**Таблица 4.1.**

Размеры режущих элементов сверл, оснащенных пластинами из твердого сплава, мм.

Рис. 4.1 и 4.2.

Диапазон диаметров сверл d		Угол $2\varphi_0$ между режу- щими кромками	Длина вто- рой кромки b	Длина подточенной попе- речной кромки a	Ширина фаски при алмазной заточке f
свыше	до				
5,00	6,00	-	-	0,6	1,0
6,00	6,20			0,64	
6,20	6,90			0,72	1,5
6,90	7,90			0,8	
7,90	10,50			1,00	
10,50	11,90			1,20	2,0
11,90	14,00	70°	2,5	1,40	
14,00	14,50			1,60	2,5
14,50	18,25			1,80	
18,25	21,00			2,00	
21,00	23,00				
23,00	27,75				
27,75	30,00				3,0

**Таблица 4.2.**

Угол наклона  $\omega$  стружечной канавки.

Диапазон диаметров d, мм	$\omega$
5,00 ... 6,30	15°
6,40 ... 30,00	20°

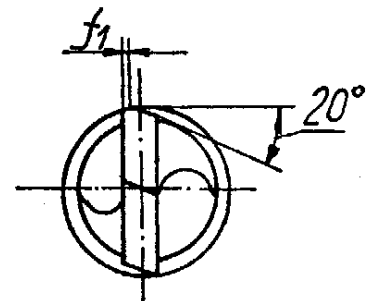
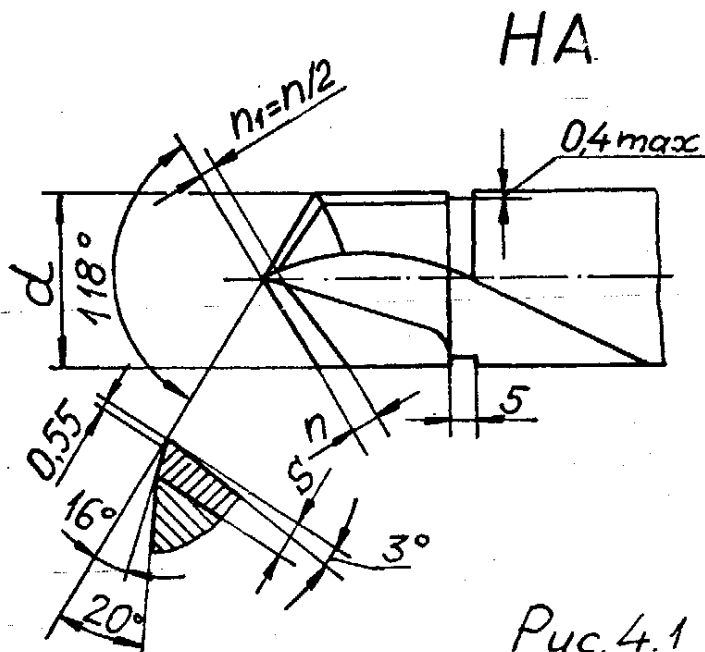
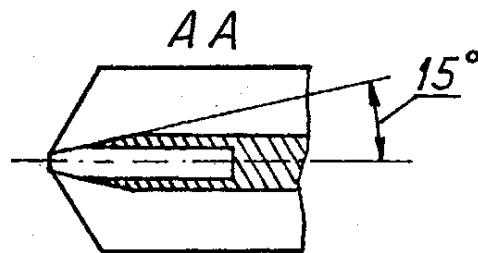
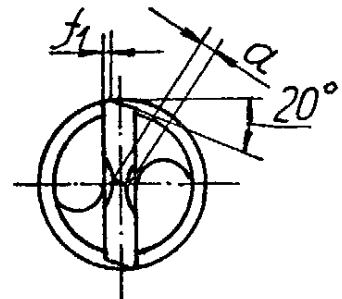
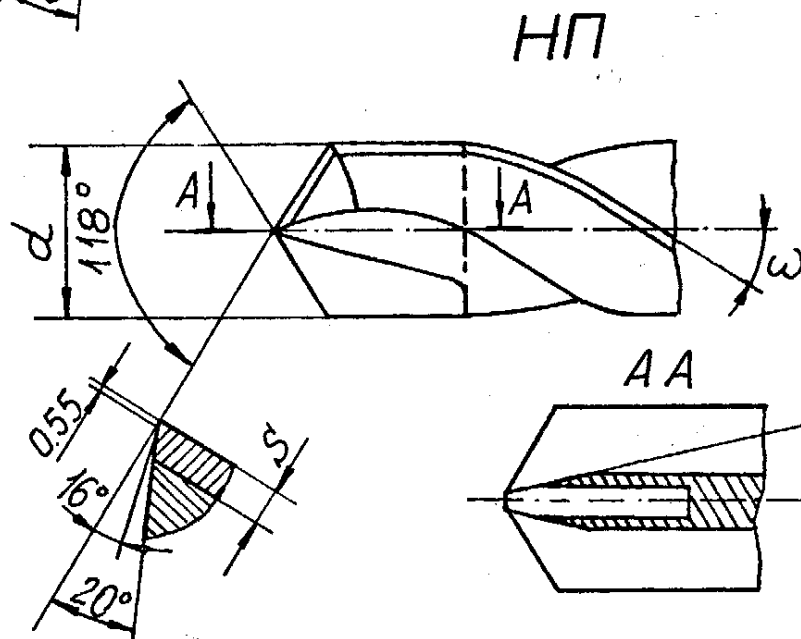
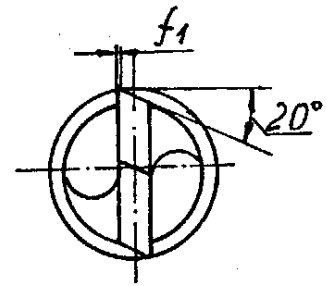
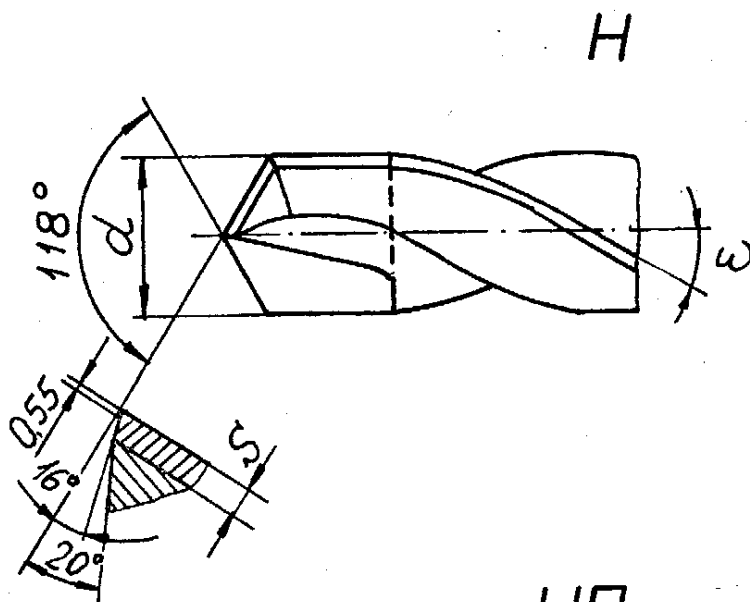


