

**МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМ. Н.Э.БАУМАНА**

**КАФЕДРА МТ-2  
"ИНСТРУМЕНТАЛЬНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ"**

**Н.П. Малевский**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ  
СТРУЖЕЧНЫХ КАНАВОК ЗЕНКЕРОВ**

**Учебное пособие по курсу  
"САПР инструментальных систем"**

**2002 г.**

## 1. Профиль стружечных канавок зенкеров.

Форма и размеры стружечных канавок зенкеров должны обеспечить размещение и свободный отвод стружки, а также достаточную жесткость зенкера. Профиль канавки определяет характер передней винтовой поверхности зуба и размеры передних углов главной и вспомогательной режущих кромок.

Условимся считать исходным профиль стружечной канавки, образованный секущей торцовой плоскостью  $P_T$ , перпендикулярной оси зенкера, поскольку только эта плоскость обеспечивает строгую определенность решения задачи профилирования.

Известные способы профилирования стружечных канавок режущих инструментов не имеют инженерного решения и целиком основаны на производственном опыте, который в значительной мере устарел. Так при фрезеровании стружечной канавки фасонной фрезой, установленной относительно заготовки в соответствии с рекомендацией ГОСТ, имеет место искажение профиля ("подрез"), который устраняет фрезеровщик, исходя из своего опыта. Приблизительно принимают, что нормальное сечение канавки совпадает с осевым профилем канавочной фрезы. Это приводит к искажению профиля канавки, которое является особенно значительным при больших углах  $\omega$ . Кроме того, в этом случае неудовлетворительно решается задача образования переднего угла  $\gamma_T$ . От указанных недостатков можно избавиться, если задавать профиль стружечной канавки двумя образующими прямыми.

## 2. Задание винтовой поверхности стружечной канавки двумя образующими прямыми.

Стружечная канавка представлена как линейчатая поверхность, имеющая простое графическое изображение и точное математическое описание.

Метод позволяет:

- определить размеры канавки в торцовом сечении;
- установить соответствие размеров канавки числу зубьев зенкера и условиям резания;
- выбрать оптимальное значение переднего угла  $\gamma_T$  в плоскости  $P_T$ ;
- определить профиль канавки в сечениях характерными секущими плоскостями, например, плоскостью нормальной направлению винтовой линии канавки, характеризуемого углом  $\omega$ ;
- определить профиль дискового инструмента второго порядка (фасонная фреза, профилированный абразивный круг) для точного образования стружечной канавки.

Формы стружечных канавок зенкеров и их параметры показаны на рис. 1. Форму F1 применяют для зенкеров с коническим хвостовиком из быстрорежущей стали и оснащенных твердосплавными пластинами. Форму F2 применяют для насадных зенкеров и зенкеров для обработки деталей из легких сплавов.

Эмпирические зависимости параметров торцового профиля канавки от диаметра зенкеров для обработки деталей из чугуна и стали приведены в табл. 1, а для обработки деталей из легких сплавов – в табл. 2.

Угловые параметры канавки определяют по формулам:  $\tau_f = 2 \arcsin(f_d / D)$ ,

$\tau_k = 360^\circ / z - \tau_f$ , а передний угол  $\gamma_T$  выбирают из табл. 3.

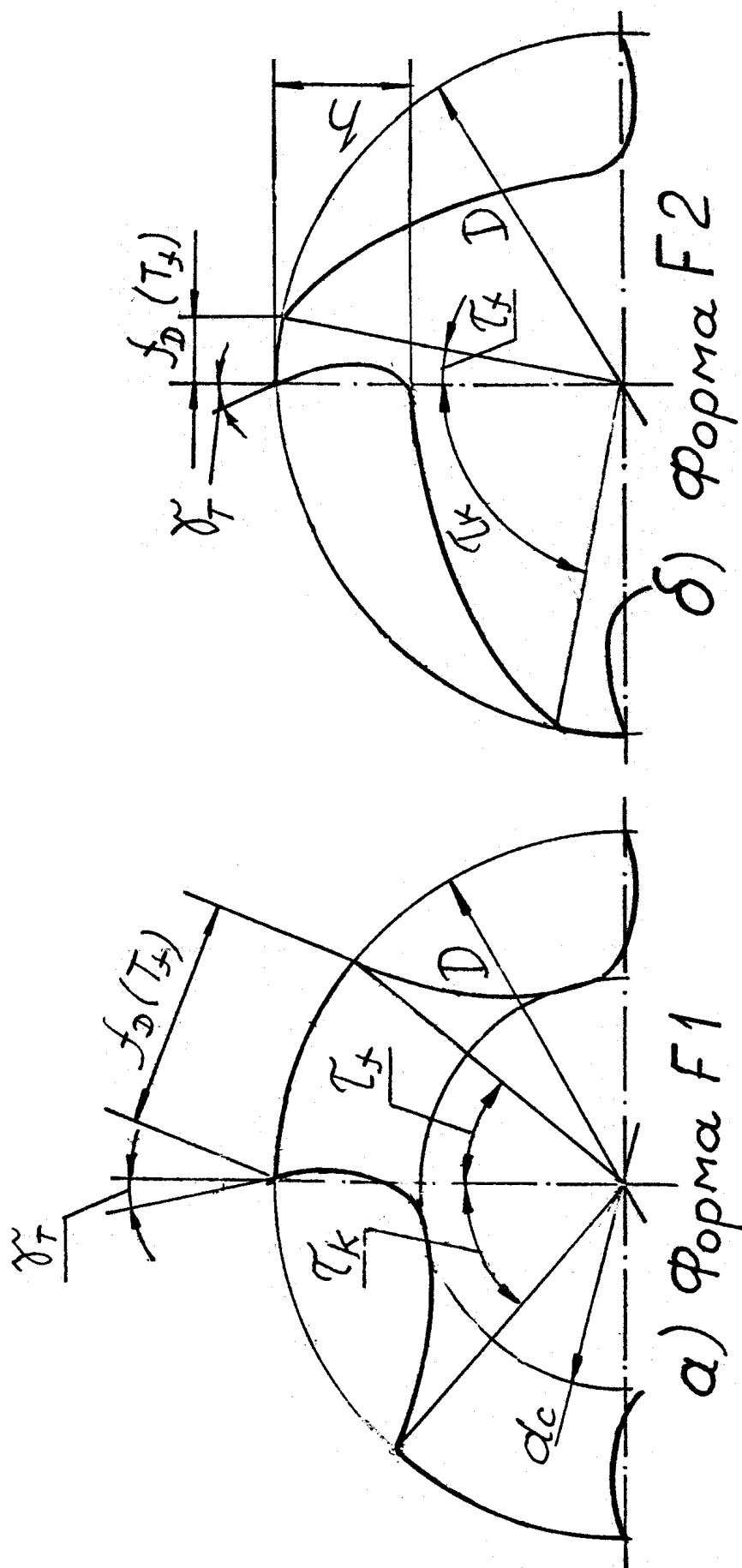


Рис. 1

Таблица 1.

Параметры стру- жечной канавки, мм	Вид зенкера				
	с коническим хвостовиком		насадной		
	быстрорежущий *	твердосплавный**	быстрорежущий		твердо- сплавный
	Форма стружечной канавки				
	F1		F2		
$D$	10...40	14...50	32...52	55...80	32...80
$z$	3	3	4	4	4
$d_c$	$0,8D^{0,8}$	$0,5D$	$D - 2h$	$D - 2h$	$D - 2h$
$f_D$	$0,42D$	$0,5D$	$0,08D$	$0,08D$	$0,08D$
$h$	$0,5(D - d_c)$	$0,5(D - d_c)$	$0,12D$	$0,11D$	$0,35D^{0,75}$
Примечание: * - рабочая часть из быстрорежущей стали; ** - режущая часть оснащена пластинами из твердого сплава					

Таблица 2.

