

УДК 621.833:621.914.5

Ю.В.Тимофеев<sup>1</sup>, А.А.Клочко<sup>2</sup>, В.Ф.Шаповалов<sup>3</sup><sup>1</sup>НТУ «ХПИ»<sup>2</sup>ДГМА

### ТЕХНОЛОГИЯ ЗУБОФРЕЗЕРОВАНИЯ ЗАКАЛЕННЫХ КРУПНОМОДУЛЬНЫХ КОЛЕС СПЕЦИАЛЬНЫМИ ЧЕРВЯЧНЫМИ ФРЕЗАМИ С МИНИМИЗИРУЮЩИМИ ПАРАМЕТРАМИ ГЛАВНЫХ РЕЖУЩИХ КРОМОК

*Разработан технологический процесс нарезания закаленных зубчатых крупномодульных колес специальными червячными фрезами  $m=10...65$  мм с минимизацией длины режущих кромок инструмента из условия обязательного обеспечения перекрытия режущих элементов в процессе огибания эвольвентной поверхности зубьями фрезы.*

*Спроектированы чистовые червячные фрезы, у которых длина режущих кромок зубьев не зависит от размеров обрабатываемых зубьев колеса и составляет 16-20 мм, с учётом возможных погрешностей изготовления инструмента по углу профиля и величины срезаемого припуска. Уменьшение размеров режущих кромок в 2-5 раз по сравнению со стандартными фрезами позволило увеличить количество режущих элементов фрезы в 1,5-2 раза, а также упростило процесс оснащения инструмента твёрдым сплавом и его заточку.*

Особенностью технологического процесса резания крупномодульным зуборезным инструментом, в т.ч. червячными фрезами  $m=10...65$  мм является удаление из впадин зубьев обрабатываемых колёс сравнительно больших по периметрам и толщинам слоёв металла, что сопровождается высокой температурой в зоне резания и снижает стойкость инструмента.

Традиционно-стандартные конструкции червячных фрез, где размеры режущих кромок инструмента зависят от размеров (модуля) обрабатываемых зубьев колеса, не позволяют увеличить количество режущих элементов и, таким образом, снизить нагрузки на режущие кромки. Конструктивные недостатки стандартных червячных фрез особенно проявляются при оснащении фрез твёрдым сплавом. Из-за больших размеров режущих кромок усложняются процесс напайки зубьев твёрдым сплавом, заточка зубьев, обеспечение точности инструмента и др.

Между тем, анализ схемы резания зубьев червячной фрезы при полустовом и чистовом зубофрезеровании (рис. 1, а) показывает, что в этом случае нет необходимости выполнять режущие кромки инструмента соизмеримыми с размерами обрабатываемых зубьев колеса, т.к. не всей длиной кромки участвуют в резании. Рабочая длина режущей кромки определится из условия обязательного обеспечения перекрытия резцов в процессе огибания эвольвентной поверхности зубьями фрезы и включает два участка А и Б, расположенных соответственно ниже и выше точки профилирования С. Длина участка А и Б увеличивается с ростом модуля и уменьшением числа зубьев обрабатываемого колеса и инструмента.

Исходя из этого были разработаны чистовые червячные фрезы, у которых длина режущих кромок зубьев не зависит от размеров обрабатываемых зубьев колеса и составляет 16-20 мм, с учётом возможных погрешностей изготовления инструмента по углу профиля и величины срезаемого припуска [1].

Уменьшение размеров режущих кромок в 2-5 раз по сравнению со стандартными фрезами (рис.2) позволило увеличить количество режущих элементов фрезы в 1,5-2 раза, а также упростило процесс оснащения инструмента твёрдым сплавом и его заточку.

При конструировании новых фрез в качестве поллоидной окружности станочного зацепления инструмента и детали может быть использована как делительная окружность, так и отличная от неё. В первом случае фрезы будут универсальными, пригодными для обработки колёс с любым числом зубьев, во втором – специальными, обрабатывающими колёса в определённом диапазоне чисел зубьев [2].