Рис. 4.1

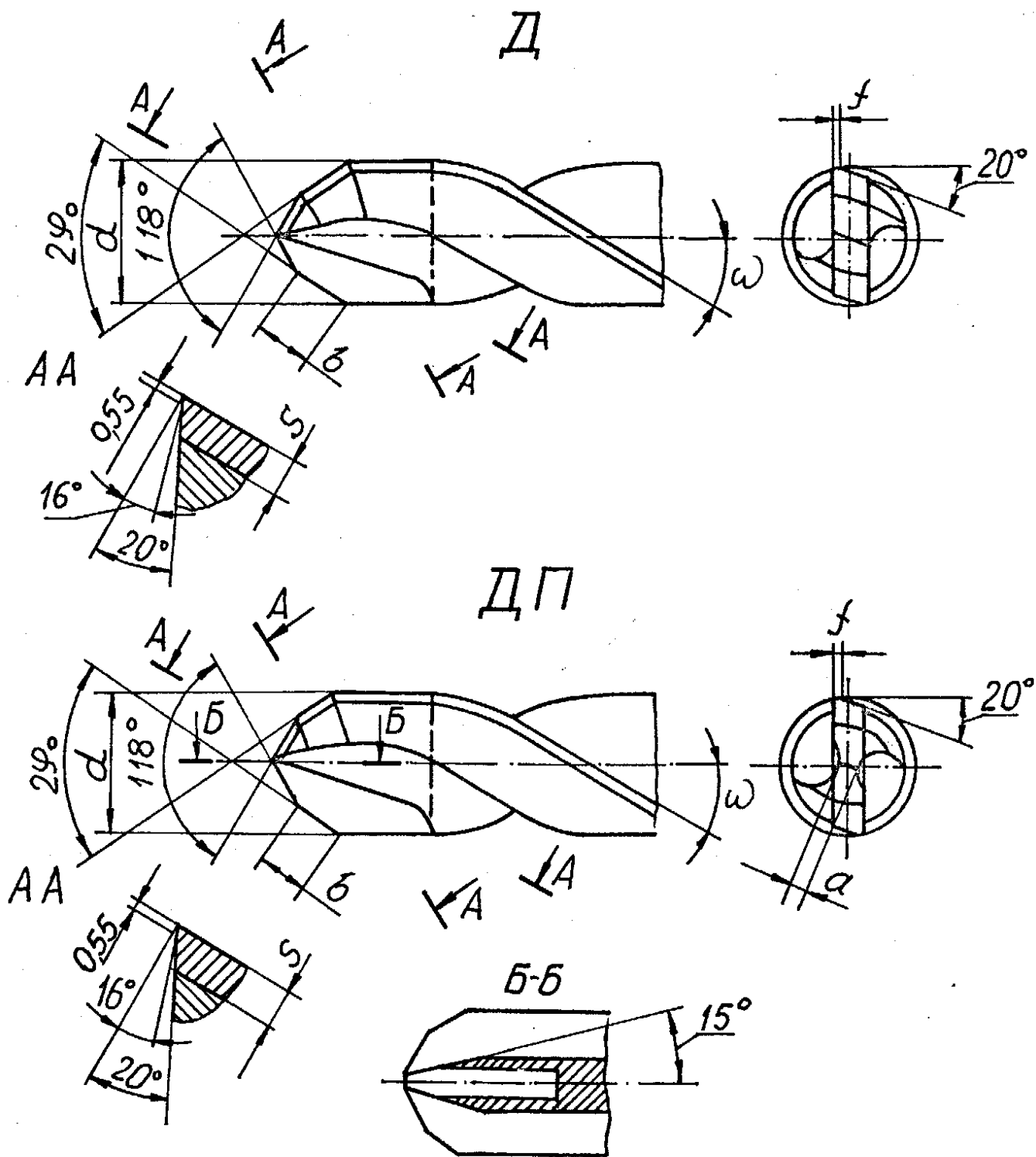


Рис. 4.2.

## 12.5. Приложение 5. Примеры выполнения чертежей сверл и технические требования на их изготовление.

На рабочем чертеже необходимо привести все виды, проекции и сечения, которые полностью показывают форму и размеры сверл. На чертеже приводят также технические требования (ТТ), которые невозможно или неудобно выразить с помощью обозначений, принятых ГОСТом.

Ниже приведены условные обозначения и ТТ для сверл, представленных на рис. 5.1, 5.2, 5.3.

По Классификатору Государственных Стандартов (КГС) условное обозначение сверла включает в себя цифровой код, присвоенный каждому виду (подвиду) сверла и указанный в соответствующем ГОСТе, квалитет точности, номер ГОСТа.

*Рис. 5.1. Сверло спиральное диаметром  $d=10$  мм, степени точности А1, укороченное, с цилиндрическим хвостовиком, оснащенное пластиной твердого сплава, исполнение 1.*

*Условное обозначение: Сверло 2300 - 8594-А1. ГОСТ 22735-77.*

Технические требования.

1. Режущая часть - пластина твердого сплава марки ВК6, № 14291 ГОСТ 3882-74.
2. Корпус сверла - сталь 9ХС ГОСТ 5950-73.
3. Твердость корпуса HRC 56...62.
4. Припой марки МНМЦ 68-4-2, толщиной не более 0,20 мм.
5. На длине пластины уменьшение диаметра по направлению к хвостовику 0,05 мм.
6. Допуск симметричности сердцевины 0,10 мм.
7. Осевое биение измерять на середине режущей кромки.
8. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{iT14}{2}$ .
9. \*Размер справочный.
10. Размер  $d_2$ , измеренный между точками спинки зуба, не более 8,7 мм.
11. Остальные ТТ по ГОСТ 5758-81.
12. Маркировать: товарный знак, 10 ВК6, А1.

Примечание: чертеж на рис. 5.1 выполнен в масштабе 2:1.

*Рис. 5.2. Сверло спиральное диаметром  $d=20$  мм, степень точности А1 с коническим хвостовиком.*

*Условное обозначение: сверло 2301 - 3627. ГОСТ -А1 10903-77.*

Технические требования.

1. Материал: рабочая часть - Р6М5 ГОСТ 19265-73,  
хвостовик - 40Х ГОСТ 4543-71.
2. Твердость: рабочая часть - HRC 62...64,  
лапка хвостовика - HRC 30...45.
3. Обратная конусность на 100 мм длины 0,10 мм.
4. Допуск симметричности сердцевины 0,15 мм.

5. Допуск осевого биения измерять на середине режущих кромок.
6. Неуказанные предельные отклонения размеров: отверстий H14, валов h14, остальных  $\pm \frac{iT14}{2}$ .
7. Остальные ТТ по ГОСТ 2034-80.
8. \*Размер справочный.
9. Маркировать: товарный знак, 20, P6M5, A1, 2301.

*Рис. 5.3. Сверло спиральное с цилиндрическим хвостовиком, диаметром  $d=20$  мм, степень точности В, короткая серия, правое, исполнение 1.*

*Условное обозначение: сверло 2300 - 5757. ГОСТ 4010-77.*

Технические требования.

1. Материал - сталь 9ХС ГОСТ 5950-73.
  2. Твердость - HRC 61...64, твердость поводка не менее HRC25.
- Пункты с 3 по 8 см. ТТ к рис. 5.2.
9. Маркировать: товарный знак, 20, 9ХС, В.

Примечание: Сверла из инструментальной стали 9ХС по ГОСТ 5950-73 допускается изготавливать по требованию заказчика.

3,2/√1

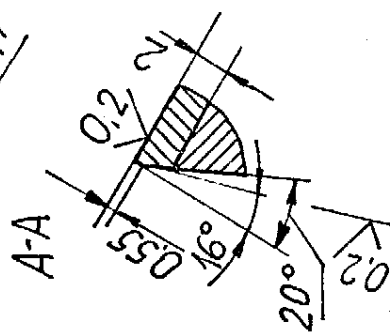
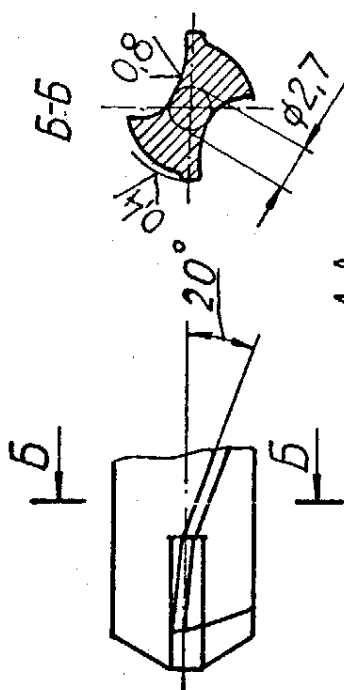
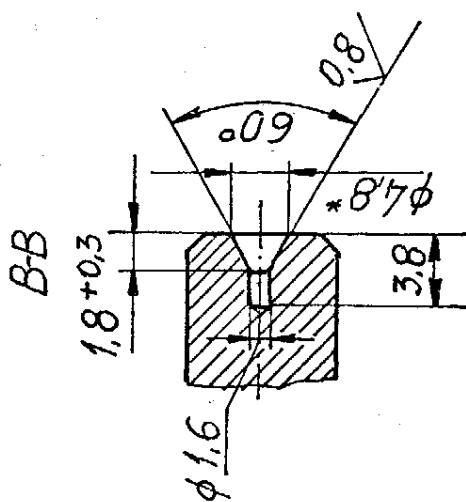
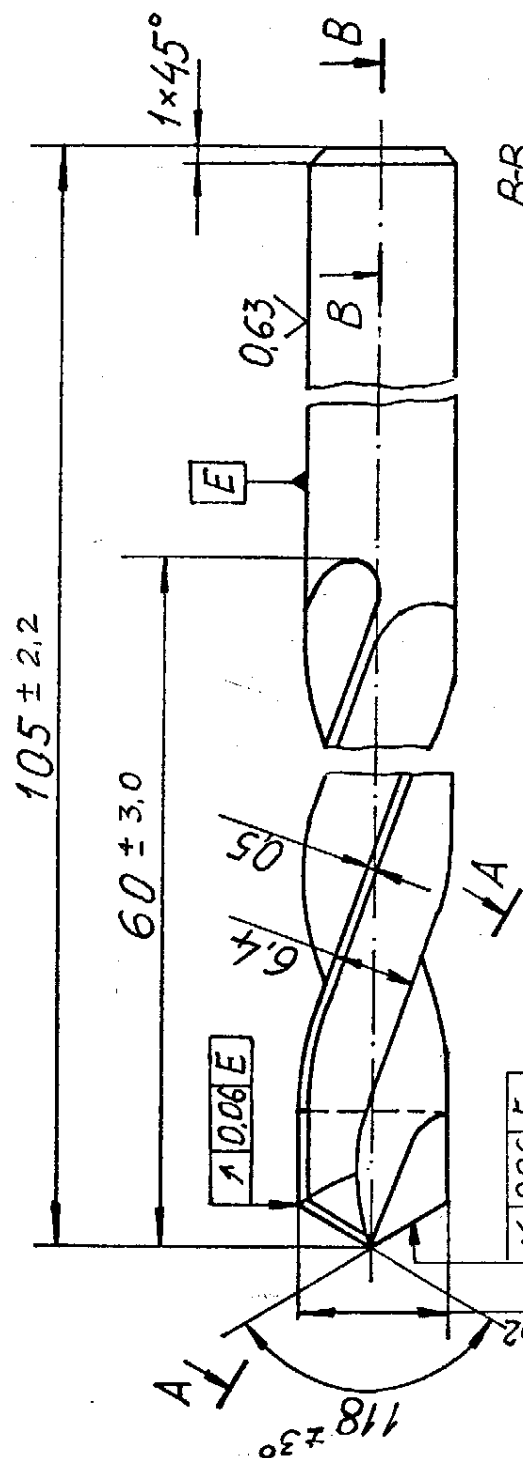