Параметры стру- жечной канавки, мм	Вид зенкера				
	с коническим хвостовиком		насадной		
	Форма стружечной канавки F2				
	Из быстрорежущей стали				
$D$	3,0...9,0	10...35	36...48	50...70	72...80
$z$	2	3	3	4	5
$d_c$	$0,5D^{0,95}$	$D - 2h$			
$f_D$	$0,12D^{0,95}$	0,1D	0,4D		
$h$	$0,5(D - d_c)$	$0,25D^{1,04}$	$0,12D^{1,1}$		$0,11D^{1,1}$
	С твердосплавными пластинами				
$D$	18...35	36...48	50...70	72...80	
$z$	3	3	4	5	
$h$	$0,1D^{1,34}$	$0,1D^{1,15}$	$0,12D^{1,1}$	$0,4D^{0,8}$	
$f_D$	$0,25D^{0,95}$	$0,1D^{1,1}$	$0,12D$	$0,12D$	

Таблица 3.

Обрабатываемый материал	Передний угол $\gamma_t$
Алюминий и латунь	25°... 30°
Мягкая сталь HB < 160	15°... 20°
Сталь средней твердости и стальное литье HB = 160...230	8°... 12°
Твердая сталь и твердый чугун HB > 230	0°... 5°

Схема образования линейчатой винтовой поверхности показана на рис. 2, соответственно для формы F1 (рис. 2, а) и для формы F2 (рис. 2, б).

Плоскость  $M$  (рис. 2, а) касается цилиндра сердцевин зенкера радиуса  $r_c = 0,5d_c$  по прямой  $k - k$ . В плоскости  $M$  под углами  $\varphi_a$  и  $\varphi_b$  заданы главная образующая винтовой по-

верхности  $a_o - k_o$  и вспомогательная образующая  $k_o - b_o$ . При вращении плоскости  $M$  вокруг вертикальной оси по часовой стрелке с равномерной скоростью  $V$  и одновременным перемещением образующих в плоскости  $M$  с постоянным винтовым параметром  $p$  образуется правая винтовая стружечная канавка.

Винтовой параметр  $p$  представляет собой отношение шага винтовой поверхности  $H$  к углу поворота  $\Theta_1 = 2\pi$ ;

$$p = \frac{H}{2\pi} = \frac{2\pi R}{\operatorname{tg}\omega \cdot 2\pi} = \frac{R}{\operatorname{tg}\omega},$$

где  $\omega$  - угол наклона винтовой линии на наружном цилиндре  $R = 0,5D$ .

При сложении двух указанных движений любая точка образующих описывает винтовую линию с постоянным шагом  $H$ . Так точки  $a_o$  и  $b_o$  опишут винтовые линии, расположенные на наружном цилиндре зенкера, а точка  $k_o$  – винтовую линию на цилиндре сердцевины.

Очевидна возможность образования таким же способом левой винтовой поверхности, для чего необходимо изменить направление вращения плоскости  $M$ .

Схема образования винтовой стружечной канавки формы F2, показанная на рис. 2,б, отличается расположением вспомогательной образующей  $k_o - b_o$  под углом  $\varphi_b$ .

Наглядное представление об образовании линейчатых винтовых поверхностей стружечных канавок формы F1 и F2 приведены на рис. 3, а и рис. 3, б. Графическое изображение линейчатой винтовой поверхности в ортогональной системе координат представлено на рис. 4. Исходное положение проекций главной и вспомогательной образующей показано: в плоскости  $XY$  - прямой  $a_o k_o b_o$ , параллельной оси  $X$ ; в плоскости  $XZ$  - прямыми  $a_o k_o$  и  $b_o k_o$ , заданными соответственно углами  $\varphi_a$ ,  $\varphi_b$ . Повороту образующих на угол  $\Theta_1$  вокруг оси  $Z$  соответствует перемещение точек образующих на величину  $H_1 = \frac{H}{2\pi} \cdot \Theta_1$  по направлению оси  $Z$ . Исходное положение образующих выделено толщиной линии, а последовательность действий отмечено линиями связи.

Образование стружечной канавки формы F1 для зенкера с числом зубьев  $z = 3$  показано на рис. 5.

Для более глубокого изучения способа получения винтовой канавки на основе прямых образующих следует обратиться к [2], [3].

### 3. Определение профиля стружечной канавки графическим методом.

На рис. 6 показана расчетная схема графического определения положения передней поверхности стружечной канавки, образованной главной образующей  $A - k_A$ .

Исходные данные:  $R, r_c, f_d, \tau_f, \tau_k, \omega$ .

