

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ФАСОННЫХ  
ФРЕЗ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ**

**САМАРА 2012**

УДК СГАУ 621.9.06

Составитель: *А.Н.Волков*.

Рецензент: канд. техн. наук. А.В.Тарасов.

**Проектирование и расчет фасонных фрез с применением ЭВМ:**  
метод. указания / сост. *А.Н.Волков* – Самара: Изд-во Самар. гос.  
аэрокосм. ун-та, 2012.- 24с, 11 ил.

Рассмотрены проектирование, выбор и расчет конструктивных параметров фасонных затылованных фрез. Приведен коррекционный расчет профиля фасонных фрез с передним углом, не равным нулю. Представлены программа расчета фрез на ЭВМ и пример выполнения рабочего чертежа.

Предназначены для студентов обучающихся по направлению подготовки 151900.62. Подготовлены на кафедре механической обработки материалов.

## УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

- $d_a$  — наружный диаметр фрезы, мм;  
 $D_0$  — посадочный диаметр фрезы, мм;  
 $h$  — высота профиля детали, мм;  
 $b$  — ширина профиля детали, мм;  
 $h_0$  — высота профиля зуба фрезы, мм;  
 $Z$  — число зубьев фрезы;  
 $\gamma$  — передний угол фрезы, град.;  
 $\alpha$  — задний угол фрезы, град.;  
 $K$  — падение первого затылка, мм;  
 $K_1$  — падение второго затылка, мм;  
 $\epsilon$  — центральный угол стружечной канавки, необходимый для выхода затыловочного инструмента, град.;  
 $r$  — радиус дна стружечной канавки, мм;  
 $H$  — полная высота зуба фрезы, мм;  
 $\Theta$  — угол стружечной канавки, град.;  
 $e$  — толщина стенки корпуса фрезы, мм;  
 $m$  — ширина зуба у основания, мм;  
 $B$  — ширина фрезы, мм;
- $d_1$  — исходный диаметр для образования второго затылка, мм;  
 $d_2$  — диаметр дна стружечной канавки, мм;  
 $d_3$  — наименьший диаметр затылованной поверхности зуба, мм;  
 $D_1$  — диаметр выточки в посадочном отверстии фрезы, мм;  
 $l$  — длина шлифованной части посадочного отверстия, мм;  
 $\alpha_N$  — задний угол в нормальном сечении, град.;  
 $\varphi$  — угол в плане, град.;  
 $C_1$  — размер под шпоночный паз, мм;  
 $b_1$  — ширина шпоночного паза, мм;  
 $r_1$  — радиус скругления кромок шпоночного паза, мм;  
 $\eta$  — центральный угол между зубьями, град.;  
 $\Psi$  — центральный угол первого затылка, град.;  
 $H_1$  — минимальная высота зуба, мм;  
 $R$  — радиус фрезы, мм.

## 1. ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ О ФАСОННЫХ ФРЕЗАХ

Фасонные фрезы являются высокопроизводительным режущим инструментом, служащим для обработки сложных поверхностей деталей. Они получили широкое распространение в инструментальной промышленности. Обработка деталей фасонными фрезами выполняется на универсальных фрезерных станках. В зависимости от формы задней поверхности фасонные фрезы разделяются на затылованные и острозаточенные. У затылованных фрез задняя поверхность изготавливается, как правило, по спирали Архимеда. Это позволяет сохранить почти неизменным профиль и задний угол в процессе переточек, выполняемых по передней поверхности. В данной работе рассматриваются только фрезы с затылованными задними поверхностями.

Поверхность детали, обработанной фасонной фрезой, зависит от профиля зуба последней. Если передний угол не равен нулю, то производят коррекцию профиля фрезы.

Фасонные фрезы могут быть с одинарным или двойным затылованием. Одинарное затылование применяется для фрез с нешлифованным профилем. Такие фрезы используются для грубой черновой обработки. Чистовая обработка производится фрезами со шлифованным профилем. При этом шлифуется только рабочая часть зуба. Чтобы не образовался уступ на поверхности зуба в процессе шлифования, на нерабочей части зуба выполняют второе затылование, падение которого  $K_1$  больше падения первого затылка  $K$  (рис. 1). Падение первого и второго затылков рассчитывается на центральном углу между зубьями  $\eta$ . Разделение первого и второго затылков происходит на углу  $\Psi$ . Фасонные фрезы с двойным затылованием имеют также более высокую стойкость, чем фрезы с одинарным затылованием.

В качестве инструментального материала для изготовления фасонных фрез используются главным образом быстрорежущие стали (ГОСТ 19265—73). При обработке углеродистых и легированных конструкционных сталей применяют быстрорежущие стали Р6М5, Р6М5Ф3, Р12, Р18 с твердостью 62...64 HRC. Для фрезерования

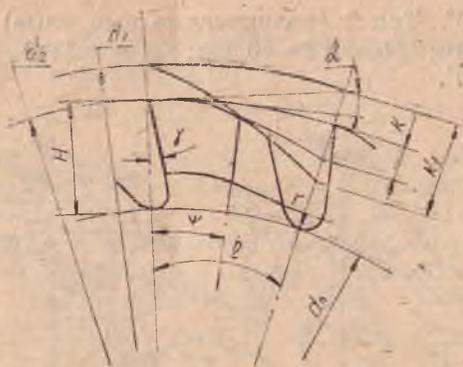


Рис. 1. Элементы двойного затылования  
зуба фасонной фрезы

коррозионно-стойких, высокопрочных и жаропрочных сталей, жаропрочных и титановых сплавов следует применять стали Р9К5, Р6М5К5 и Р9М4К8 с твердостью 64...67 HRC<sub>2</sub>.