Рис. 5.1

32  
V(V)

238 ± 3,00

140 ± 3,5  
110

0,008 A

φ20-0,033

118° ± 3° 0,8/

0,8/

1/6/

30°

φ17,8

0,8/

Основная плоскость

16

R6

φ14

6,3-0,22

φ18,7

2,9

0,8/

55°

0,006 A

φ8

Морзе2 А17 ГОСТ 2848-75

ГОСТ15878-70-С4-Кс0 Q

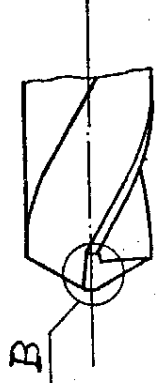
80

R1,6

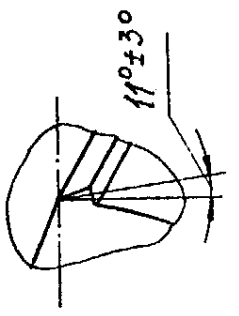
10

φ13,5

8°



B(2,5:1)



ББ(2,5:1)

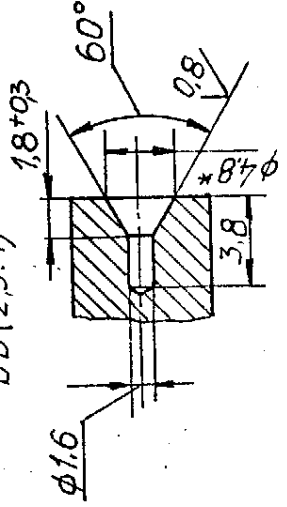
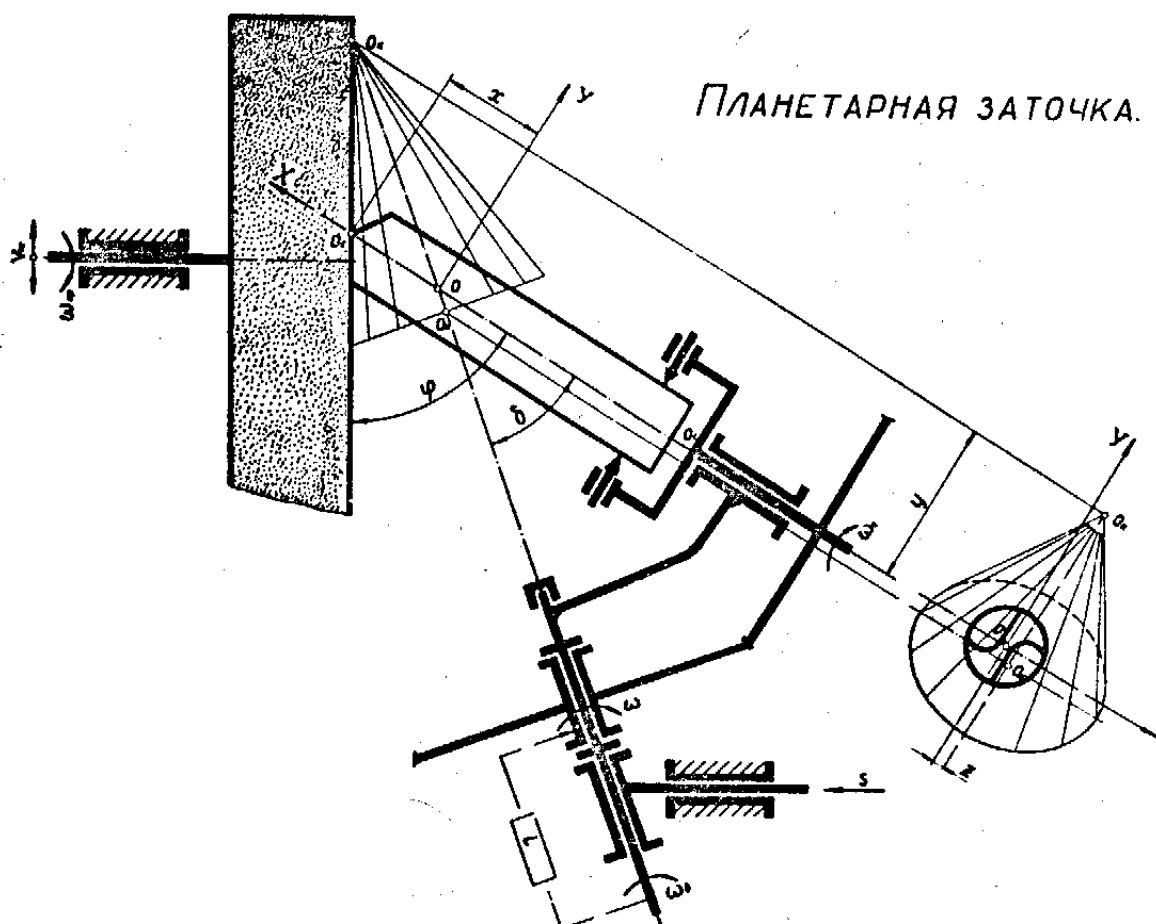
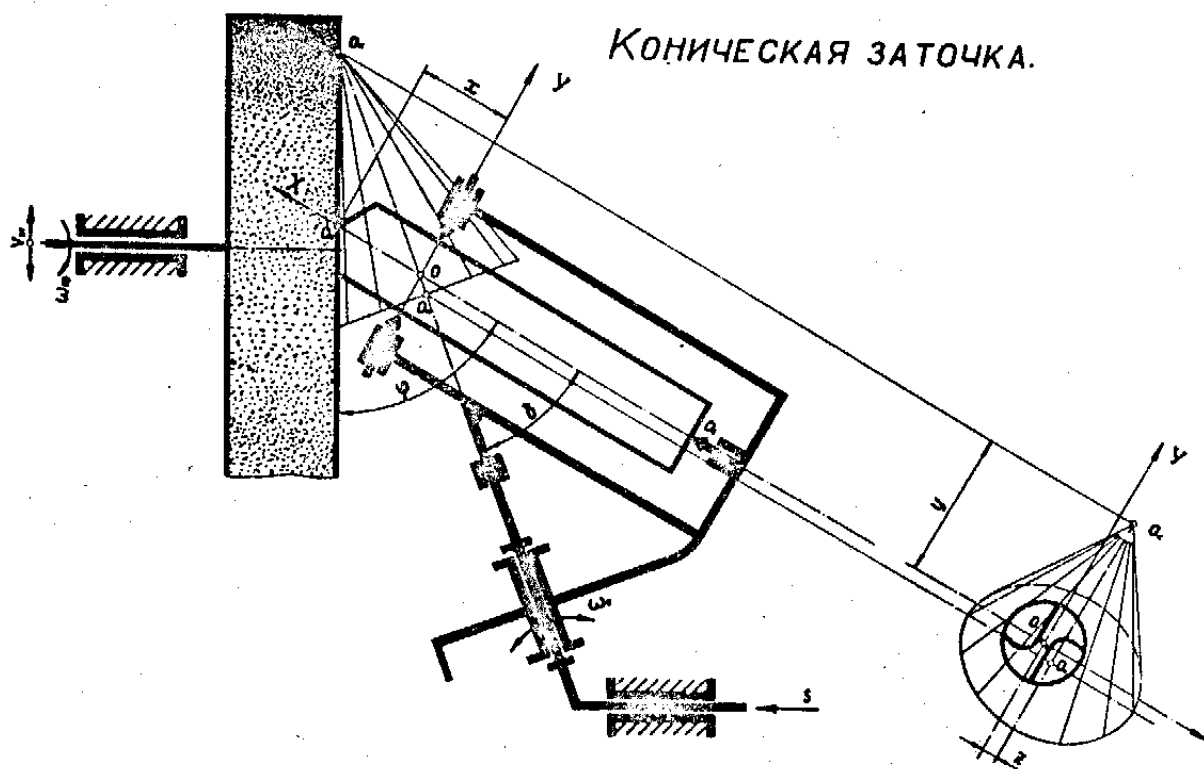
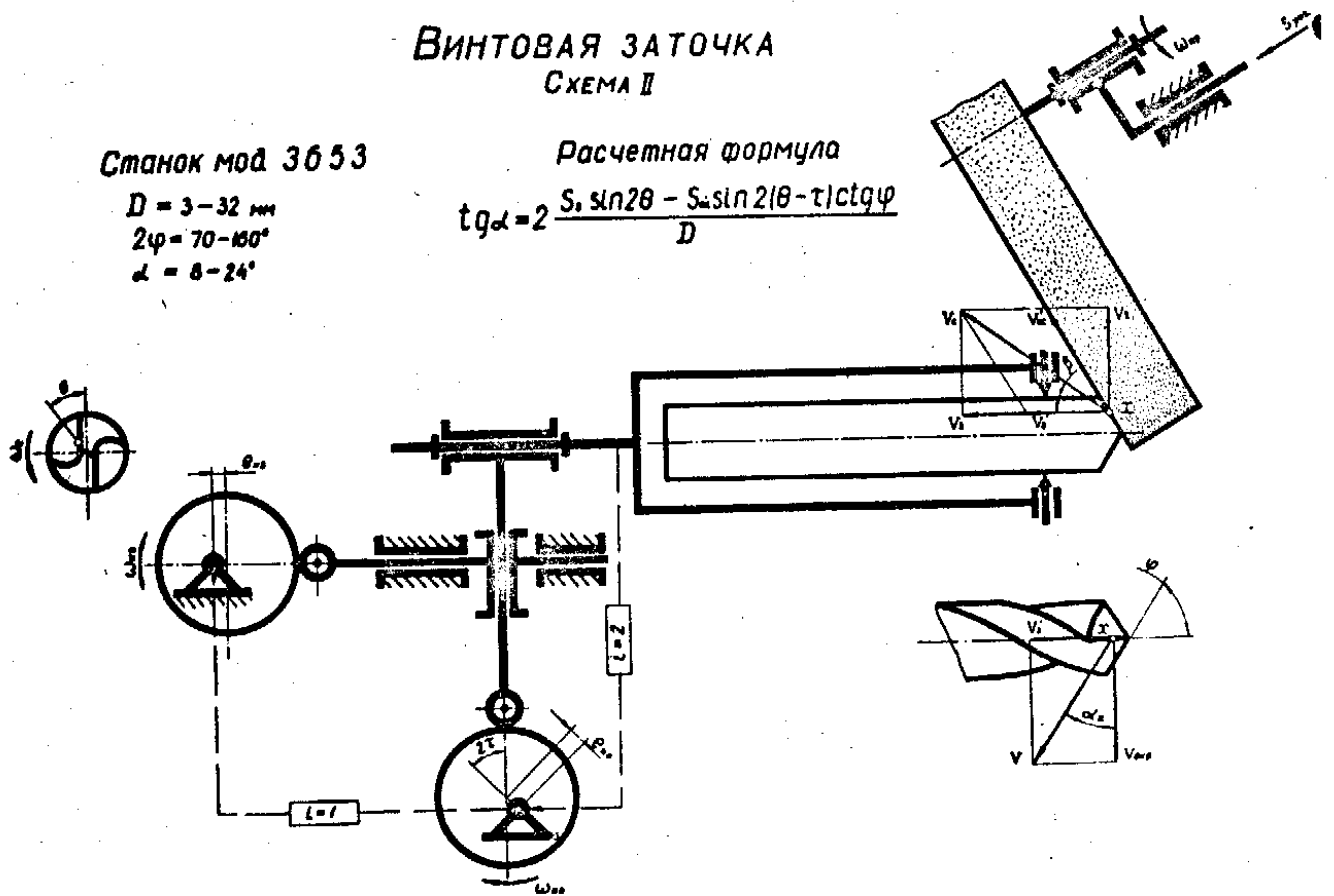
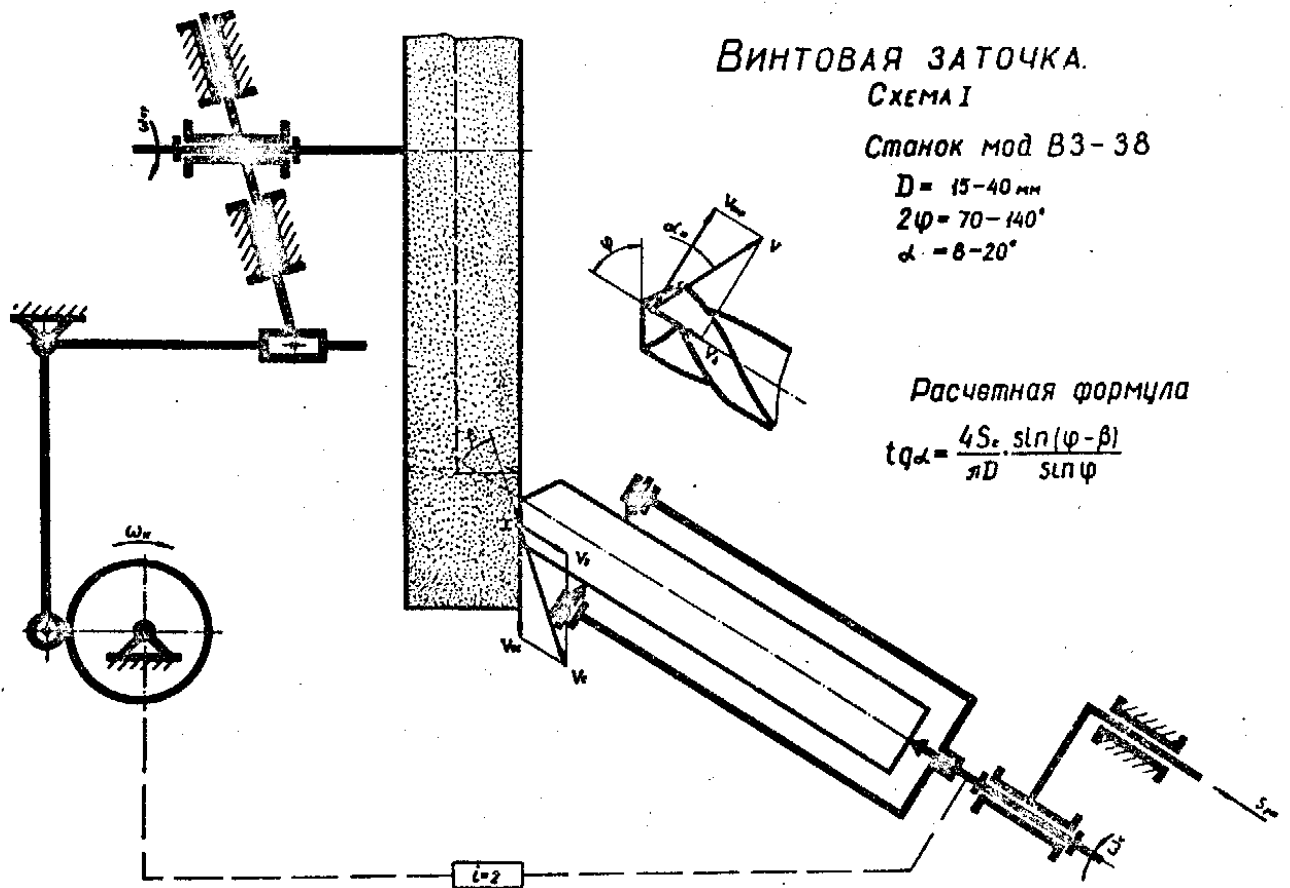