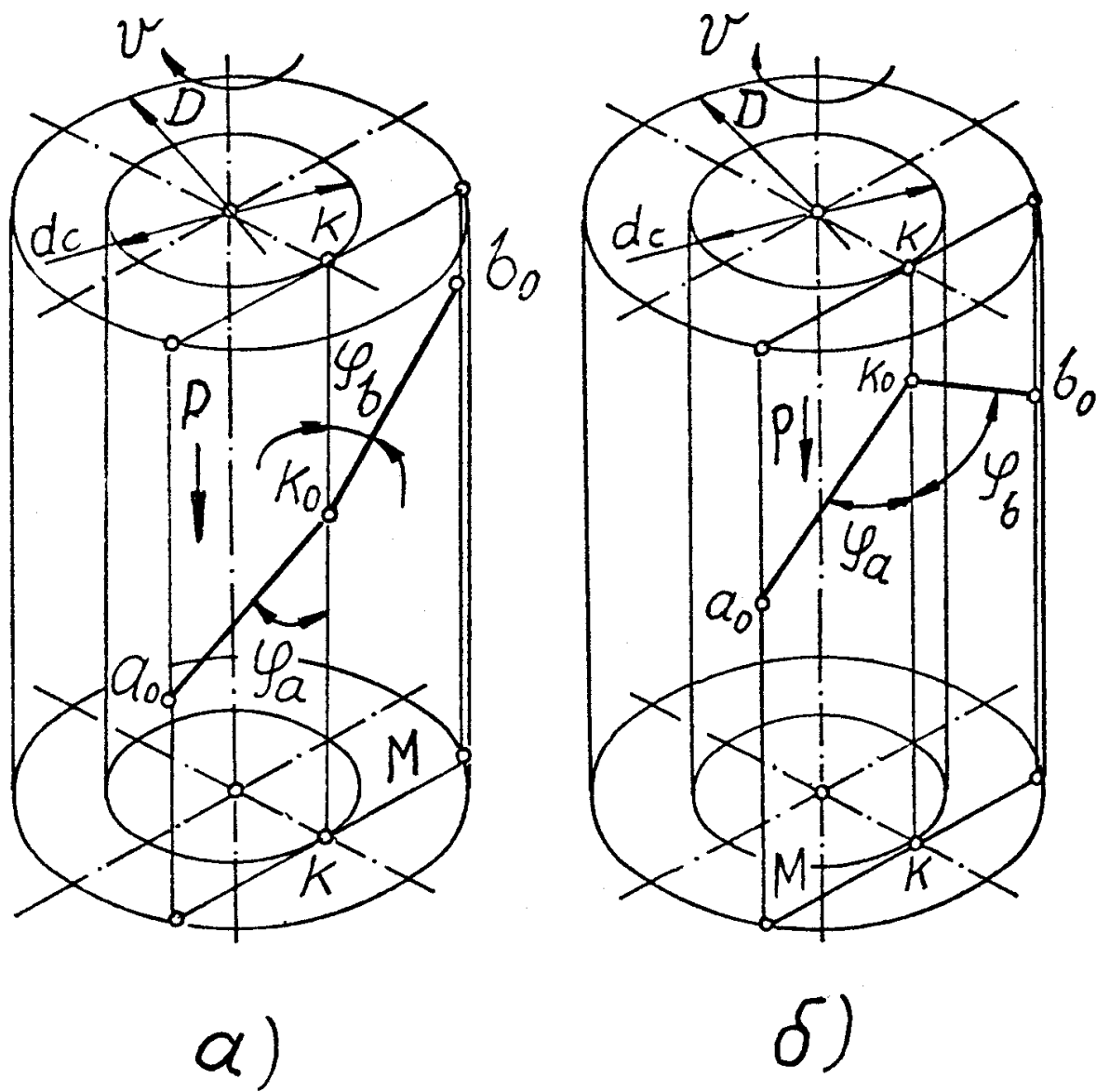


Рис. 2

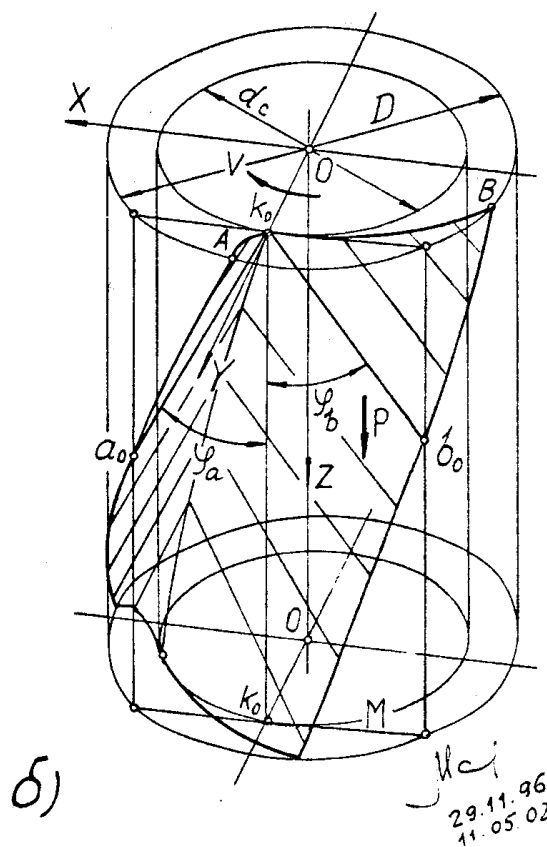
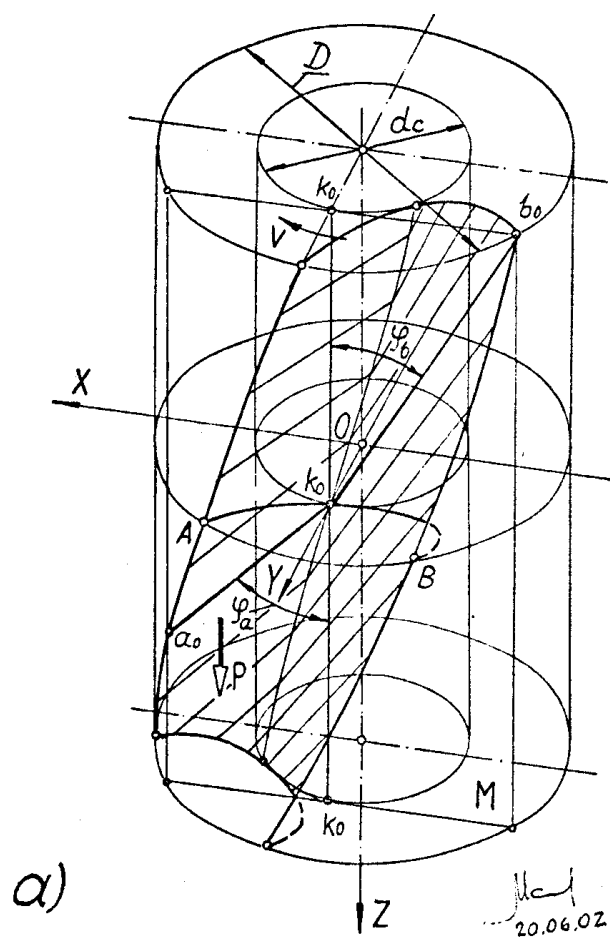


Рис. 3

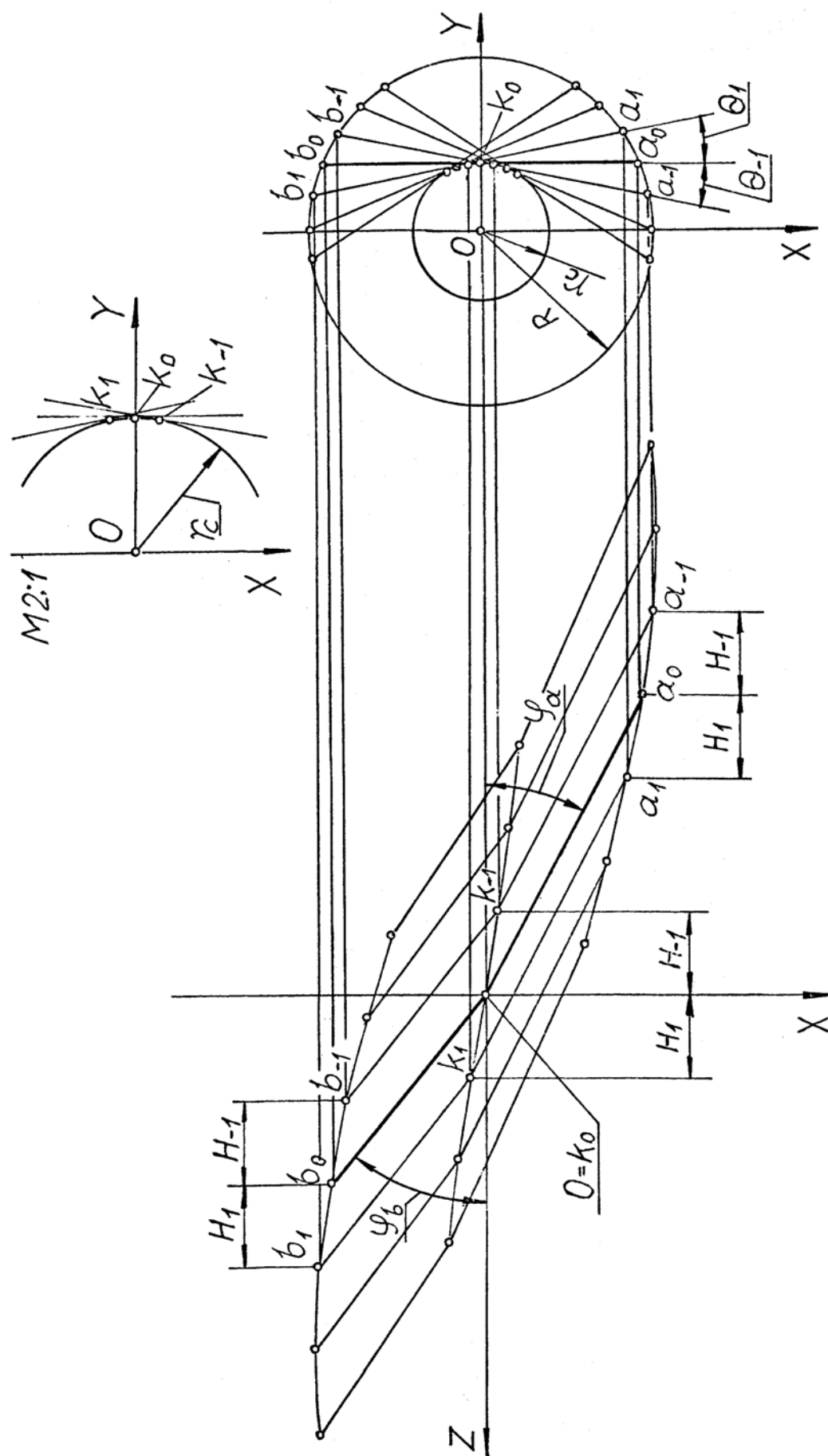
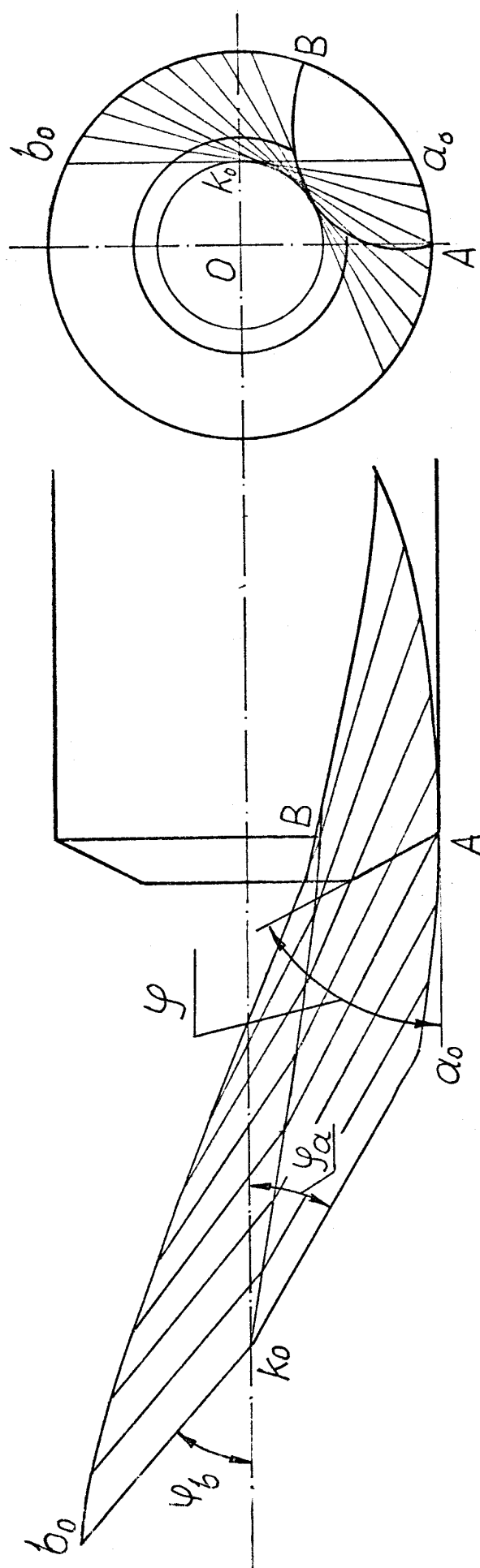