Некоторые фасонные фрезы, имеющие широко распространенный профиль, являются стандартизованными. Так, например, ГОСТ 9305—69 предусматривает изготовление полукруглых вогнутых и выпуклых фрез (рис. 2, 3). Тип 1 (полукруглые вогнутые) характеризуется следующими конструктивными размерами:  $d_a = 50 \div 160$  мм;  $D_0 = 22 \div 40$  мм;  $B = 7 \div 75$  мм;  $Z = 14 \div 10$ ;

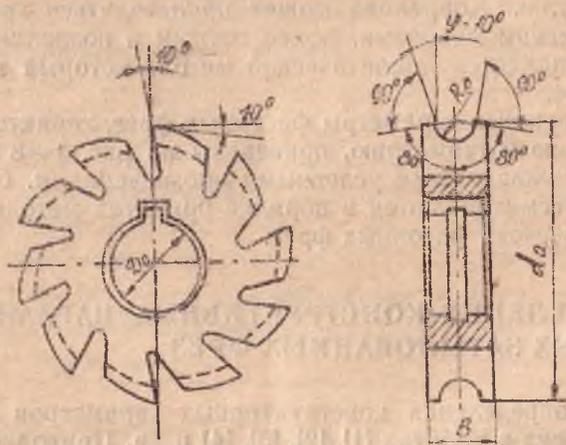


Рис. 2. Вогнутые затылованные фрезы

$\gamma = 10^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ . Тип 2 (полукруглые выпуклые) имеет размеры:  $d_a = 50 \div 130$  мм;  $D_o = 22 \div 40$  мм;  $B = 3,2 \div 50$  мм;  $Z = 14 \div 10$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ .

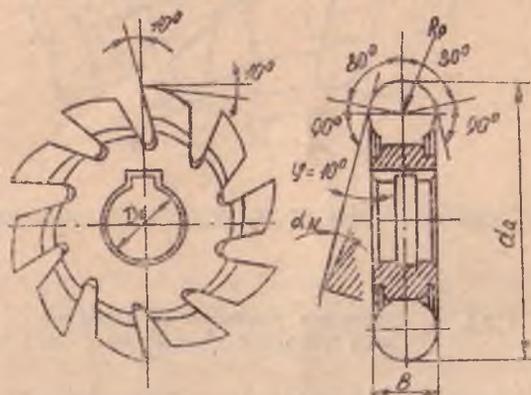


Рис. 3. Выпуклые затылованные фрезы

Если профиль обрабатываемой детали не может быть получен с помощью стандартных фрез, то проектируют специальную фасонную фрезу.

Проектирование и расчет фасонных фрез включают в себя определение конструктивных размеров инструмента и уточнение (коррекцию) фасонного профиля для фрез с передним углом, не равным нулю. Коррекция может производиться графическим или аналитическим методами. Более точным и позволяющим применить ЭВМ является аналитический метод, который и рассматривается ниже.

Наиболее важные параметры фасонных фрез, характеризующие их конструкцию и геометрию, приведены на рис. 1—8 в соответствии с ранее указанными условными обозначениями. Они последовательно рассматриваются в порядке принятой методики проектирования и расчета фасонных фрез.

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФАСОННЫХ ЗАТЫЛОВАННЫХ ФРЕЗ

Методика определения конструктивных параметров фасонных фрез рассмотрена в работах [1], [2], [3], [4] и др. Приводимый в них порядок расчета не является единообразным и характеризуется постепенным приближением размеров к окончательным значениям.

Расчет параметров фасонной фрезы целесообразно начать с нахождения посадочного диаметра [5]

$$D_0 = 5,28 \cdot h^{0,48} \cdot b^{0,15},$$

где  $h$  и  $b$  — соответственно высота и ширина профиля детали. Полученную величину следует округлить в большую сторону до ближайшего значения из ряда 16, 22, 27, 32, 40, 50 мм [3].

Далее определяют приближенное значение наружного диаметра фрезы  $d_a = 2,5 D_0$ ; находят высоту профиля зуба фрезы  $h_0 = h + (1 \div 2)$ . Число зубьев фрезы равно

$$Z = \frac{\pi d_a}{A h_0},$$

где  $A = 1,8 \div 2,5$  — для черновых фрез;  $A = 1,3 \div 1,8$  — для чистовых фрез. Полученное значение округляют до целого числа, желательно четного. Рекомендуемые соотношения между  $d_a$ ,  $D_0$  и  $Z$  следующие [5]:

$D_0$ , мм	16	22	27	32	40	50
$d_a$ , мм	40 ÷ 50	55 ÷ 65	70 ÷ 80	85 ÷ 120	130 ÷ 180	195 ÷ 230
$Z$	18—14	14—12	12	10	9	8

Передний угол фрезы выбирают в зависимости от свойств обрабатываемого материала (табл. 1). Рациональное значение заднего угла  $\alpha = 12^\circ$ .

Т а б л и ц а 1

Выбор переднего угла [6], [7]

Обрабатываемый материал	Передний угол, $\gamma^\circ$
Сталь $\sigma_b < 600$ МПа	20
Сталь $\sigma_b = 600 \div 1000$ МПа	15
Сталь $\sigma_b > 1000$ МПа	10
Чугун $HB < 150$	15
Чугун $HB > 150$	10
Жаропрочные и титановые сплавы	10
Алюминиевые сплавы	25
Медные сплавы	10

Далее находят падение затылка, соответствующее центральному углу между зубьями:

$$K = \frac{\pi d_a}{Z} \cdot \operatorname{tg} \alpha.$$

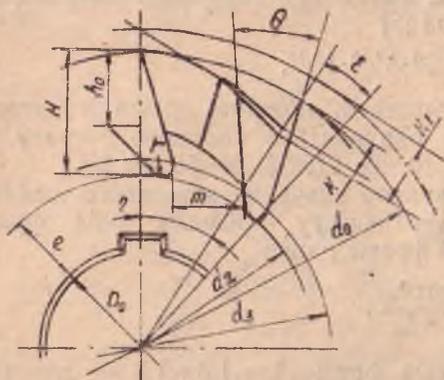


Рис. 4. Конструктивные элементы зуба затылованной фрезы

Величину  $K$  округляют в большую сторону до ближайшего значения из ряда 1,5; 2,0; 2,5 и так далее через 0,5 мм [5].