Расчёты показывают (рис. 1, б), что даже при модуле  $m=60$  мм и числе зубьев колеса  $Z_k=30$  для обеспечения условий правильной обработки достаточно иметь режущие кромки инструмента длиной 5-6 мм.

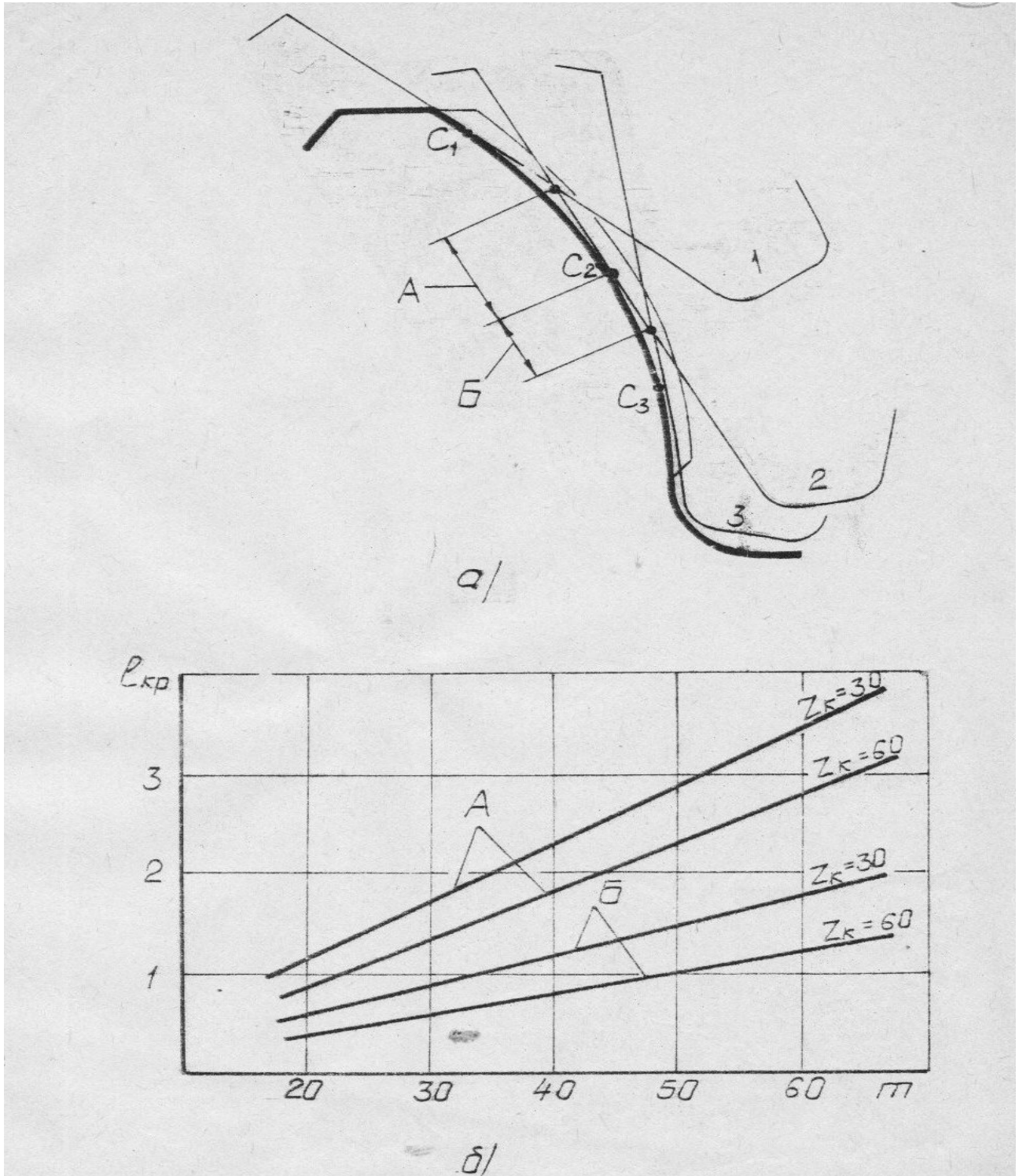


Рис 1 – К определению оптимальной длины главных режущих кромок чистовой фрезы:  
 а- схема огибания кромками фрезы зуба колеса;  
 б- зависимость длины кромки  $l_{кр}$  от модуля и числа зубьев колеса.