Рис. 4

*Mad*  
04.07.02





Мод  
14.07.02

Рис. 5

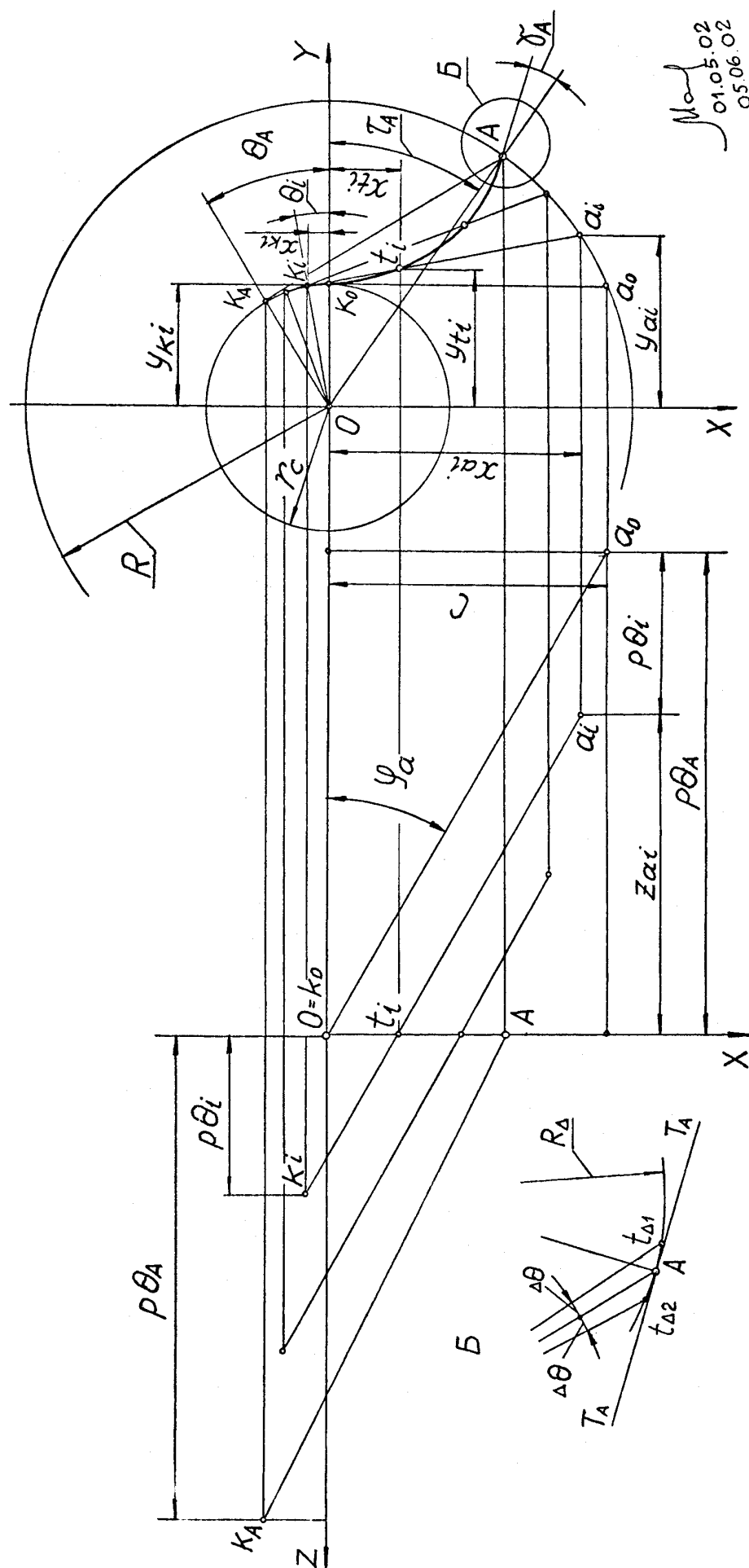


Рис. 6

Для числа зубьев  $z = 3$  и формы канавки F1 принимаем угол  $\tau_A = 35^\circ$ .

Система координат XY. Из точки A проводим касательную к окружности радиуса  $r_c$  и отмечаем точку  $k_A$  и угол  $\Theta_A$ . Делим угол  $\Theta_A$  на равное число частей  $m$ , которое выбираем в зависимости от требуемой точности построения. Обозначаем угол  $\Theta_i = \Theta_A/m$  и проставляем координаты точки  $k_i (x_{ki}, y_{ki})$ . Из точек  $k_o$  и  $k_i$  проводим касательные к окружности радиуса  $r_c$  до пересечения их с окружностью радиуса  $R$  соответственно в точках  $a_o$  и  $a_i$ . На чертеже указываем размер  $c = \sqrt{R^2 - r_c^2}$  и координаты точки  $a_i (x_{ai}, y_{ai})$ .

Система XZ. Задаемся положением начала координат точкой  $O \equiv k_o$ . Определяем положение точек A,  $k_A$ ,  $k_i$ ,  $a_i$ ,  $a_o$ , аппликаты которых соответственно:  $z_A = 0$ ;  $z_{ka} = p\Theta_A$ ;  $z_{ki} = p\Theta_i$ ;  $z_{ai} = -p(\Theta_A - \Theta_i)$ ;  $z_{ao} = p\Theta_A$ , где

$$p = R/\operatorname{tg} \omega, \quad (1)$$

$$\Theta_A = \arccos (r_c / R) - \tau_A \quad (2)$$

Соединив точку  $a_o$  с точкой  $k_o$ , графически получаем угол наклона главной образующей  $\varphi_a$ :

$$\operatorname{tg} \varphi_a = c / (p \cdot \Theta_A) \quad (3)$$

Соединив точки  $k_i$  и  $a_i$ , получим некоторое промежуточное положение главной образующей, а ее пересечение с осью X – точка  $t_i$  – будет принадлежать торцовому сечению стружечной канавки. Определяем положение точки  $t_i$  в системе XY и отметим координаты этой точки  $t_i (x_{ti}, y_{ti})$ . Аналогичным образом находим все точки торцового сечения, лежащие в пределах от точки  $k_o$  до точки A, расположенной на наружном цилиндре радиуса R.

Графическое определение переднего угла  $\gamma_A$  в точке A профиля показано на рис. 6 (место Б). Определяем симметрично расположенные относительно точки A две дополнительные точки  $t_{A1}$  и  $t_{A2}$ , соответствующие повороту образующей A –  $k_A$  на некоторые малые углы  $\Delta\Theta$ . Через полученные три точки известным способом проводим окружность радиусом  $R_A$ , касательную к которой  $T_A T_A$  условно принимаем за касательную к профилю канавки. Величину угла  $\gamma_A$  определяем измерением или рассчитываем тригонометрическим способом.

Если полученный угол  $\gamma_A \neq (\gamma_\tau + T_\gamma)$ , то следует изменить размер угла  $\varphi_a$ , учитывая, что уменьшение этого угла приводит к увеличению переднего угла  $\gamma_A$ , а с увеличением угла  $\varphi_a$  получим обратный результат. Задача решается итерационным способом, т.е. требует повторных графических построений.