Для фрез с двойным затылованием падение второго затылка определяют по формуле  $K_1 = K \beta$ , где  $\beta = 1,2 \dots 1,5$ . Полученное значение  $K_1$  округляют аналогично  $K$ . Для одинарного затылования  $\beta = 1$  и  $K_1 = K$ . Определяют центральный угол стружечной канавки; необходимый для выхода затылующего инструмента (рис. 4) [5].

$$\epsilon = \frac{360}{6 \cdot Z} \quad \text{при } h_0 \leq 15 \text{ мм};$$

$$\epsilon = \frac{360}{4 \cdot Z} \quad \text{при } h_0 > 15 \text{ мм}.$$

Радиус дна стружечной канавки рассчитывают по формуле

$$r = \left( \frac{d_0}{2} - h_0 - K \right) \cdot \sin \epsilon / 2$$

и округляют в большую сторону до величины, кратной 0,5 мм.

Ориентировочные значения  $r$  и  $d_a$ , мм [2]:

$r$	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4
$d_a$	70	80 ÷ 90	100 ÷ 110	120 ÷ 130	140 ÷ 160	170 ÷ 196	200 ÷ 230

Полная высота зуба фрезы, имеющей одинарное затылование, равна

$$H = h_0 + K + r.$$

Принимая  $\Psi = 0,5 \eta$ , где  $\eta = 360/Z$ , получаем формулу высоты зуба для фрез с двойным затылованием:

$$H = h_0 + 0,5 (K + K_1) + r.$$

Находим угол стружечной канавки  $\Theta = \mu + \epsilon$ , где  $\mu = 15 \dots 20^\circ$ .

Полученное значение  $\Theta$  округляем в большую сторону до ближайшего из ряда 18, 22, 25, 30 [4]. Определяем толщину стенки фрезы  $e = \xi \cdot D_0$ , где  $\xi = 0,3 \dots 0,5$  [5].

Следующим этапом уточняют наружный диаметр  $d_a = D_0 + 2e + 2H$ . Полученное значение  $d_a$  округляют в большую сторону до кратного 5, если  $d_a \leq 120$ , и до кратного 10, если  $d_a > 120$ .

Проверяют ширину зуба у основания:

$$m = \left( \frac{d_a}{2} - H + r \right) \cdot (\sin \eta - \operatorname{tg} \varepsilon).$$

Величина  $m$  должна быть [1] равной  $m = (0,8 \dots 1,0) H$ . Если это условие не выполняется, то следует увеличить диаметр фрезы или уменьшить число зубьев. Для фрез с угловыми или радиусными режущими кромками в этом случае также можно усилить корпус фрезы, конструируя особым образом дно впадины между зубьями (рис. 5, а, б, в) по сравнению с обычной прямойлиней-

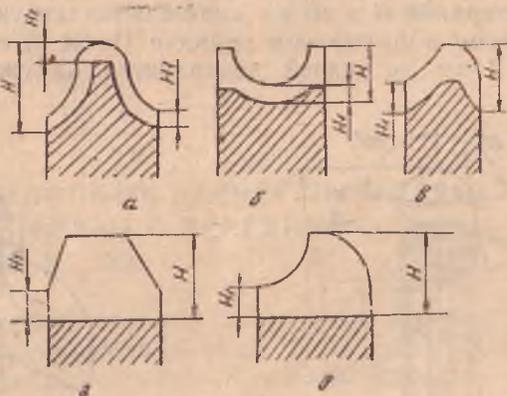


Рис. 5. Согласование дна стружечной канавки с формой профиля зуба

ной формой канавки (рис. 5, г, д). Минимальная глубина стружечной канавки при этом, определяемая из условия возможности затлования зуба, должна быть [2] следующей:

$$H_1 \geq K + r + (1 \div 4) \text{ мм.}$$

Ширина фрезы  $B$  зависит от высоты  $h_0$  и выполняется несколько больше ширины обрабатываемого профиля детали:

$$B = b + (1 \div 2) \text{ мм.}$$

Если ширина фрезы  $B > 20$  мм, то в середине посадочного отверстия делается выточка (рис. 6) диаметром  $D_1 = D_0 + 2$  мм. Длина шлифованной части с каждой стороны выточки определяется соотношением  $l = 0,25 B$ .

Проверяют боковой задний угол в нормальном сечении ( $NN$  на рис. 6) для точки профиля фрезы с наименьшим углом в плане  $\varphi$ , измеряемым между касательной к профилю и торцом фрезы. Для некоторой точки  $x$  величина этого угла определяется по формуле

$$\operatorname{tg} \alpha_{Nx} = \operatorname{tg} \alpha \sin \varphi_x \frac{d_0}{d_x}$$

где  $d_x$ —диаметр фрезы в точке  $x$ ;  $\varphi_x$ —угол в плане для точки  $x$ .

Величина заднего угла должна быть  $\alpha_{Nx} \geq 3^\circ$ . С этой целью радиусный участок фрезы вблизи торца выполняют по прямой с углом  $\varphi_x = 10^\circ$  (рис. 6, см. также 2, 3). Если профиль не позволяет этого сделать, то увеличивают задний угол до  $\alpha = 17^\circ$  или назначают косое затылование.

Размеры шпоночного паза назначают по ГОСТ 9472—83. Они зависят от диаметра посадочного отверстия (табл. 2).

Фрезы с шириной  $B \geq 40$  мм снабжаются стружкоразделительными канавками в шахматном порядке (табл. 3) глубиной 1,2 мм и радиусом 2 мм по задней поверхности наружного диаметра.