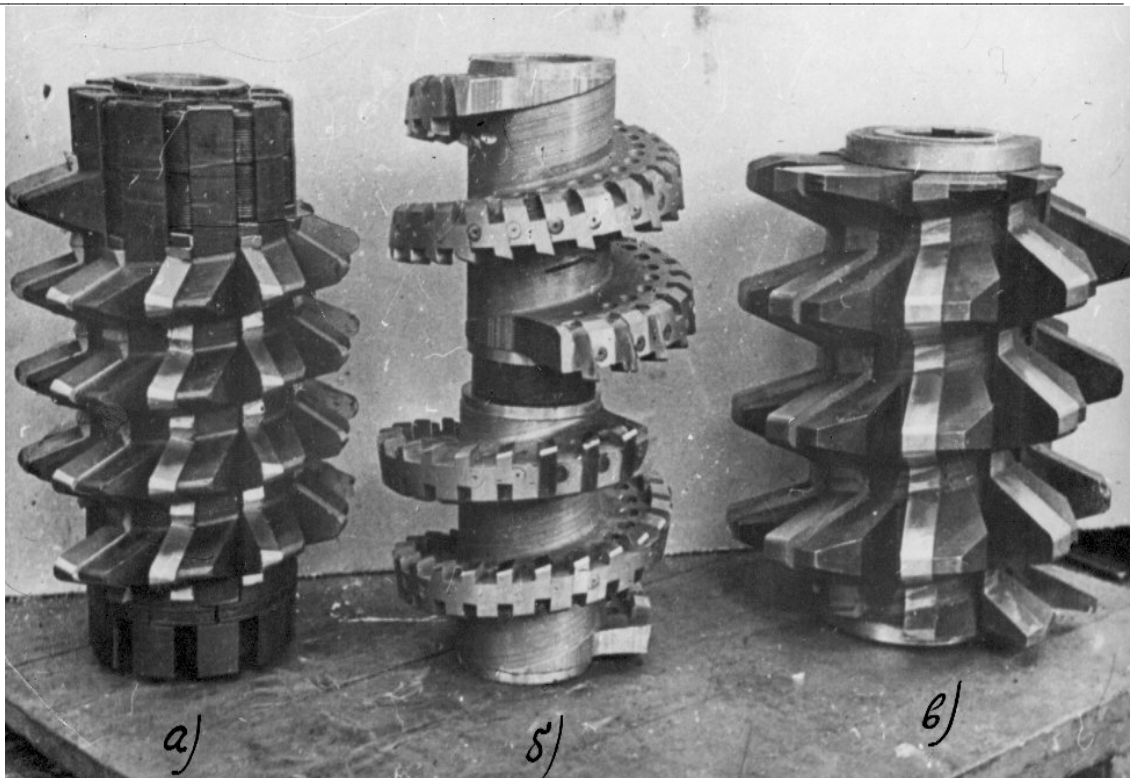


Рис. 2 – Крупномодульные быстрорежущие червячные фрезы :  
 а - острозаточенная фреза  $m=20$  мм конструкции ВНИИ инструмента;  
 б – острозаточенная фреза “Победа”  $m=36$  мм [1];  
 в – затылованная фреза по нормали завода “Фрезер”  $m=30$  мм.

Особенность проектирования специальных червячных фрез заключается в том, что в качестве поллоиды станочного зацепления инструмента и детали используется окружность (рис. 3), проходящая через нижние граничные точки эвольвенты В и  $V_1$ . При этом активные участки линий зацепления  $BE$  и  $V_1E_1$  располагаются симметрично относительно межосевого перпендикуляра и на некотором от него расстоянии.