Схема графического определения профиля стружечной канавки, образующей спинку зуба показана на рис. 7. Для профиля F2 и числа зубьев 3, определим положение точки B:

$$\tau_B = \tau_k - \tau_A \quad (4)$$

$$\Theta_B = \arccos (r_c / R) - \tau_B \quad (5)$$

Система координат XY. Из точки B проводим касательную к окружности радиуса  $r_c$ , отметим точку  $k_j$ , определим размер угла  $\Theta_j = \Theta_B / n$  и повторим построение промежуточных положений проекции вспомогательной образующей B –  $k_B$ .

Система координат XZ. Определим смещение в направлении оси Z, соответствующее

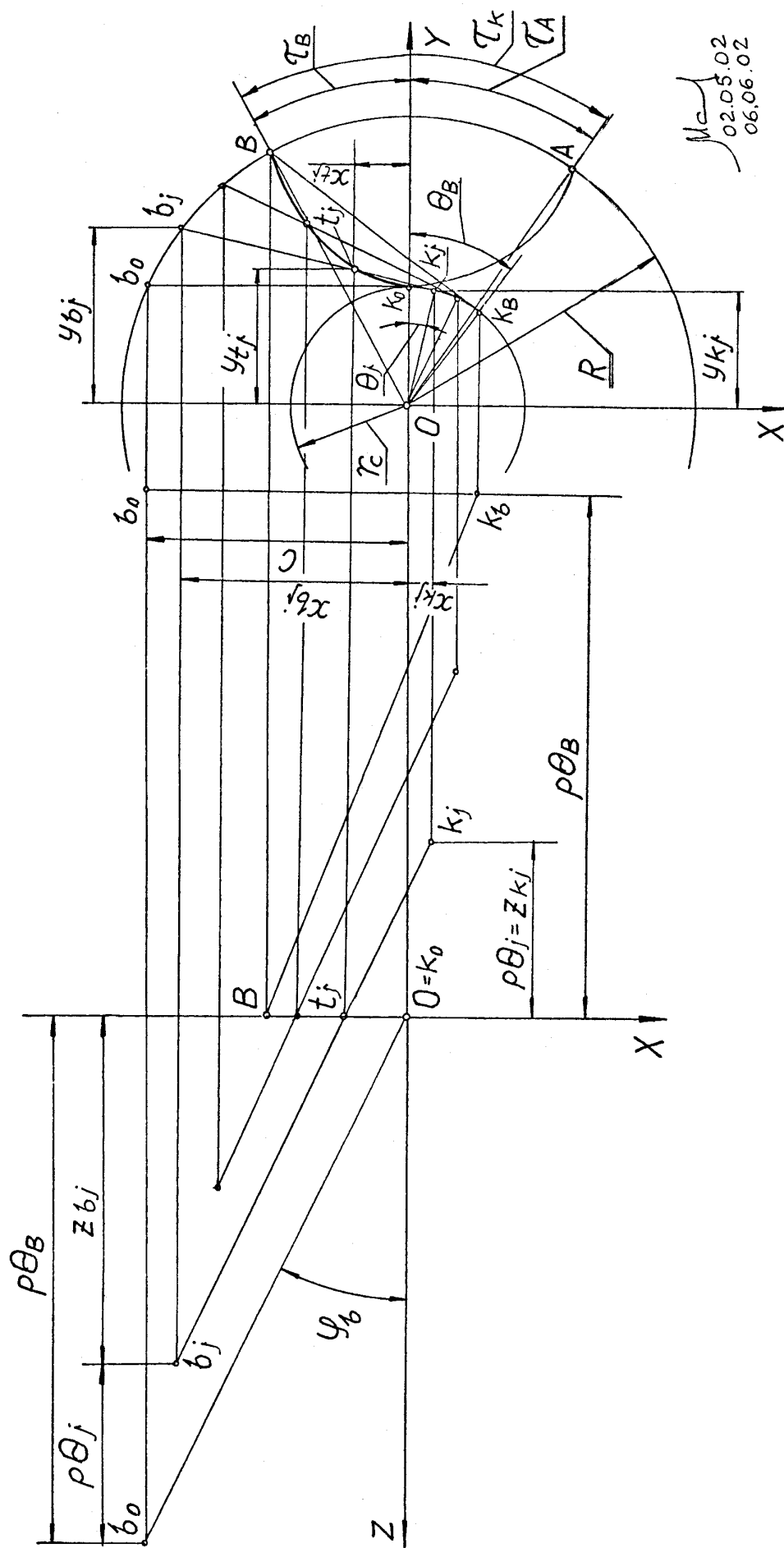


Рис. 7

повороту образующей на угол  $\Theta_B$ , и определим угол наклона вспомогательной образующей:

$$\varphi_b = \arctg(c / (p \cdot \Theta_B)) \quad (6)$$

Ранее указанным способом на обеих проекциях определим положение точки  $t_j$  ( $x_{tj}$ ,  $y_{tj}$ ,  $z_{tj}$ ). Проставим размеры координат всех точек, указанных на рис. 7, которые необходимы для аналитических расчетов профиля стружечной канавки.

Определение профиля формы F2 (рис. 8). Профиль канавки от точки  $A$  до точки  $k_o$  выполняется точно так же, как это было показано ранее для формы F1. Криволинейную спинку зуба применяют для стандартных насадных зенкеров с числом зубьев  $z = 4$  и зенкеров для обработки цветных металлов с числом зубьев от 2 до 5.

Исходные данные:  $R$ ,  $H$ ,  $f_d$ ,  $\tau_f$ ,  $\tau_k$ ,  $\omega$ .

Для числа зубьев  $z = 3$  принимаем угол  $\tau_A = 25^\circ$ ,  $r_c = R - h$ ; необходимые углы и отрезки прямых определяем по формулам (1)...(5).

#### 4. Определение размеров торцевого профиля стружечной канавки аналитическим методом.

Для вывода расчетных формул достаточно построить три положения образующих  $Fa$  и  $Fb$ : исходное, промежуточное при повороте на угол  $\Theta_i$  и промежуточное при повороте на угол  $\Theta_j$  (рис. 6, 7).

Достаточная точность расчета размеров стружечной канавки достигается при величине угла поворота шагом в  $3...5^\circ$ , а число шагов  $i$  ( $j$ ) должно обеспечивать пересечение кривой профиля канавки с наружным цилиндром инструмента.

В обозначении точек отрезков проекции образующих включены индекс  $i$  или  $j$ , что указывает их принадлежность главной или вспомогательной образующей. Например:  $t_j$  – означает, что точка расположена в торцевой плоскости  $T = XY$  и принадлежит промежуточному положению вспомогательной образующей  $Fb$ .

Координаты точек сведены в таблицы 4, 5, 6.

Таблица 4.