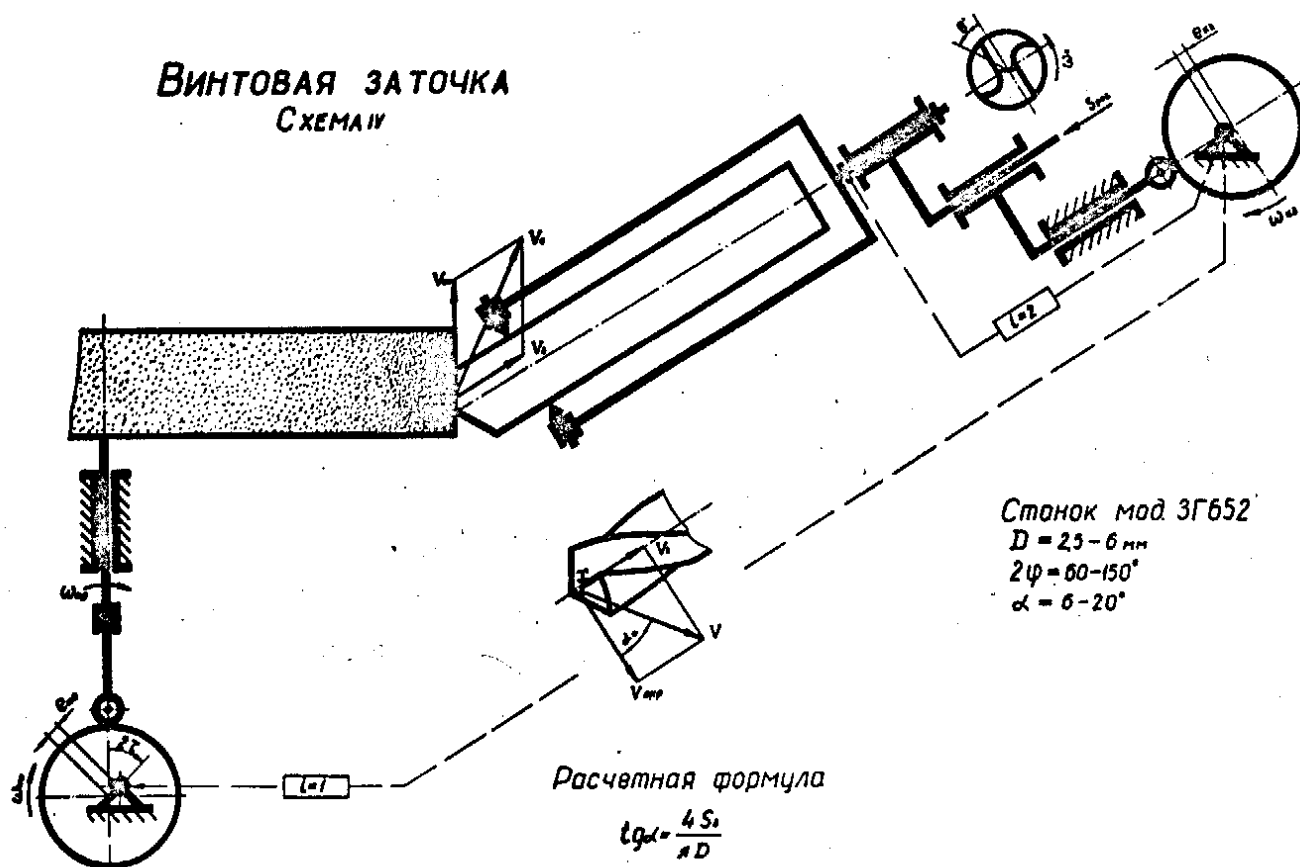
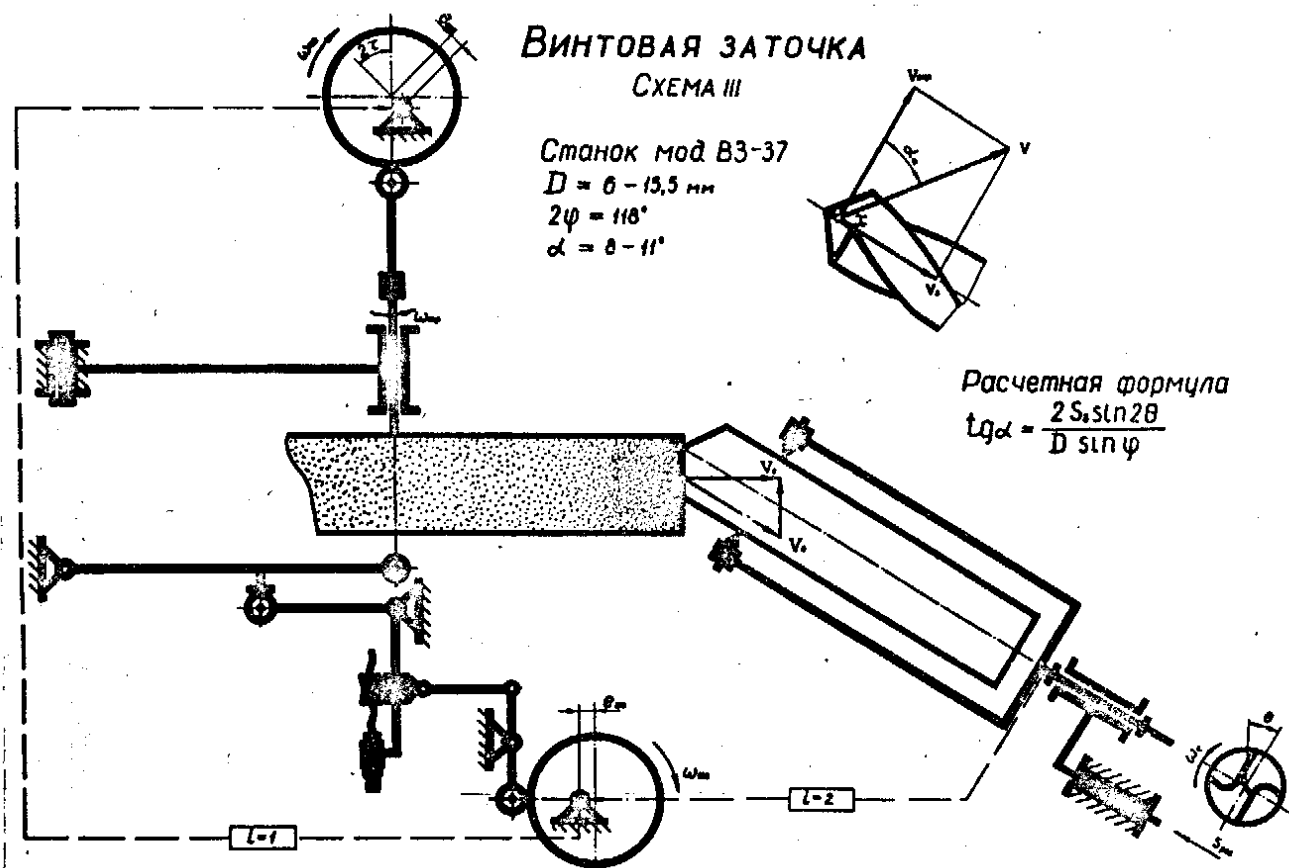
Рис. 5.2