Угол профиля зубьев специальной фрезы  $\alpha_k$  зависит от числа зубьев обрабатываемого колеса  $Z_k$  и определяется по зависимости:

$$\alpha_k = \alpha_B - \sigma_B, \quad (1)$$

где  $\alpha_B$  – угол давления в крайней нижней точке В эвольвенты;

$\sigma_B$  – половина угловой толщины зуба по нижним граничным точкам эвольвенты В и  $V_1$ .

В диапазоне нарезаемых зубьев колеса  $Z_k=20-400$  угол профиля зубьев специальных фрез изменяется в пределах  $\alpha_k=5^\circ-19^\circ$ .

Каждой фрезой можно нарезать зубья колеса в определенном диапазоне, который увеличивается по мере увеличения числа нарезаемых зубьев. Это достигается путём разворота одного корпуса фрезы относительно другого на определённый расчётный угол и изменением толщины дистанционного кольца  $S_f$ , закладываемого между корпусами. В каждом из корпусов фрезы выполняется несколько шпоночных пазов [2].

На рис. 4 дан график зависимости угла профиля зубьев специальной фрезы  $\alpha_k$  от числа зубьев обрабатываемых колёс  $Z_k$  и коэффициента смещения исходного контура зубчатой рейки  $X$  [2].

Область применения фрез поясняют рис. 5 и рис. 6. Например (рис. 4), зубчатые некорректированные колёса с числом зубьев 33-49 могут быть нарезаны фрезой с  $\alpha_k=9^\circ$  с разворотом корпусов фрезы на угол  $\theta$  и доворотом колеса на угол  $\beta_k$ .