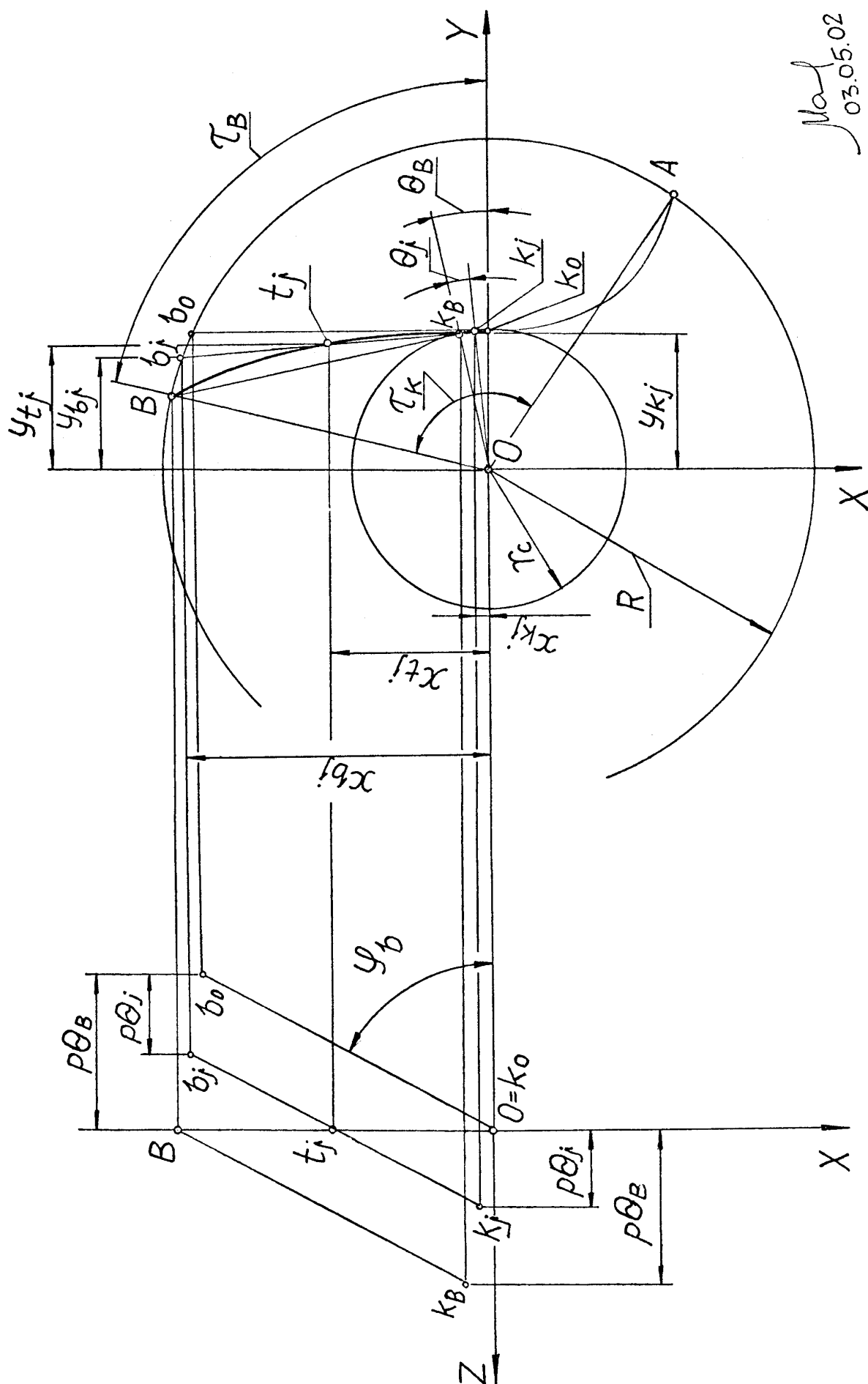
Координаты точек образующих в исходном положении

Координаты точек	$k_o$	$a_o$	$b_o$
$x$	0	$c = \sqrt{R^2 - r_c^2}$	$-c$
$y$	$r_c$	$r_c$	$r_c$
$z$	0	$c / \tg \varphi_a$	$-c / \tg \varphi_b$

Таблица 5.

Координаты точек главной образующей в промежуточном положении

Координаты точек	$k_i$	$a_i$
$x$	$r_c \cdot \sin \Theta_i$	$-r_c \cdot \sin \Theta_i + c \cdot \cos \Theta_i$
$y$	$r_c \cdot \cos \Theta_i$	$r_c \cdot \cos \Theta_i + c \cdot \sin \Theta_i$
$z$	$p \cdot \Theta_i$	$p \cdot \Theta_i + c / \tg \varphi_a$



Над  
03.05.02

Рис. 8

Таблица 6.

Координаты точек вспомогательной образующей в промежуточном положении

Координаты точек	$k_j$	$b_i$
$x$	$r_c \cdot \sin\Theta_j$	$r_c \cdot \sin\Theta_j - c \cdot \cos\Theta_j$
$y$	$r_c \cdot \cos\Theta_j$	$r_c \cdot \cos\Theta_j + c \cdot \sin\Theta_j$
$z$	$p \cdot \Theta_j$	$p \cdot \Theta_j - c / \operatorname{tg} \varphi_b$

Уравнение проекции главной образующей  $Fa$ :

Плоскость  $XZ$ . Исходное уравнение определим как уравнение прямой (рис. 6), проходящей через две заданные точки  $k_i (x_{ki}; y_{ki})$  и  $a_i (x_{ai}; y_{ai})$  из таблицы 5:

$$(x - x_{ki}) / (x_{ai} - x_{ki}) = (z - z_{ki}) / (z_{ai} - z_{ki}) \quad (6)$$

Плоскость  $XU$ .

$$(x - x_{ki}) / (x_{ai} - x_{ki}) = (y - y_{ki}) / (y_{ai} - y_{ki}) \quad (7)$$

Уравнение проекции вспомогательной образующей  $Fb$ :

Плоскость  $XZ$ . Исходное уравнение определим как уравнение прямой (рис. 6), проходящей через две заданные точки  $k_j (x_{kj}; y_{kj})$  и  $b_j (x_{bj}; y_{bj})$  из таблицы 6:

$$(x - x_{kj}) / (x_{bj} - x_{kj}) = (z - z_{kj}) / (z_{bj} - z_{kj}) \quad (8)$$

Плоскость  $XU$ .

$$(x - x_{kj}) / (x_{bj} - x_{kj}) = (y - y_{kj}) / (y_{bj} - y_{kj}) \quad (9)$$

Уравнение секущей плоскости  $XU = T$ :

$$z = 0 \quad (10)$$

Координаты точек  $t_i (x_{ti}; y_{ti})$  и  $t_j (x_{tj}; y_{tj})$  найдем из уравнений (6, 7) и (8, 9):

$$x_{ti} = -r_c \cdot \sin\Theta_i + p \cdot \Theta_i \cdot \cos\Theta_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_a, \quad (11)$$

$$y_{ti} = r_c \cdot \cos\Theta_i + p \cdot \Theta_i \cdot \sin\Theta_i \cdot \operatorname{tg}\varphi_a, \quad (12)$$

$$x_{tj} = -r_c \cdot \sin\Theta_j - p \cdot \Theta_j \cdot \cos\Theta_j \cdot \operatorname{tg}\varphi_b, \quad (13)$$

$$y_{tj} = r_c \cdot \cos\Theta_j - p \cdot \Theta_j \cdot \sin\Theta_j \cdot \operatorname{tg}\varphi_b. \quad (14)$$

#### 4.1. Расчет торцевого переднего угла $\gamma_A$ в точке $A$ .

Координаты точки  $A (x_A; y_A)$  из рис. 6:

$$x_A = R \cdot \sin\tau_A, \quad (15)$$

$$y_A = R \cdot \cos\tau_A. \quad (16)$$

Уравнение кривой  $A-k_o$  в параметрической форме получим из (11, 12):

$$x_A = -r_c \cdot \sin\Theta_A + p \cdot \Theta_A \cdot \cos\Theta_A \cdot \operatorname{tg}\varphi_a, \quad (17)$$

$$y_A = r_c \cdot \cos\Theta_A + p \cdot \Theta_A \cdot \sin\Theta_A \cdot \operatorname{tg}\varphi_a, \quad (18)$$

где  $\Theta_A$  вычислено по формуле (2).

Производные функции, заданной параметрически:

$$x'_A = -r_c \cdot \cos\Theta_A + p \cdot \operatorname{tg}\varphi_a (\cos\Theta_A - \Theta_A \cdot \sin\Theta_A), \quad (19)$$

$$y'_A = -r_c \cdot \sin\Theta_A + p \cdot \operatorname{tg}\varphi_a (\sin\Theta_A + \Theta_A \cdot \cos\Theta_A), \quad (20)$$

$$\gamma_{AY} = \arctg (x'_A / y'_A) \quad (21)$$

$$\gamma_A = \tau_A - \gamma_{AY} \quad (22)$$

где

$$\tau_A = \arcsin (x_A / R) \quad (23)$$

Вычисленное значение угла  $\gamma_A$  может подлежать коррекции по условиям работы зенкера (обрабатываемый материал заготовки и др.). В этом случае следует изменить размер угла  $\varphi_A$ . Зависимость размера угла  $\gamma_A$  от угла  $\varphi_A$  (для зенкера диаметром  $D = 40$  мм и числом зубьев  $z = 3$ ) представлена на рис. 9.

## 5. Графоаналитический способ определения передних углов.

Схема определения торцового  $\gamma_T$  и нормального  $\gamma_n$  передних углов в точке  $A_I$  (точка пересечения главной и вспомогательной кромок зуба) показана на рис. 10.