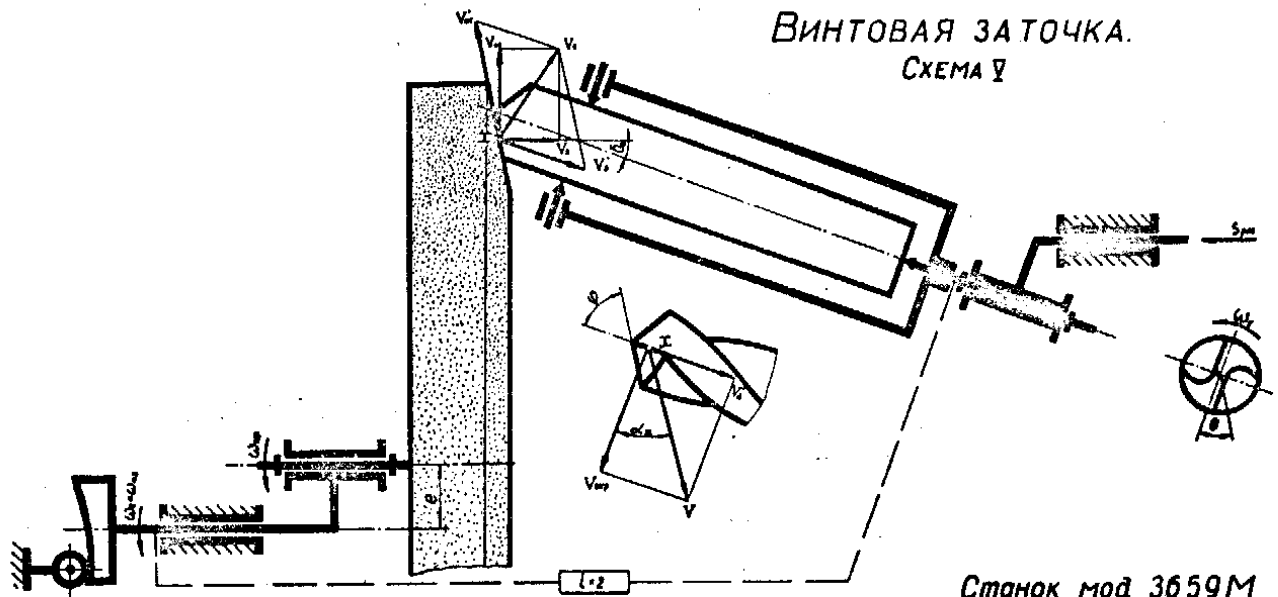
12.6. Приложение 6. Основные кинематические схемы видов заточки спиральных сверл.







# ВИНТОВАЯ ЗАТОЧКА. СХЕМА V

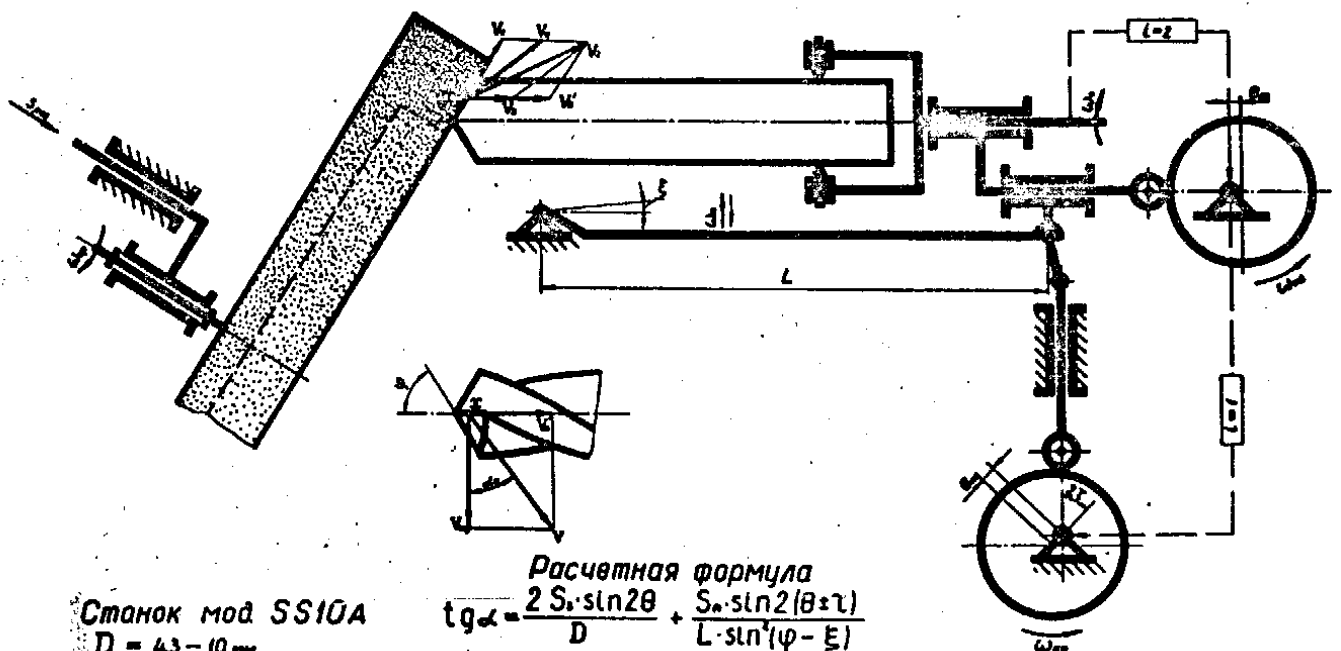


Станок мод 3659М  
D = 12-80 мм  
2φ = 90-140°  
α = 6-20°

Расчетная формула

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4S \cdot \sin(\varphi + \delta_2)}{\pi D \cdot \sin \varphi} - \frac{2S \cdot \sin 2\theta \cdot \cos(\varphi + \delta_2)}{D \cdot \sin \varphi}$$