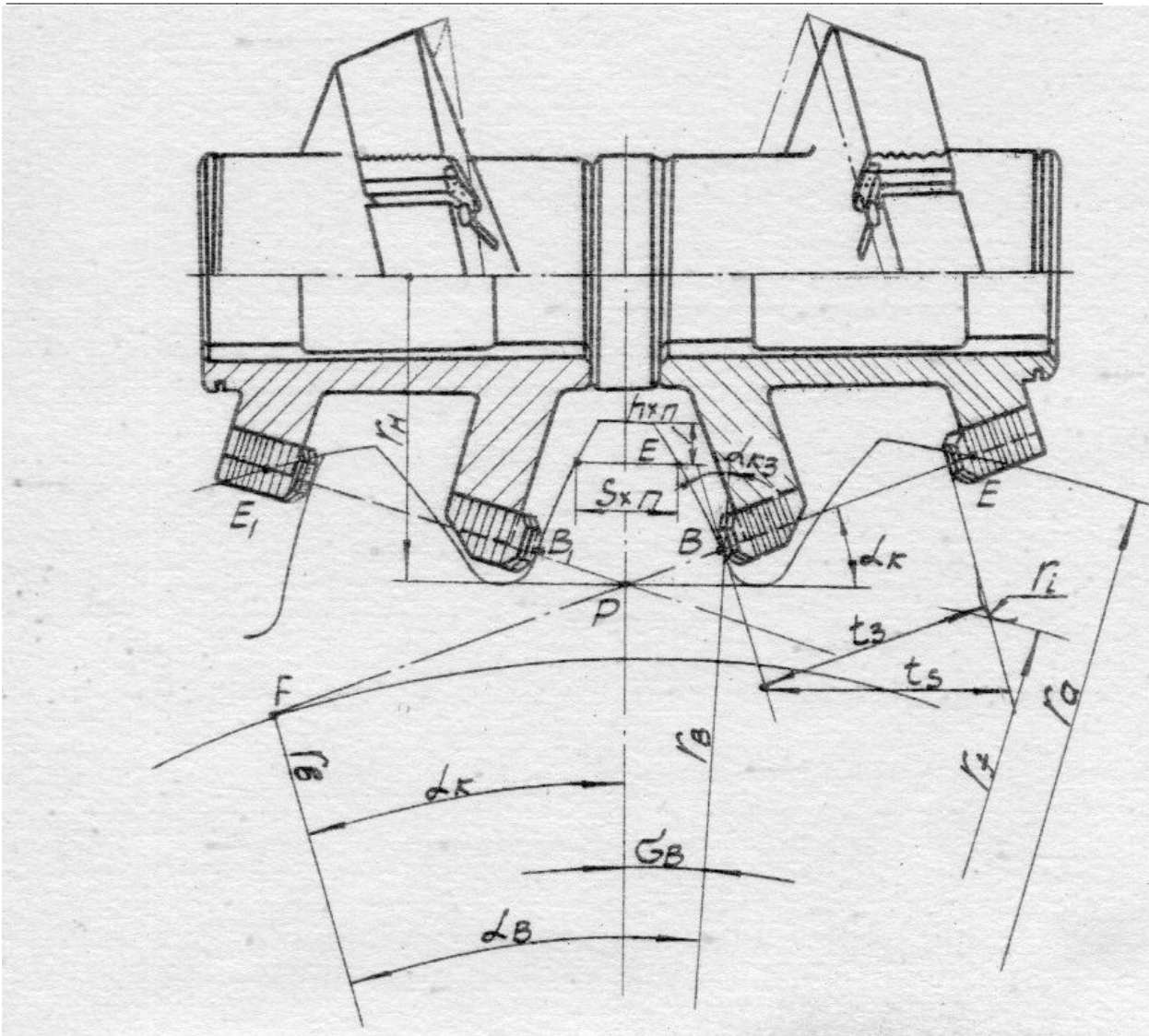


Рис. 3- Схема станочного зацеплення спеціальної твердосплавної фрези з оброблюваним колесом.

$$\theta = 2z_K \beta_K, \quad (2)$$

где  $Z_K$  – число зубьев нарезаемого колеса;

$$\beta_K = \alpha_K - \alpha'_K, \quad (3)$$

$\alpha'_K$  – определяется из графика (рис. 4).

При установке на станке корпуса фрезы, находящиеся на оправке с вынудой шпонкой, совмещают первыми резцами в одной плоскости и устанавливают на расстоянии  $S_\phi$ , определяемом конусным шаблоном (рис 5, а) сопрягающимся с обоими первыми резцами фрезы по их боковому профилю. Измеряют внутреннее расстояние между торцами обоих корпусов фрезы и по нему подбирают дистанционное кольцо. Затем устанавливают корпуса фрезы на соответствующие шпоночные пазы и закрепляют их на оправке. Фрезу с оправкой устанавливают в суппорт станка с последующей настройкой относительно оси зуба колеса.