Известные параметры:  $R, r_c, z, \omega, \tau_a$ .

Вычисленные параметры:  $p, \Theta_A, \varphi_a$  (1, 2, 3).

Плоскость XY. Определяем положение точки  $A_I$  и угла  $\Theta_{AI} = \arcsin (r_c / R)$ , задаемся углом поворота проекции образующей -  $\Theta_\Delta = 3 \dots 5^\circ$ , выполняем построения (см. места В и Г), отмечаем координаты  $y_{aI}, y_{-aI}$ .

Плоскость XZ. Известным способом определяем положение точек  $k, k_I, k_{-I}, a_I, a_{-I}$  (место Б). Проставляем координаты этих точек. Принимаем плоскость XY за торцовую плоскость T и известным способом определяем положение точек  $t_I$  и  $t_{-I}$  (место Б).

Проецируем эти точки на плоскость XY и отмечаем их координаты  $y_{tI}$  и  $y_{-tI}$ . Через точки  $t_I, A_I, t_{-I}$  проводим кривую сечения передней винтовой поверхности торцовой плоскостью, проводим касательную к кривой в точке  $A_I$  и графически определяем угол и графически определяем угол  $\gamma_T$ .

Определение нормального переднего угла  $\gamma_n$ . Через точку  $A_I$  проводим секущую плоскость NN, определяем точки  $t_n$  и  $t_{-n}$  (места Б и В), отмечаем координаты  $x_n, y_n, x_{-n}, y_{-n}$ .

Строим кривую сечения передней поверхности плоскостью NN и графически определяем угол  $\gamma_n$ .

Достаточную точность углов  $\gamma_T$  и  $\gamma_n$  дает способ, показанный на рис. 6.

При малых значениях угла  $\Theta_\Delta = 0,5^\circ$  размер углов с достаточной точностью определяют по приближенным формулам:

$$\gamma_T = \arctg (y_{tI} / (R - x_{tI})) \quad (24)$$

$$\gamma_n = \arctg (y_{nI} / (R - x_{tI}) \cos \varphi) \quad (25)$$

где угол  $\varphi$  - главный угол в плане, а размеры  $y_{tI}, y_{nI}, x_{tI}$  определяют по методике параграфа 4.