## СЛОЖНО-ВИНТОВАЯ ЗАТОЧКА



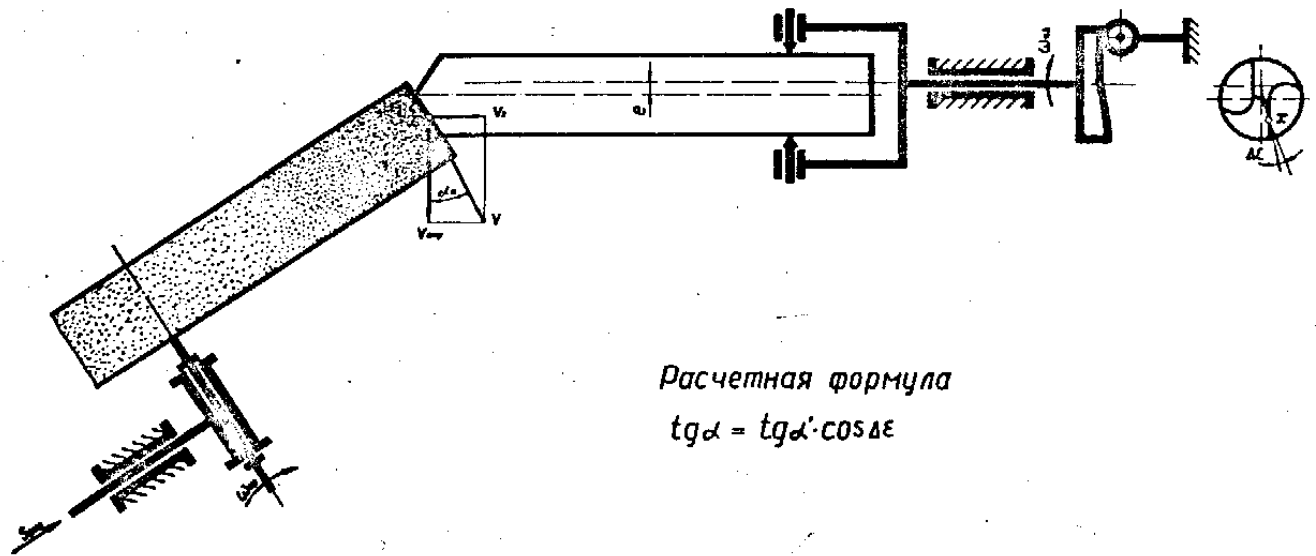
Станок мод SS10A  
D = 43-10 мм  
2φ = 118°  
α = 6-16°

Расчетная формула

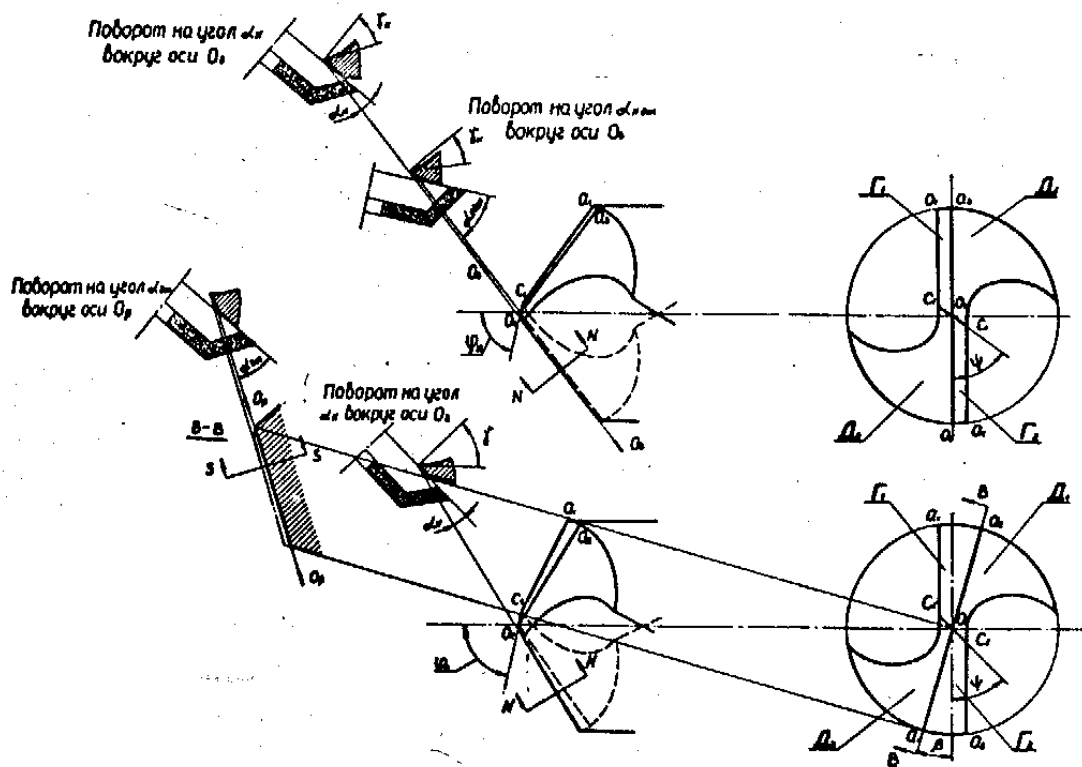
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2S \cdot \sin 2\theta}{D} + \frac{S \cdot \sin 2(\theta \pm \tau)}{L \cdot \sin^2(\varphi - \xi)}$$

$$\operatorname{tg} \xi = \frac{S \cdot [1 - \cos 2(\theta \pm \tau)]}{2L}$$

### ЭКСЦЕНТРИЧНО-ВИНТОВАЯ ЗАТОЧКА.



### ДВУХПЛОСКОСТНАЯ ЗАТОЧКА.



## 12.7. Приложение 7. Выбор диаметров сверл в зависимости от условий сверления.

Пример 1. Определить диаметр сверла для обработки отверстия  $d_o = 15H8$  в заготовке из стали марки 45 ГОСТ 1050-74, HB 180.

Отверстие обрабатывают последовательно сверлом зенкером и разверткой (табл. 7.1). По таблице 7.2 выбираем сверло  $d = 14,0$  мм и зенкер  $d = 14,85$  мм.

Пример 2. Определить размер диаметра сверла для обработки отверстия  $d_o = 30H7$ .

Отверстие последовательно обрабатывают первым и вторым сверлами, зенкером, черновой и чистовой развертками (табл. 7.1). По таблице 7.2 выбираем первое сверло диаметром  $d = 15,0$  мм, второе сверло  $d = 28,0$  мм, зенкер  $d = 29,8$  мм.

Пример 3. Сверлить отверстие под резьбу M10×1,5 в заготовке из стали марки 40Х ГОСТ 4543-71.

По таблице 7.3 выбираем сверло диаметром  $d = 8,5$  мм.

Пример 4. Определить диаметр сверла для сверления отверстия  $d_o = 20H12$  на глубину 40 мм в заготовке из стали марки 45 ГОСТ 1050-74, HB180.

По таблице 1 выбираем сверло высшей категории качества (допуск на диаметр h8) со степенью точности A1.

По формуле 1.1 вычислим величину разбивки отверстия:

$$\Delta d = 0,10d^{0.7} = 0,224 \text{ мм.}$$

Построим схему (рис. 7.1) полей допуска на диаметр отверстия ( $d_oH12$ ), диаметр сверла ( $dh8$ ) и предельное отклонение разбивки отверстия  $-\Delta d$ . Как видно из схемы, верхнее отклонение  $d_o$  составляет 210 мкм, нижнее отклонение  $d$  - 33 мкм. На схеме покажем два численно равных предельных положения разбивки диаметра отверстия  $\Delta d$ , минимальные отклонения которых совпадают соответственно с максимальным и минимальным отклонениями диаметра сверла. Очевидно, что из-за разбивки диаметры ряда просверленных отверстий выходят из поля допуска. Для статистической оценки доли таких отверстий введем ряд условий:

1. Случайной величиной полагаем размер разбивки отверстия  $\Delta d_i$  после каждой переточки сверла.
2. Размер  $\Delta d_i$  принимает любое значение в границах  $\Delta d$ , вычисленной по формуле 1.1.
3. Распределение случайных  $\Delta d_i$  подчиняются нормальному распределению с отклонениями от среднего значения  $2\sigma$ . На схеме показаны нормальные кривые, на которых штриховкой выделены области отверстий, лежащих не в поле допуска  $T_o$ .
4. За время стойкости сверла обрабатывают 54 отверстия. Заточивание производят по конической схеме (рис. 10).
5. Обратная конусность рабочей части сверла в расчете не учитывается.

По расчетам, выполненным по [14(?) стр. 63...69] 2,56% отверстий имеют диаметр больше допустимого и 8% меньше. Таким образом, в нашем примере около 10% "бракованных" отверстий. Отметим, что расчеты выполнены при ряде некорректных для статистической оценки допущений. Поэтому эти расчеты имеют ограниченное оценочное применение. Так при использовании сверла  $d = 20(h9)$  степени точности B1 количество бракованных отверстий составит 58%, а в случае применения сверла степени точности B количество бракованных отверстий превышает 82%.

Пример 5. При условиях сверления 4-го примера применим методику [4] и формулы 1.3 и 1.4.