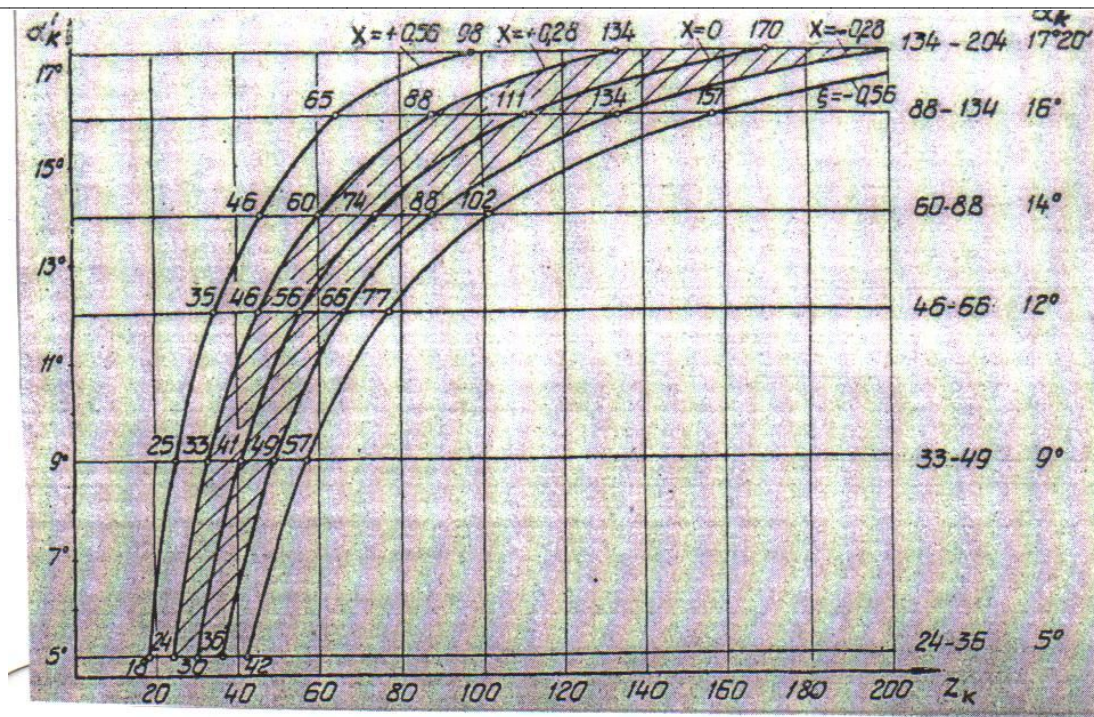


Рис. 4-График для определения применимости специальных твердосплавных фрез

Фрезы с данным углом  $\alpha_k$  могут быть использованы для нарезания колес с другим числом зубьев, при этом ось зуба колеса отклоняется от оси станка (рис. 5, б) на угол  $\beta_k$  и  $S_\phi$  - расстояние между корпусами пересчитывается. При положительном  $\beta_k$  правый корпус фрезы поворачивается относительно левого по часовой стрелке на угол  $\theta$ , если смотреть со стороны правого корпуса фрезы (рис 5, с). При отрицательном  $\beta_k$  правый корпус фрезы поворачивается против часовой стрелки и в таком положении оба корпуса закрепляются на оправке.

Для корригированных колёс диапазон чисел нарезаемых зубьев увеличивается, так, при  $X=+0,56$ , применяя фрезу с  $\alpha_k = 9^\circ$ , можно нарезать колесо с числом зубьев 25, а при  $X=-0,56$  с числом зубьев 57.

Разворот корпусов фрез на угол  $\theta$  осуществляется путём совмещения соответствующих шпоночных пазов в корпусах.

Конструктивно специальные затачиваемые твердосплавные фрезы (рис.6) могут быть выполнены при модуле  $m=10-16$  мм со вставными рейками, на которых напаяны твердосплавные пластинки формы 0115А по ГОСТ 25395-82 длиной 16 мм, а при модуле  $m=18-65$ мм в витках корпусов фрез размещены вставные резцы с напаянными пластинками формы 01151 длиной 20мм. Материал пластинок – твёрдый сплав марок ВК10-ОМ, ВК10-ХОМ по ГОСТ 3882-74.

Достоинство рассмотренных конструкций специальных червячных фрез в том, что они одновременно обеими корпусами обрабатывают обе боковые поверхности зубьев колеса. Усилия резания от обеих корпусов направлены навстречу друг другу, т.е. имеет место силовое замыкание внутри инструмента. Это способствует снижению вибраций и колебаний стола станка вместе с обрабатываемым колесом.

Преимуществом рассмотренных фрез является то, что они имеют, по сравнению со стандартными фрезами более рациональную геометрию режущей части.

Передний угол резания может быть выполнен в диапазоне:  $0^\circ - +10^\circ$ , задний угол резания:  $5^\circ - 10^\circ$ , угол наклона главной режущей кромки:  $0^\circ - -30^\circ$ .

Фрезы выполнены острозаточенными, т.е. заточка и переточка зубьев фрез ведётся только по задним граням. Это значительно уменьшает толщину срезаемого слоя, увеличивает количество переточек инструмента и снижает её трудоёмкость.

Наиболее рациональной областью использования рассмотренных специальных фрез (рис. 7 и рис. 8) является серийное и крупносерийное производство зубчатых колёс, например: используемых в углеразмольных и рудоразмольных мельницах, экскаваторах, прокатных станах, механизмах подъема.