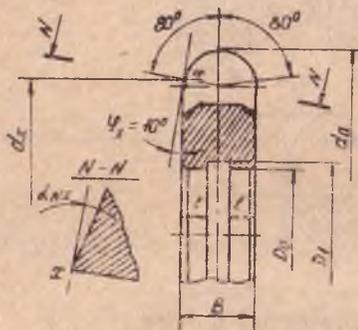


Рис. 6. Задний угол в нормальном сечении для боковой точки режущей кромки

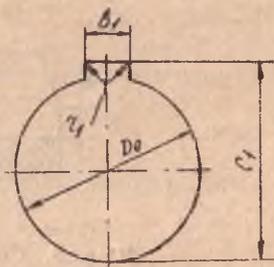


Рис. 7. Элементы шпоночного паза

Таблица 2

Размеры шпоночного паза, мм (рис. 7) [7]

Параметры	$D_0$					
	16	22	27	32	40	50
$b_1$	4	6	7	8	10	12
$C_1$	17,7	24,1	29,8	34,8	43,5	53,5
$r_1$	0,5	0,8	1,0	1,1	1,1	1,4

Затылование стружкоразделительных канавок осуществляют через зуб кулачком с подъемом  $2K$ .

Таблица 3

Размеры стружкоразделительных канавок [2]

Ширина фрезы, $B$	Шаг между канавками	Расстояние канавки от торца	Число канавок	Ширина фрезы, $B$	Шаг между канавками	Расстояние канавки от торца	Число канавок
40	16	8	2	85	19	9	4
45	18	9	2	90	20	10	4
50	20	10	2	95	21	11	4
55	22	11	2	100	22	12	4
60	24	12	2	105	24	12	4
65	19	8	3	110	24	12	4
70	20	10	3	115	21	11	5
75	21	12	3	120	22	11	5
80	24	12	3				

### 3. КОРРЕКЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ПРОФИЛЯ ФАСОННОЙ ФРЕЗЫ С ПЕРЕДНИМ УГЛОМ, НЕ РАВНЫМ НУЛЮ

Наличие переднего положительного угла позволяет значительно повысить стойкость фасонных фрез. Оптимальные значения передних углов зависят от прочности обрабатываемых материалов и приведены выше. Однако наличие переднего угла, не равного нулю, требует изменения профиля фрезы по отношению к профилю обрабатываемой детали. При этом линейные размеры вдоль профиля (параллельно оси фрезы) не изменяются, корректируются только высотные параметры.

Рассмотрим последовательность коррекционного расчета профиля фасонной фрезы на конкретном примере (рис. 8). В качестве исходных данных служат: радиус фрезы  $R$ , передний угол  $\gamma$ , падение затылка  $K$ , число зубьев фрезы  $Z$ , а также линейные (вдоль оси фрезы) и высотные (по глубине профиля) размеры обрабатываемой детали. Обозначим характерные (опорные) точки профиля обрабатываемой детали цифрами 1, 2, 3, 4, 5; линейные размеры —  $m$ ,  $n$ ,  $p$ ,  $t$ ; высотные размеры профиля —  $h_1$ , ( $h_2 = h_3 = 0$ ),  $h_4$ ,  $h_5$ , определяя их от наиболее глубокой точки профиля.

Требуется найти профиль фрезы, необходимый для контроля по передней поверхности (в плоскости  $FF$ ), и профиль фрезы, нуж-

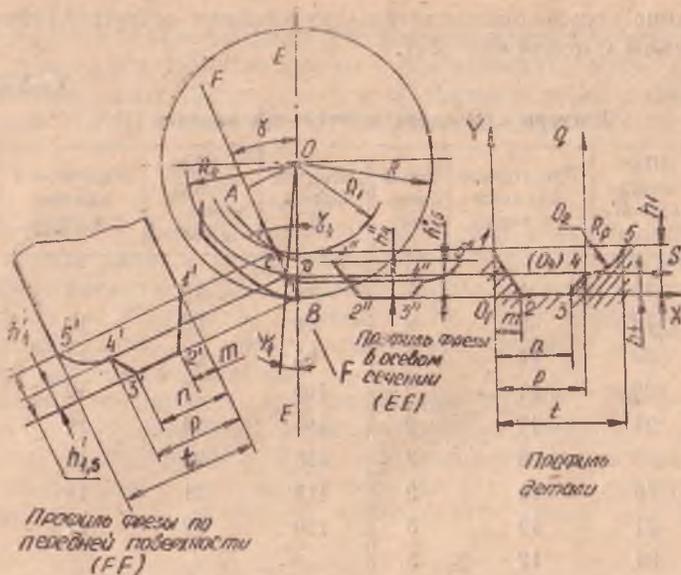


Рис. 8. Определение профиля фасонной фрезы с передним углом, не равным нулю

ный для изготовления фрезы (в осевой плоскости  $EE$ ). Для этого располагаем обрабатываемый профиль в системе координат  $YO_1X$ , проведя ось  $Y$  через крайнюю левую точку профиля (точку 1) в направлении радиуса фрезы, а ось  $X$  — через нижнюю точку профиля (точки 2, 3). В этом случае все высотные параметры профиля можно выражать координатами оси  $Y$ , а линейные размеры профиля вдоль оси фрезы — координатами оси  $X$ . Коррекционный расчет профиля проводится последовательно слева направо. При этом необходимо выполнить следующие вычисления (для каждой ординаты профиля):

определить расстояние от центра фрезы до передней поверхности

$$AO = a = R \sin \gamma;$$

найти отрезок  $AB = b = R \cos \gamma$ . Далее следуют элементы расчета, многократно повторяемые. Поэтому их целесообразно выделить в отдельную подпрограмму;

определить радиус фрезы для  $i$ -й (опорной) точки профиля (например точка 4). Обозначив ординату точки 4 через  $Y_4$  и принимая во внимание, что  $OC = OD$ , можно записать

$$OC = R_4 = OB - BD = R - Y_4;$$

найти передний угол для данной точки:  $\sin \gamma_4 = a/R_4$ , откуда  $\gamma_4 = \arcsin(a/R_4)$ ;