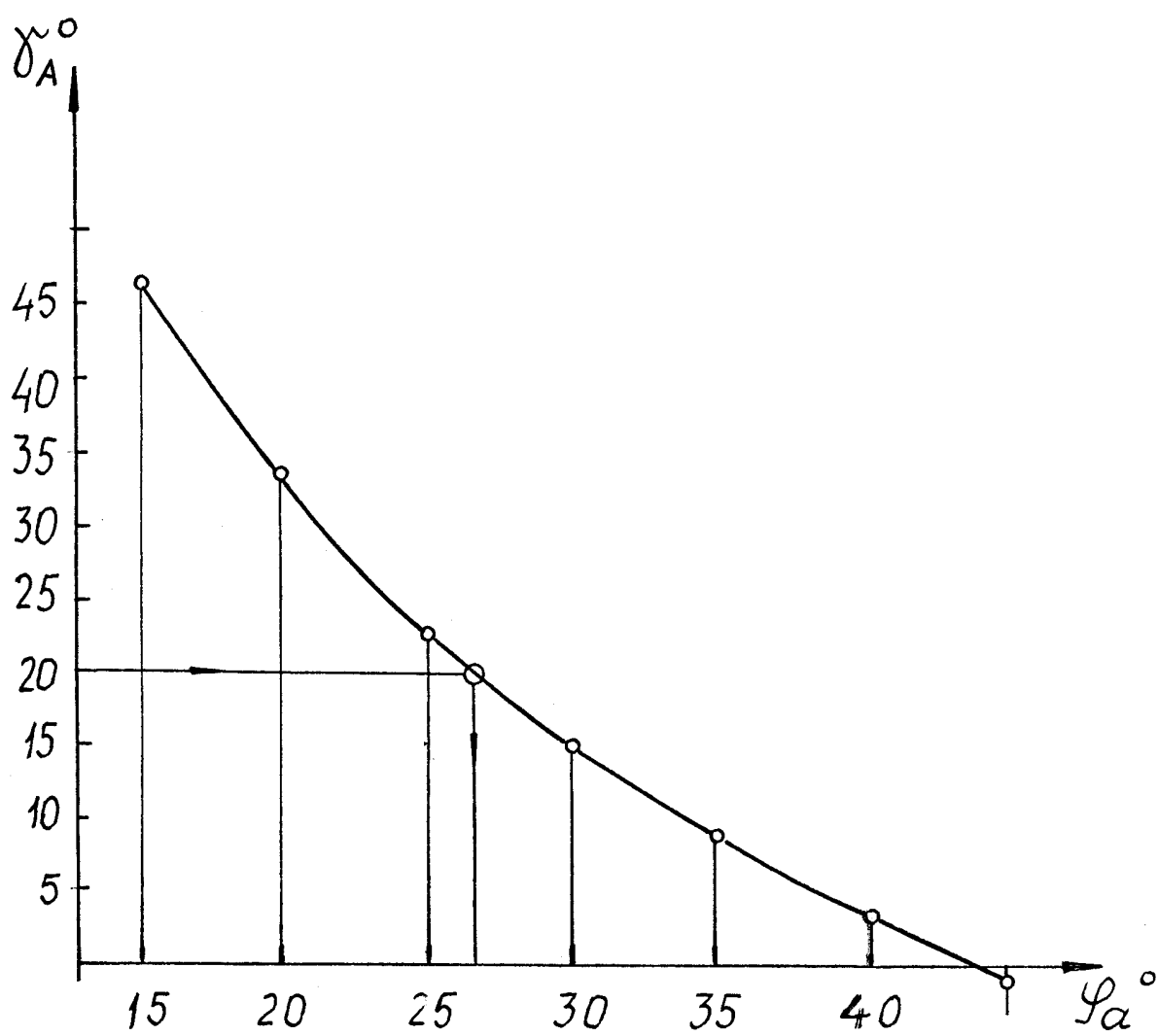


Рис. 9

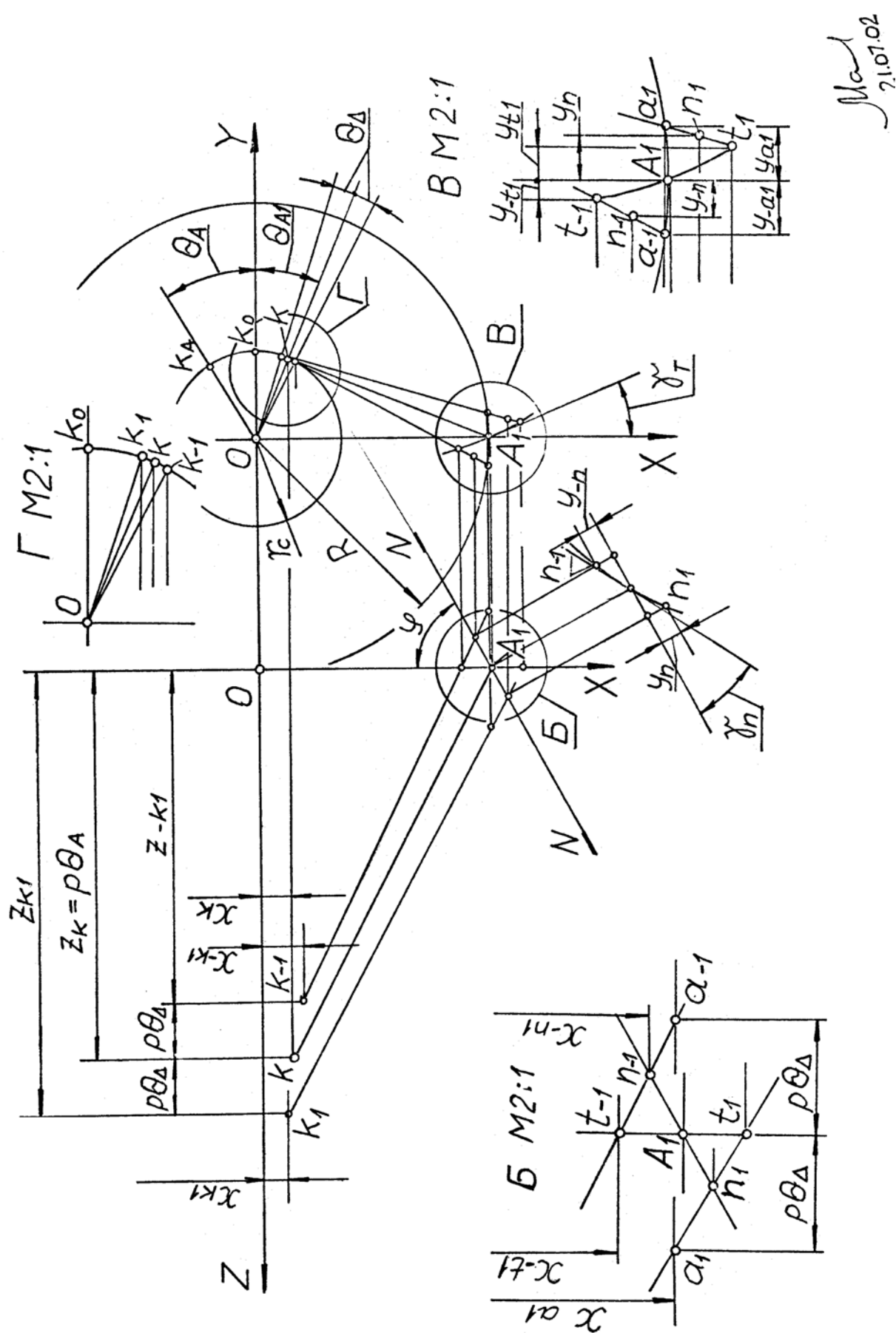


Рис. 10

## 6. Графоаналитическое определение профиля нормального сечения (рис. 11).

Положение прямых образующих при повороте на угол  $\Theta_i$  построено способом, показанным на рис. 4. В плоскости  $XU$  стружечная канавка расположена симметрично оси  $Y$ , поэтому углы  $\Theta_A = \Theta_B$  и  $\varphi_a = \varphi_b$ . Система координат  $X_n Y_n Z_n$  преобразована из первоначальной поворотом на угол  $\omega$  вокруг оси  $Y = Y_n$ .

На чертеже показано построение проекции сечения стружечной канавки, обозначенной точками  $n_i$  и  $n_j$ , на плоскости  $XU$  и  $X_n Y_n$ . Сечение стружечной канавки нормальной плоскостью  $X_n Y_n$  принимают конгруэнтным (совпадающим) с профилем инструмента второго порядка – фасонной фрезы или абразивного круга.

Координаты точек  $n_i$  определяют, как это показано в месте  $M$ : из прямоугольного треугольника  $\Delta k_o t_i k'_i$ :

$$\operatorname{tg} \varphi' = (x_{ti} + x_{ki}) / p\Theta_i,$$

где  $x_{ti}$  из уравнения (11) и  $x_{ki}$  из табл. 5.

После преобразования:

$$\varphi' = \operatorname{arctg} (\cos \Theta_i \cdot \operatorname{tg} \varphi_a) \quad (26)$$

Из косоугольного треугольника  $\Delta k_o t_i n_i$ :

$$x_{ni} = x_{ti} (1 - \operatorname{tg} \omega \cdot \sin \varphi_i \cdot \cos \varphi_i), \quad (27)$$

$$y_{ni} = r_c \cos \Theta_i + (r_c \sin \Theta_i + x_{ni}) \operatorname{tg} \Theta_i \quad (28)$$

По формулам (27) и (28) определяем полный профиль нормального сечения, поскольку кривая  $A_n k_o$  симметрична кривой  $k_o B_n$ . Нормальный профиль стружечной канавки может быть задан на чертеже зенкера координатами точек или дугами окружностей. Последнее преобразование выполняется известным способом.

Точное профилирование дискового фасонного инструмента для образования стружечных канавок представлено в [3].

## 7. Список использованной литературы.

1. Малевский Н.П., Даниленко Б.Д. Зенкера и зенковки: Учебное пособие.- М.: МВТУ, 1985.- 49 с.
2. Малевский Н.П. Расчет и конструирование спиральных сверл: Учебное пособие.- М.: МВТУ, 1977.- 18 с.
3. Малевский Н.П., Гаевой А.П. Аналитическое определение точного профиля дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей деталей // Вестник МГТУ. Сер. Машиностроение, 1999.- №1.- С. 3 – 10.

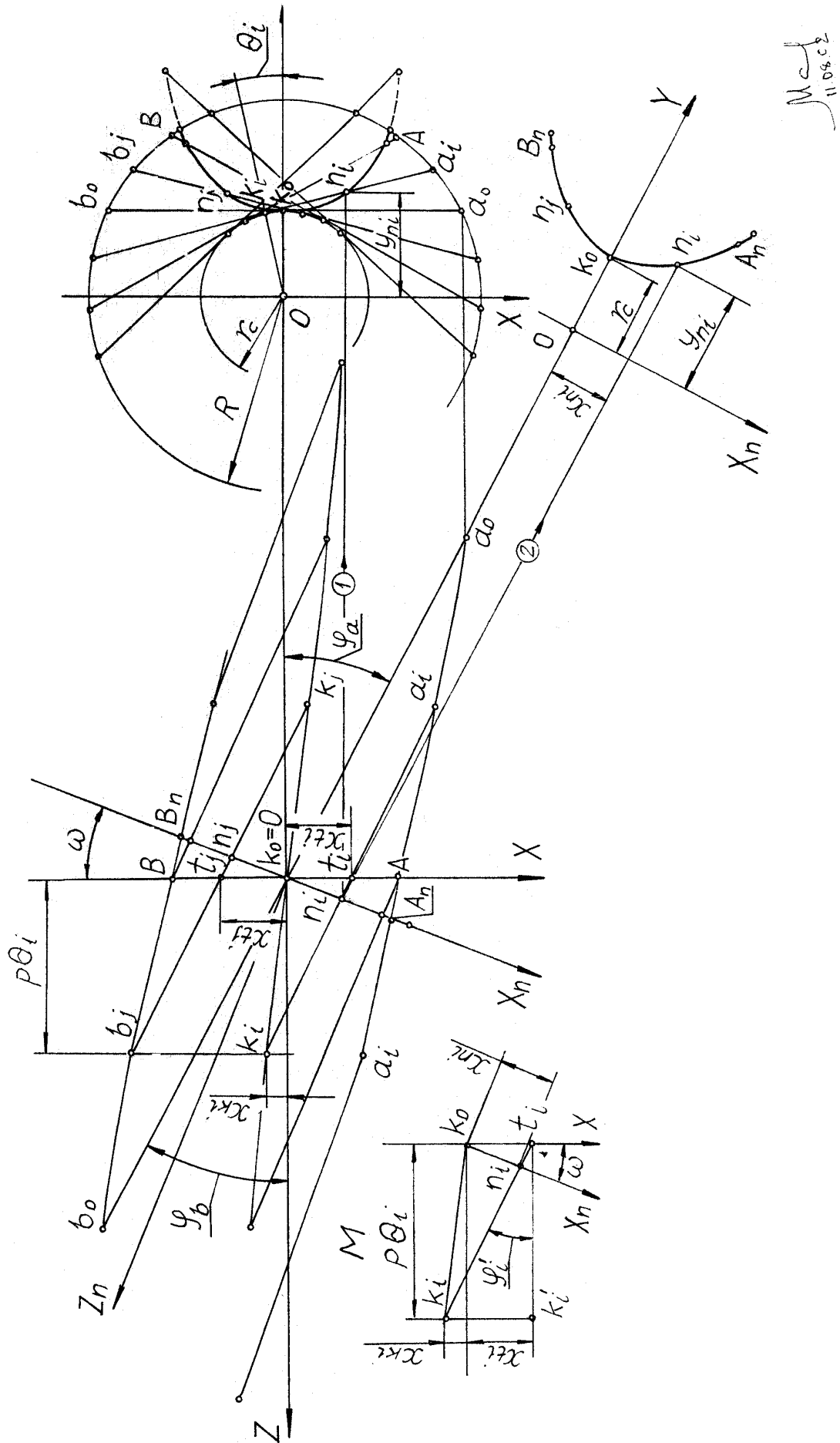


Рис. 11