Выбираем сверло  $d = 20\ h9$  степени точности В и по таблице 1 и формуле 1.1 подсчитаем разбивку отверстия:

$$\Delta d = 0,2d^{0,40} = 0,663 \text{ мм}$$

Расчетный размер сверла по [1.3]:

$$d_p = 20 + 0,210 - 0,663 = 19,547 \text{ мм}$$

По ГОСТ 885-77 находим сверло [1.4]:

$$d = 19,50 \text{ мм.}$$

Статистический анализ, аналогичный представленному на рис. 7.1, показывает, что все просверленные отверстия по верхнему отклонению будут находиться в поле допуска, но при этом по нижнему отклонению около 75% просверленных отверстий окажется вне поля допуска.

При сверлении отверстий  $d_o(H14) \dots d_o(H17)$  сверлами со степенями точности А1, В1, В все 100% отверстий теоретически будут находиться в поле допуска. Однако, такие поля допусков не предназначены для посадок.

Следует также помнить, что при сверлении отверстий с полем допуска Н12 и Н13 вне зависимости от степени точности сверл диаметр значительной части отверстий выходит из поля допуска.

**Таблица 7.1.**

Типовые методы обработки отверстий 7-11 квалитетов.

Квалитет точности	Производительность операции	
	При образовании отверстия в сплошном материале	При наличии исходного отверстия, полученного литьем, ковкой или штамповкой.
10, 11	1. Сверление 2. Зенкерование	1. Зенкерование
8,9	1. Сверление 2. Зенкерование 3. Развертывание однократное	1. Зенкерование 2. Развертывание однократное
	1. Сверление 2. Зенкерование 3. Шлифование	
7	1. Сверление 2. Зенкерование 3. Развертывание черновое 4. Развертывание чистовое	1. Зенкерование 2. Развертывание черновое 3. Развертывание чистовое
	1. Сверление 2. Зенкерование 3. Шлифование	

Примечание: зенкерование может быть заменено операцией растачивания.

Таблица.7.2.

Диаметры инструментов для обработки отверстий 7, 8 и 9 квалитетов.

Диаметр обрабатываемого отверстия, мм.	Диаметры инструментов, мм.					
	первого сверла	второ- го сверла	зенкера	развертки для отверстия 8 и 9 квалите- тов	разверток для отверстия 7 квалитета	
					черновой	чистовой
3	2,9	-	-	3,0	-	-
4	3,9	-	-	4,0	-	-
5	4,8	-	-	5,0	-	-
6	5,8	-	-	6,0	-	-
8	7,8	-	-	8,0	7,96	8,0
10	9,8	-	-	10,0	9,96	10,0
12	11,0	-	11,85	12,0	11,95	12,0
13	12,0	-	12,85	13,0	12,95	13,0
14	13,0	-	13,85	14,0	13,95	14,0
15	14,0	-	14,85	15,0	14,95	15,0
16	15,0	-	15,85	16,0	15,95	16,0
18	17,0	-	17,85	18,0	17,94	18,0
20	18,0	-	19,80	20,0	19,94	20,0
22	20,0	-	21,80	22,0	21,94	22,0
24	22,0	-	23,80	24,0	23,94	24,0
25	23,0	-	24,80	25,0	24,94	25,0
26	24,0	-	25,80	26,0	25,94	26,0
28	26,0	-	27,80	28,0	27,94	28,0
30	15,0	28,0	29,80	30,0	29,93	30,0
32	15,0	30,0	31,75	32,0	31,93	32,0
35	20,0	33,0	34,75	35,0	34,93	35,0
38	20,0	36,0	37,75	38,0	37,93	38,0
40	25,0	38,0	39,75	40,0	39,93	40,0
42	25,0	40,0	41,75	42,0	41,93	42,0
45	25,0	43,0	44,75	45,0	44,93	45,0
48	25,0	46,0	47,75	48,0	47,93	48,0
50	25,0	48,0	49,75	50,0	49,93	50,0



Таблица 7.3.

Рекомендуемый диаметр сверла для отверстий под нарезание резьбы  
(приложение к ГОСТ 19257-73) [...]. Размеры в мм.

Номи- нальный диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла		Номи- нальный диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла		Номи- нальный диаметр резьбы	Шаг резьбы	Диаметр сверла		
		Р	*1			*2	Р			*1	*2	Р
1,0	0,20	0,80	0,82	4,5	0,50	4,00	-	11,0	0,50	10,50	10,60	
	0,25	0,75	0,80		0,75	3,70	3,90		0,75	10,20	10,30	
1,1	0,20	0,90	0,92	5,0	0,50	4,50	4,60		1,00	10,00	10,10	
	0,25	0,85	0,90		0,80	4,20	4,30		1,50	9,50	9,70	
1,2	0,20	1,00	1,05	5,5	0,50	5,00	5,10	12,0	0,50	11,50	-	
	0,25	0,95	1,00	6,0	0,50	5,50	5,60		0,75	11,20	11,30	
1,4	0,20	1,10	1,25		0,75	5,20	5,30		1,00	11,00	11,10	
	0,30	1,00	1,15		1,00	5,00	5,10		1,25	10,80	10,90	
1,6	0,20	1,40	1,45	7,0	0,50	6,50	6,60	14,0	1,50	10,50	10,70	
	0,35	1,25	1,30		0,75	6,20	6,30		1,75	10,20	10,40	
1,8	0,20	1,60	1,65	8,0	1,00	6,00	6,10		15,0	0,50	13,50	-
	0,35	1,45	1,50		9,0	0,50	7,50			7,60	0,75	13,20
2,0	0,25	1,75	1,80			0,75	7,20	7,30		1,00	13,00	13,10
	0,40	1,60	1,65			1,00	7,00	7,10		1,25	12,80	-
2,2	0,25	1,95	2,00	10,0	1,25	6,80	6,90	1,50		12,50	12,70	
	0,45	1,75	1,80		11,0	0,50	8,50	8,60		2,00	12,0	12,20
2,5	0,35	2,15	2,20			0,75	8,20	8,30	12,0	1,00	14,00	-
	0,45	2,05	2,10			1,00	8,00	8,10		1,50	13,50	13,70
3,0	0,35	2,65	2,70	12,0	1,25	7,80	7,90	16,0	0,50	15,50	-	
	0,50	2,50	2,60		13,0	0,50	9,50		9,60	0,75	15,25	-
3,5	0,35	3,15	3,20			0,75	9,20		9,30	1,00	15,00	-
	0,60	2,90	2,95			1,00	9,00		9,10	1,50	14,50	-
4,0	0,50	3,50	3,60	14,0	1,25	8,80	8,90		17,0...52,0	2,00	14,00	14,25
	0,70	3,30	3,40		1,50	8,50	8,70			P	(d-P)	-

\*1. Обработка отверстий в заготовках из серого чугуна - по ГОСТ 1412-79; из сталей - по ГОСТ 380-71, ГОСТ 1050-74, ГОСТ 4543-71, ГОСТ 10702-78, ГОСТ 5632-72 (кроме сплавов на никелевой основе), ГОСТ 20072-74; из алюминиевых литейных сплавов - по ГОСТ 2685-75; из меди - по ГОСТ 859-78.

\*2. Обработка отверстий в заготовках из материалов повышенной вязкости: сплавов магния - по ГОСТ 804-72; алюминиевых - по ГОСТ 4784-74; латуни - по ГОСТ 15527-70; титановых сплавов; сталей и сплавов высоколегированных, коррозионно-стойких, жаростойких, жаропрочных (на никелевой основе - по ГОСТ 5632-72 и ГОСТ 20072-74).

## Выбор диаметра сверла в зависимости от условий сверления.

Пример 1. Определить диаметр сверла для обработки отверстия  $d_o = 15H8$  в заготовке из стали марки 45 ГОСТ 1050-74, HB 180.

Отверстие обрабатывают последовательно сверлом и разверткой (табл. 7.1). По таблице 7.2 выбираем сверло  $d = 14,75$  мм.

Пример 2. Определить размер диаметра сверла для обработки отверстия  $d_o = 30H7$ .

Отверстие последовательно обрабатывают первым и вторым сверлами, зенкером, черновой и чистовой развертками (табл. 7.1). По таблице 7.2 выбираем первое сверло диаметром  $d = 15,0$  мм и второе сверло  $d = 28,0$  мм.

Пример 3. Сверлить отверстие под резьбу M10×1,5 в заготовке из стали марки 40Х ГОСТ 4543-71.

По таблице 7.3 выбираем сверло диаметром  $d = 8,5$  мм.

Пример 4. Определить диаметр сверла для сверления отверстия  $d_o = 20H12$  на глубину 40 мм в заготовке из стали марки 45 ГОСТ 1050-74, HB180.

По таблице 1 выбираем сверло высшей категории качества (допуск на диаметр  $h8$ ) со степенью точности A1.