вычислить отрезок  $AC = b_1 = R_4 \cos \gamma_4$ ,  
 где через  $b_1$  с индексом рассматриваемой точки внизу обозначены отрезки, отсчитываемые по передней поверхности. Высоту точки 4 определяют по передней поверхности зуба фрезы:

$$BC = Y_1 = b - b_1;$$

найти центральный угол фрезы для рассматриваемой точки профиля  $\psi_4 = \gamma_4 - \gamma$  и соответствующее ему падение затылка

$$\Delta Y_4 = K(\psi_4/\eta),$$

где  $\eta = 360/Z$ ;

определить высоту профиля данной точки в осевой плоскости фрезы

$$Y_2 = Y_4 - \Delta Y_4.$$

Таким образом, ордината  $Y_1$  соответствует высоте профиля фрезы точки 4 в плоскости передней поверхности, а  $Y_2$  — в осевой плоскости.

Координаты профиля детали могут быть заданы просто функцией  $Y(X)$ . В этом случае задаются шагом изменения  $X$  ( $\Delta X = 1 \dots 5$  мм) и по функции определяются соответствующие значения  $Y(X)$ . В качестве примера рассмотрим расчет профиля между опорными точками 4 и 5 (см. рис. 8), описанный частью окружности радиусом  $R_p$  с центром в точке  $O_2$ , лежащим на одной вертикали с точкой 4. Для удобства аналитического описания целесообразно принять новые координаты в начальной точке кривой (точке 4). Обозначим эти координаты через  $q$   $O_4S$ . Уравнение линии профиля между точками 4 и 5 в этом случае имеет вид

$$q = R_p - \sqrt{R_p^2 - S^2}.$$

Изменяя координату  $S$  от нуля до ее значения в точке 5 с некоторым шагом  $\Delta S = 1 \dots 5$  мм, который выбирается самим исполнителем, найдем соответствующие ординаты профиля  $q$ . Перед подачей их в подпрограмму следует эти ординаты перевести в систему координат  $YO_1X$ , добавив всем расчетным значениям ординату начальной точки кривой (точки 4):

$$Y = q = Y_4.$$

После выполнения всех расчетов координаты  $S$  переведем в  $X$ :

$$X = S + p.$$

В табл. 6 приведены результаты расчета профиля фрезы, соответствующего следующим исходным данным детали (см. рис. 8):  $m=6$ ;  $n=17$ ;  $p=20$ ;  $t=29$ ;  $h_1=10$ ;  $h_2=h_3=0$ ;  $h_4=5$ ;  $R_p=12$ . Предварительно определены конструктивные размеры фрезы:  $d_a=85$  мм;  $D_0=27$  мм;  $Z=10$ ;  $\gamma=10^\circ$ ;  $\alpha=12^\circ$ ;  $K=4$ ;  $K_1=5,5$ ;

$B=31$ ;  $\eta = 36^\circ$ ;  $R = 42,5$  мм. Порядок коррекционного расчета следующий: 1)  $a = R \sin \gamma$ ; 2)  $b = R \cos \gamma$ ; 3)  $R_i = R - Y_i$ ; 4)  $\gamma_i = \arcsin(a/R_i)$ ; 5)  $b_i = R_i \cos \gamma_i$ ; 6)  $Y_{1i} = B - b_i$ ; 7)  $\psi_i = \gamma_i - \gamma$ ; 8)  $\Delta Y_i = K(\psi_i/\eta)$ ; 9)  $Y_{2i} = Y_i - \Delta Y_i$ .

Таблица 4

Результаты коррекционного расчета профиля фрезы

$X_i$	$Y_i$	$Y_{1i}$	$\psi_i$	$\Delta Y_i$	$Y_{2i}$
-1	11,666	11,917	3,84	0,426	11,240
0	10	10,203	3,12	0,347	9,653
3	5	5,088	1,35	0,150	4,850
6	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0
20	5	6,088	1,35	0,150	4,850
23	5,381	5,462	1,46	0,162	5,219
26	6,608	6,729	1,86	0,206	6,402
29	9,063	9,242	2,75	0,305	8,758
31	10,367	10,580	3,27	0,363	10,004

Знак «минус» перед  $X_i$  означает, что точка располагается левее принятого начала координат на детали вследствие увеличения ширины фрезы по сравнению с шириной профиля детали на 2 мм (1 мм слева и 1 мм справа). Для этих точек надо найти предварительно высоты профиля детали ( $Y_i$  в табл. 4).

#### 4. ПРИМЕНЕНИЕ ЭВМ ДЛЯ РАСЧЕТА ФАСОННЫХ ФРЕЗ

Расчет фасонной фрезы на ЭВМ проводится в диалоговом режиме. При определении конструктивных параметров фрезы пользователь по запросу машины вводит исходные данные:

- $h$  — максимальная высота обрабатываемого профиля;
- $b$  — полная ширина профиля;
- $A$  — коэффициент в формуле для числа зубьев;
- $\alpha$  — задний угол;
- $\beta$  — коэффициент второго затылка;
- $\mu$  — угол, обеспечивающий прочность сточенного зуба;
- $\xi$  — коэффициент толщины корпуса фрезы.

ЭВМ выдает следующие результаты расчета:

$D_0$  — посадочный диаметр фрезы;

$d_a$  — наружный диаметр фрезы;

$Z$  — число зубьев фрезы;

$\Theta$  — угол канавки;

$\epsilon$  — угол для выхода затылующего инструмента;

$K$  — падение первого затылка;

$K_1$  — падение второго затылка;

$H$  — высота зуба фрезы;

$e$  — толщина стенки корпуса фрезы;

$t$  — ширина зуба у основания.

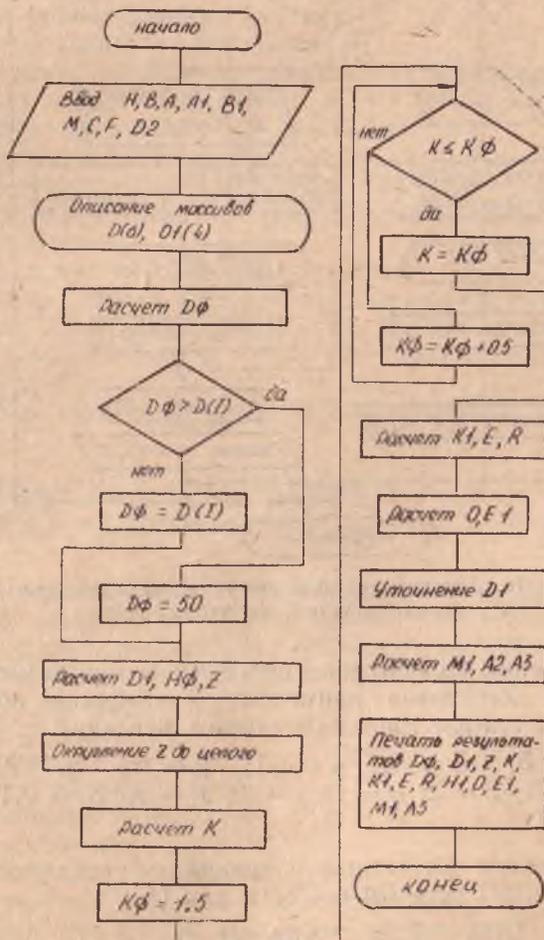


Рис. 9. Алгоритм расчета конструктивных параметров фрез

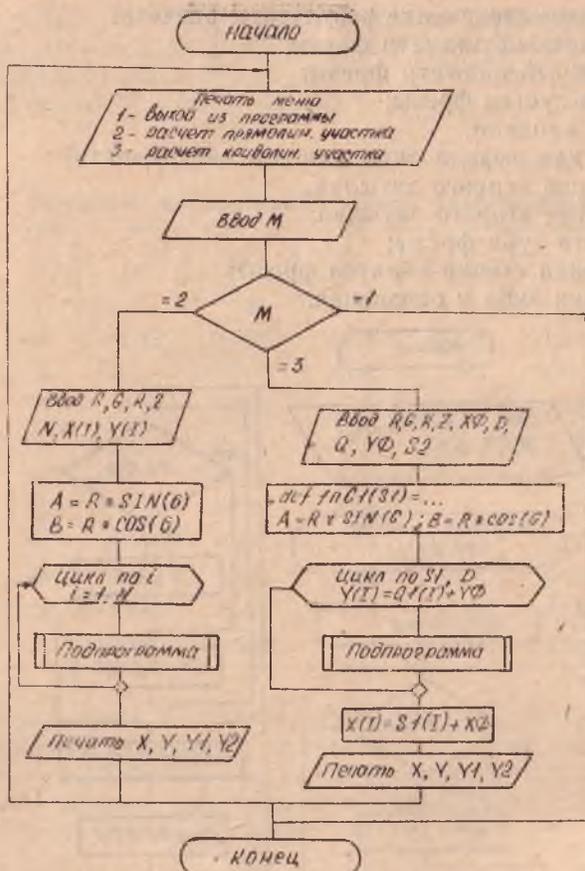


Рис. 10. Алгоритм расчета профиля фасонной фрезы с передним углом, не равным нулю

При составлении алгоритмов (рис. 9,10) и программы расчета конструктивных элементов применены следующие обозначения в соответствии с алгоритмическим языком Бейсик:

$h = H$ ;  $b = B$ ;  $A = A$ ;  $\alpha = A1$ ;  $\beta = B1$ ;  $\mu = M$ ;  $\xi = C$ ;  
 $D_0 = D0$ ;  $d_a = D1$ ;  $Z = Z$ ;  $\Theta = O$ ;  $\epsilon = E$ ;  $K = K$ ;  $K_1 = K1$ ;  $H = H1$ ;  
 $e = E1$ ;  $m = M1$ .

Для согласования расчетных значений со стандартными вводятся массивы:  $D(I)$  для  $D0$  и  $O1(I)$  для  $O$ .

$D(6)$ : 16, 22, 27, 32, 40, 50.

$O1(4)$ : 18, 22, 25, 30.

Для проведения коррекционного расчета профиля исходными данными являются:

$R$  — радиус фрезы;

$\gamma$  — передний угол;

$K$  — падение затылка;

$Z$  — число зубьев фрезы;

$N$  — число опорных точек;

$X, Y$  — координаты опорных точек;

$R_p$  — радиус кривизны профиля детали;

$q = \dots$  — уравнение кривой профиля детали в системе координат  $q - S$  (см. рис. 8);

$S_2$  — длина криволинейного участка;

$\Delta S$  — шаг изменения по координате  $S$ ;

$X_0, Y_0$  — значение координат начальной точки криволинейного участка в системе координат  $X - Y$  ( $p, h_4$  на рис. 8).

ЭВМ выдает следующие результаты расчета:

$X(I)$  — координата точки профиля детали (фрезы) по оси  $X$ ;

$Y(I)$  — координата точки профиля детали по оси  $Y$ ;

$Y1(I)$  — координата точки профиля фрезы в плоскости передней поверхности;

$Y2(I)$  — координата точки профиля фрезы в осевом сечении.

В программе расчета профиля применены обозначения:  $R = R$ ;  $\gamma = G$ ;  $K = K$ ;  $Z = Z$ ;  $N = N$ ;  $X = X$ ;  $Y = Y$ ;  $R_p = Q$ ;  $q = Q1$ ;  $S = S1$ ;  $S_2 = S2$ ;  $\Delta S = D$ ;  $X_0 = X_0$ ;  $Y_0 = Y_0$ ;  $X(I) = X(I)$ ;  $Y(I) = Y(I)$ ;  $Y1(I) = Y1(I)$ ;  $Y2(I) = Y2(I)$ .