По формуле 1.1 вычислим величину разбивки отверстия:

$$\Delta d = 0,10d^{0.7} = 0,224 \text{ мм.}$$

Построим схему (рис. 7.1) полей допуска на диаметр отверстия ( $d_oH12$ ), диаметр сверла ( $dh8$ ) и предельное отклонение разбивки отверстия -  $\Delta d$ . Как видно из схемы, верхнее отклонение  $d_o$  составляет 210 мкм, нижнее отклонение  $d$  - 33 мкм. На схеме покажем два численно равных предельных положения разбивки диаметра отверстия  $\Delta d$ , минимальные отклонения которых совпадают соответственно с максимальным и минимальным отклонениями диаметра сверла. Очевидно, что из-за разбивки диаметры ряда просверленных отверстий выходят из поля допуска. Для статистической оценки доли таких отверстий введем ряд условий:

1. Случайной величиной полагаем размер разбивки отверстия  $\Delta d_i$  после каждой переточки сверла.
2. Размер  $\Delta d_i$  принимает любое значение в границах  $\Delta d$ , вычисленной по формуле 1.1.
3. Распределение случайных  $\Delta d_i$  подчиняются нормальному распределению с отклонениями от среднего значения  $2\sigma$ . На схеме показаны нормальные кривые, на которых штриховкой выделены области отверстий, лежащих не в поле допуска  $T_o$ .
4. За время стойкости сверла обрабатывают 54 отверстия, при общем числе переточек  $i = 80$ . Заточивание производят по конической схеме (рис. 10).
5. Обратная конусность рабочей части сверла в расчете не учитывается.

По расчетам, выполненным по [14(?) стр. 63...69] 2,56% отверстий имеют диаметр больше допустимого и 8% меньше. Таким образом, в нашем примере около 10% "бракованных" отверстий. Отметим, что расчеты выполнены при ряде некорректных для статистической оценки допущений. Поэтому эти расчеты имеют ограниченное оценочное применение. Так при использовании сверла  $d = 20(h9)$  степени точности B1 количество бракованных отверстий составит 58%, а в случае применения сверла степени точности B количество бракованных отверстий превышает 82%.

Пример 5. При условиях сверления 4-го примера применим методику [4] и формулы 1.3 и

1.4.

Выбираем сверло  $d = 20$  h9 степени точности В и по таблице 1 и формуле 1.1 подсчитаем разбивку отверстия:

$$\Delta d = 0,2d^{0,40} = 0,663 \text{ мм}$$

Расчетный размер сверла по [1.3]:

$$d_p = 20 + 0,210 - 0,663 = 19,547 \text{ мм}$$

По ГОСТ 885-77 находим сверло [1.4]:

$$d = 19,50 \text{ мм.}$$

Статистический анализ, аналогичный представленному на рис. 7.1, показывает, что все просверленные отверстия по верхнему отклонению будут находиться в поле допуска, но при этом по нижнему отклонению около 75% просверленных отверстий окажется вне поля допуска.

При сверлении отверстий  $d_o(H14) \dots d_o(H17)$  сверлами со степенями точности А1, В1, В все 100% отверстий теоретически будут находиться в поле допуска. Однако, такие поля допусков не предназначены для посадок.

Следует также помнить, что при сверлении отверстий с полем допуска Н12 и Н13 вне зависимости от степени точности сверл диаметр значительной части отверстий выходит из поля допуска.

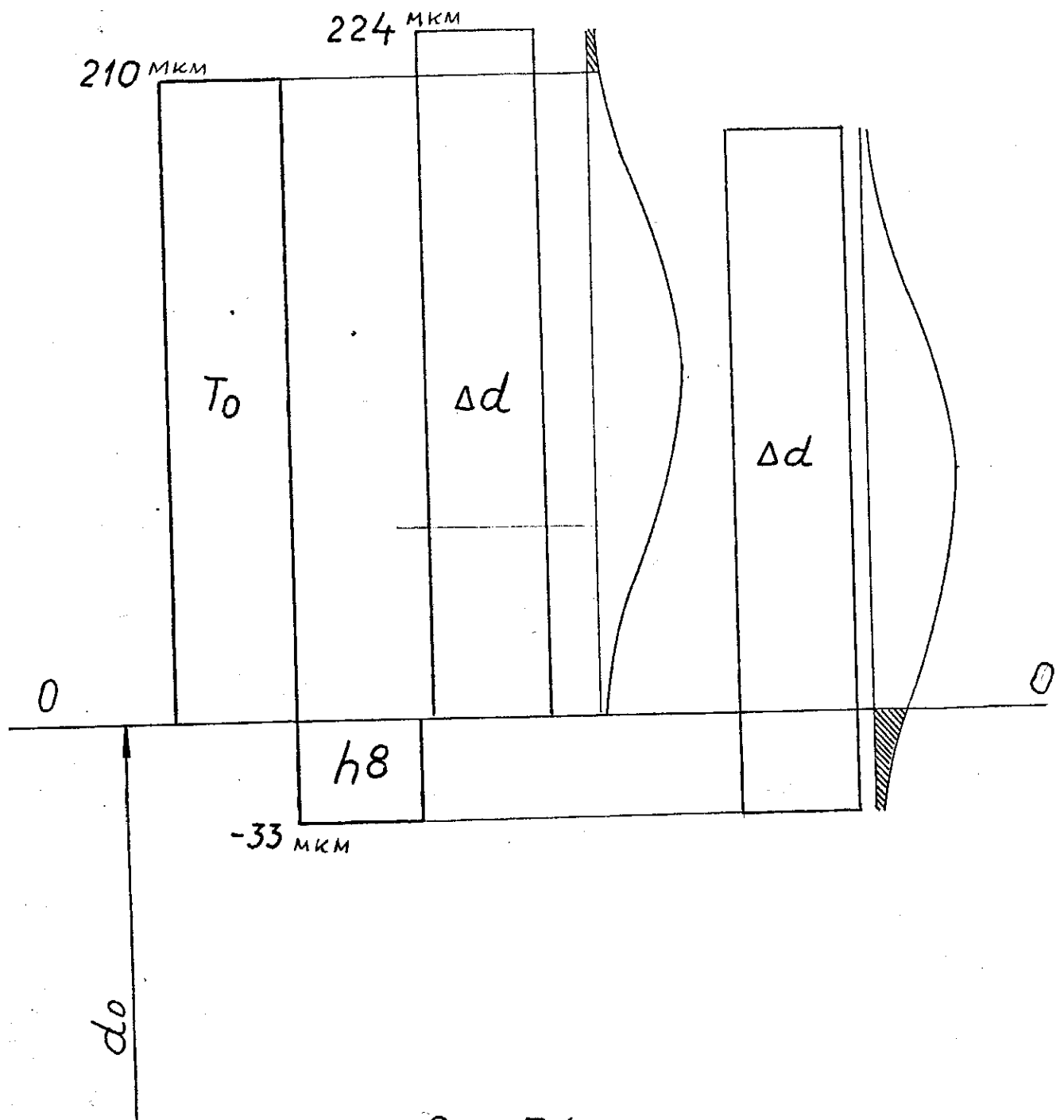


Рис. 7.1.

### 13. Список использованной литературы.

1. ГОСТ 25751-83. Инструменты режущие. Термины и определение общих понятий.
2. Мартынов А. Д. Влияние биения ленточек и биения кромок сверл, зенкеров и разверток на точность обработки отверстий. Сборник трудов ВНИИ, вып. 12, изд. ВНИИ. 1961 г.
3. ГОСТ 2034-80. Сверла спиральные. Технические требования.
4. Спиральные сверла. Сборник материалов всесоюзного совещания по спиральным сверлам. Под редакцией Имшенника К. П. -М. 1961 г.
5. Малевский Н. П. Классификация режущих инструментов. Технология металлов. 1998 г. №1. Стр.25-32.
6. Дибнер Л. Г, Ю. П. Шкурин. Заточка спиральных сверл. -М: Машиностроение. 1967 г. Стр. 154.
7. Малевский Н. П. Расчет и конструирование спиральных сверл. Методическое пособие по курсу "Режущий инструмент". -М: МВТУ. 1977 г. 54 с.
8. Малевский Н. П. Расчет профиля винтовых канавок спиральных сверл. Учебное пособие по курсу "Режущий инструмент". -М: МВТУ. 1977 г. 16 с.
9. Справочник конструктора инструментальщика. Под редакцией В. И. Баранчикова. -М: Машиностроение. 1994 г. Стр. 197-209.
10. Малевский Н. П, Гаевой А. П. Использование линейчатой винтовой поверхности для профилирования стружечных канавок осевых металлорежущих инструментов. Вестник МГТУ. 1997 г. №4. Стр. 33-41.
11. Малевский Н. П, Гаевой А. П. Аналитическое определение точного профиля дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей деталей. Вестник МГТУ. 1999 г. №1. Стр. 3-10.
12. Малевский Н. П. Аналитическое исследование конической схемы заточки спиральных сверл. Доклад на симпозиуме «Прогрессивные конструкции сверла и их рациональная эксплуатация». – М. Ротопринт ВНИИ, 1974 г.
13. Фролов С. А. Начертательная геометрия. –М. Машиностроение 1983 г. стр. 131-147.
14. Общемашиностроительные нормативы по износу, стойкости и расходу спиральных сверл. НИИМАШ. –М.: 1980 г. стр. 40.
15. Даниленко Б. Д, Денисенко В. И. и др. Выбор режима резания при сверлении. Сб. «Прогрессивная технология механосборочного производства». Труды МГТУ. –М.: Издательство МГТУ, 1983 г. стр. 30-44.
16. Даниленко Б. Д. Сравнительный анализ нормативов режимов резания. Известия ВУЗов. –М.: Машиностроение. 1993 г. № 2. стр.89-91.
17. Справочник технолога машиностроителя. Том 1. Под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова Р. Ф. –М.: Машиностроение. 1985 г. стр.18.
18. Л. Закс. Статистическое оценивание. –М.: Статистика. 1976 г. стр. 63-70.
19. Мартынов А. Д. Технология изготовления металлорежущих инструментов. Руководящие материалы. Выпуск VI-М: Машгиз. 1960 г. Стр. 84 ... 96.