Программа расчета фасонной фрезы приведена в приложении.

## 5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К ЧЕРТЕЖУ ФАСОННОЙ ФРЕЗЫ

При выполнении рабочего чертежа приводят два вида фрезы, увеличенный профиль по передней поверхности и в осевом сечении. Размеры профиля указываются с точностью до 0,001 мм. Конструктивные элементы выполняются со следующими допусками:

наружный диаметр —  $h14$ ;

посадочный диаметр —  $H7$ ;

ширина фрезы —  $h11$ ;

глубина стружечной канавки —  $H11$ ;

глубина шпоночного паза —  $H12$ ;

ширина шпоночного паза —  $H11$ ;

падение затылка — кратное 0,5 мм;

угол стружечной канавки — из ряда 18, 22, 25, 30°;

радиус дна стружечной канавки — кратный 0,5 мм;

радиальное биение режущих кромок — не более 0,04 мм;

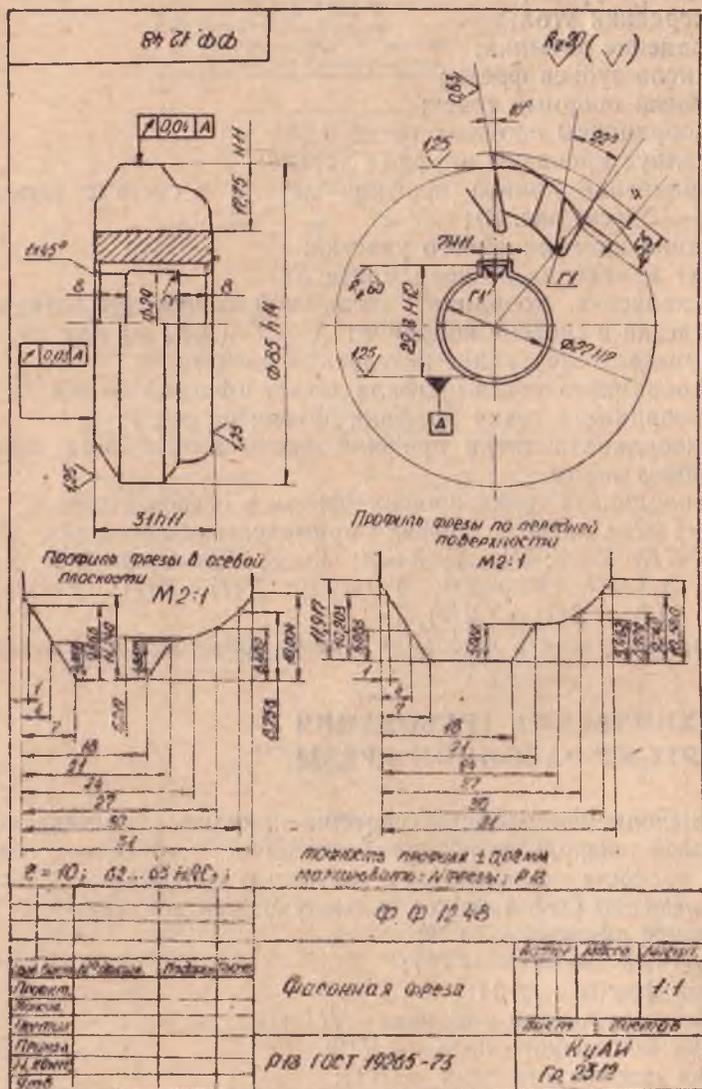


Рис. 11. Рабочий чертёж фасонной фрезы

биение торцов фрезы — не более 0,03 мм;  
шероховатость по передней поверхности зубьев —  $R_a 0,63$ ;  
шероховатость по задней поверхности, посадочному отверстию и торцам —  $R_a 1,25$ ;  
шероховатость прочих поверхностей —  $R_z 20$ ;  
шероховатость дна шпоночной канавки и выточки в посадочном отверстии —  $R_z 60$ .

В случае наличия стружкоразделительных канавок приводят чертеж с их расположением на профиле. Затылование стружкоразделительных канавок осуществляется через зуб с подъемом кулачка 2К. Также указывают число зубьев фрезы, материал и его твердость после термообработки, маркировку фрезы.

Пример выполнения рабочего чертежа приведен на рис. 11.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Справочник инструментальщика-конструктора / В. И. Климов, А. С. Лернер, М. Д. Пекарский и др. М.: ГНТИМЛ, 1958. 608 с.
2. Фрайфельд И. А. Расчеты и конструкции специального металлорежущего инструмента. М.: ГНТИМЛ, 1959. 196 с.
3. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: ГНТИМЛ, 1962. 952 с.
4. Родни П. Р. Металлорежущие инструменты. Киев: Выш. шк., 1974. 399 с.
5. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов / Г. Н. Кирсанов, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др. М.: Машиностроение, 1986. 288 с.
6. Краткий справочник металлиста / П. Н. Орлов, Е. А. Скороходов, А. Д. Агеев и др. М.: Машиностроение, 1986. 960 с.
7. Справочник инструментальщика / И. А. Ординарцев, Г. В. Филиппов, А. Н. Шевченко и др. Л.: Машиностроение, 1987. 346 с.
8. Металлорежущие инструменты / Г. Н. Сахаров, О. Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др. М.: Машиностроение, 1989. 327 с.

Приложение

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ФАСОННОЙ ФРЕЗЫ

```

10 REM Расчет конструктивных элементов фасонных фрез
14 PRINT "Введите H, B, A, A1, B1, M, C"
15 INPUT H, B, A, A1, B1, M, C
19 PRINT "Введите массив D"
20 DIM D (5), D1 (4)
21 FOR I=1 TO 6
25 INPUT D(I)
24 NEXT I
25 PRINT "Введите массив D1"
27 FOR I=1 TO 4
28 INPUT D1(I)
29 NEXT I
35 D0 = 5,28
40 FOR I=1 TO 6
45 IF D0 > D(I) THEN 55
50 D0 = D(I)
51 GOTO 60
55 NEXT I
60 D1 = D0 * 2,5
65 H0 = H + 1
70 Z = 3,14159 * D1 / A1 H0
75 Z = INT(Z)
76 A1 = A1 * 6,28318 / 360

```

```

80   $M = 3.14159 * D1 * SIN(A1) / COS(A1) / Z$ 
85   $K\phi = 15$ 
90  IF  $K_L = K\phi$  THEN 100
95   $K\phi = K\phi + .5$ 
96  GOTO 90
100  $K = K\phi$ 
105  $K1 = K * B1$ 
107  $K2 = 15$ 
110 IF  $K1L = K2$  THEN 114
111  $K2 = K2 + .5$ 
112 GOTO 110
114  $K1 = K2$ 
115 IF  $H\phi L = 15$  THEN 125
120  $E = 360 / 4 / Z$ 
121 GOTO 130
125  $E = 360 / 6 / Z$ 
130  $R1 = (D1 / 2 - H\phi - K) * SIN(E / 360 * 3.14159)$ 
132  $R\phi = .5$ 
135 IF  $R1L = R\phi$  THEN 138
136  $R\phi = R\phi + .5$ 
137 GOTO 135
138  $R1 = R\phi$ 
140  $H1 = W + .5 * (K + K1) + R1$ 
145  $O = E + M$ 
150 FOR I=1 TO 4
155 IF  $O > O1(I)$  THEN 165

```

```

150  Q=Q1(I)
161  GOTO 175
165  NEXT I
170  Q=30
175  E1=C*D0
180  D1=D0+2*E1+2*H1
185  IF D1<=120 THEN 200
190  D1=INT(D1/10+1)*10
195  GOTO 205
200  D1=INT(D1/5+1)*5
205  M1=(D1/2-H1+R1)*(SIN(6.2848/Z)-SIN(E*6.28348/360))/
      COS(E*6.28348/360))
220  PRINT "Результаты расчета конструктивных элементов фрез"
225  PRINT
226  OPEN "LP:" FOR OUTPUT AS FILE #3
230  PRINT #3, "D0=", D0, "D1=", D1, "Z=", Z
235  PRINT #3, "K=", K
237  PRINT #3, "H1=", H1, "Q=", Q, "E1=", E1
239  PRINT #3, "M1=", M1
240  CLOSE #3
241  END
10  REM Расчет профиля фрезной фрезы
15  DIM X(100), Y(100), Y1(100), Y2(100)
25  PRINT "расчет профиля фрезной фрезы"
30  PRINT "расчет профиля производится последовательно слева направо"

```

```

35 PRINT "Прямолинейные участки, следующие подряд, рассчитываются все сразу"
40 PRINT "Криволинейные участки рассчитываются по одному"
50 PRINT "3- выход из программы"
55 PRINT "1- расчет прямолинейных участков"
60 PRINT "2- расчет криволинейных участков"
65 PRINT "Введите номер требуемой функции"
70 INPUT M
75 ON M GOTO 80, 500, 625
80 PRINT "Расчет прямолинейных участков"
85 PRINT "Введите R, G, K, Z"
86 INPUT R, G, K, Z
95 PRINT "Введите число опорных точек"
96 INPUT N
100 PRINT "Введите координаты опорных точек по 2 числа в строке (X, Y)"
105 FOR I=1 TO N
110 INPUT X(I), Y(I)
115 NEXT I
117 G=6 * 6.28318 / 360
120 A=R * SIN(G)
125 B=R * COS(G)
130 FOR I=1 TO N
135 GOSUB 1000
140 NEXT I
145 P=1

```

```

150 GOSUB 1200
155 P=1
160 GOTO 50
500 REM расчет криволинейных участков
505 PRINT "расчет криволинейных участков"
510 PRINT "Введите 5B3 DEF Q1=... (уравнение прямой)"
515 PRINT "Введите 540 данные для функции"
520 PRINT "Введите GOTO 530"
525 END
530 PRINT "Введите R,G,K,Z"
531 INPUT R,G,K,Z
540 PRINT "Q="
541 INPUT Q
550 PRINT "Введите S2,D"
551 INPUT S2,D
555 PRINT "Введите X0,Y0"
556 INPUT X0,Y0
562 G=G*6.28318/360
565 A=R*SIN(G)
570 B=R*COS(G)
575 N=INT(S2/70+1)
580 FOR I=1 TO N
582 S1=D*(I-1)
584 Q1=Q-SQR(Q2-S12)
585 X(I)=S1+X0
590 Y(I)=Q1+Y0

```

```

595 GOSUB 1000
600 NEXT I
610 P=2
615 GOSUB 1200
620 GOTO 50
625 END
1000 REM Подпрограмма подсчета C
1005 R1=R-Y(I)
1010 S=A/R1
1015 G1=ATN(S/SQR(1-S2))
1020 B1=R1*COB(G1)
1025 Y1(I)=B-B1
1030 F=G1-G
1035 V=K*Z*F/E.26319
1040 Y2(I)=Y(I)*V

```

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

Условные обозначения . . . . .	1
1. Основные сведения о фасонных фрезях .	2
2. Определение конструктивных параметров фасонных затылованных фрез . . . . .	4
3. Коррекционный расчет профиля фасонной фрезы с передним углом, не равным нулю . . . . .	9
4. Применение ЭВМ для расчета фасонных фрез . . . . .	12
5. Технические требования к чертежу фа- сонной фрезы . . . . .	15
Библиографический список . . . . .	17
Приложение . . . . .	18

*Учебное издание*

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ФАСОННЫХ ФРЕЗ С  
ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВМ**

*Методические указания*

В авторской редакции

Составитель: ***Волков Александр Николаевич.***

Самарский государственный аэрокосмический университет.  
443086, Самара, Московское шоссе, 34.