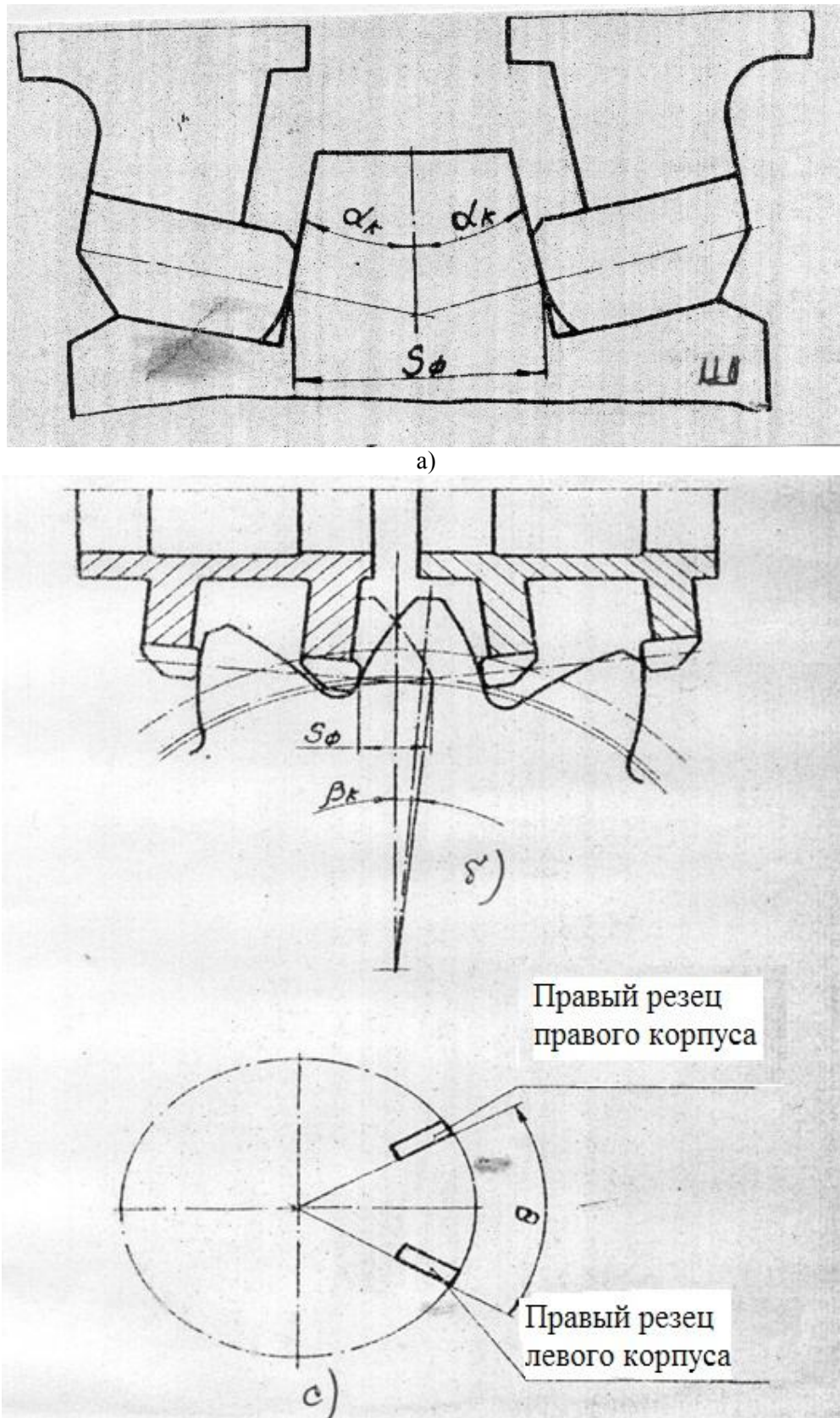


Рис. 5 – К установке и настройке фрезы. а - шаблон для установки корпусов; б - поворот колеса на угол  $\beta_k$ ; в - разворот корпусов фрезы на угол  $\theta$ .



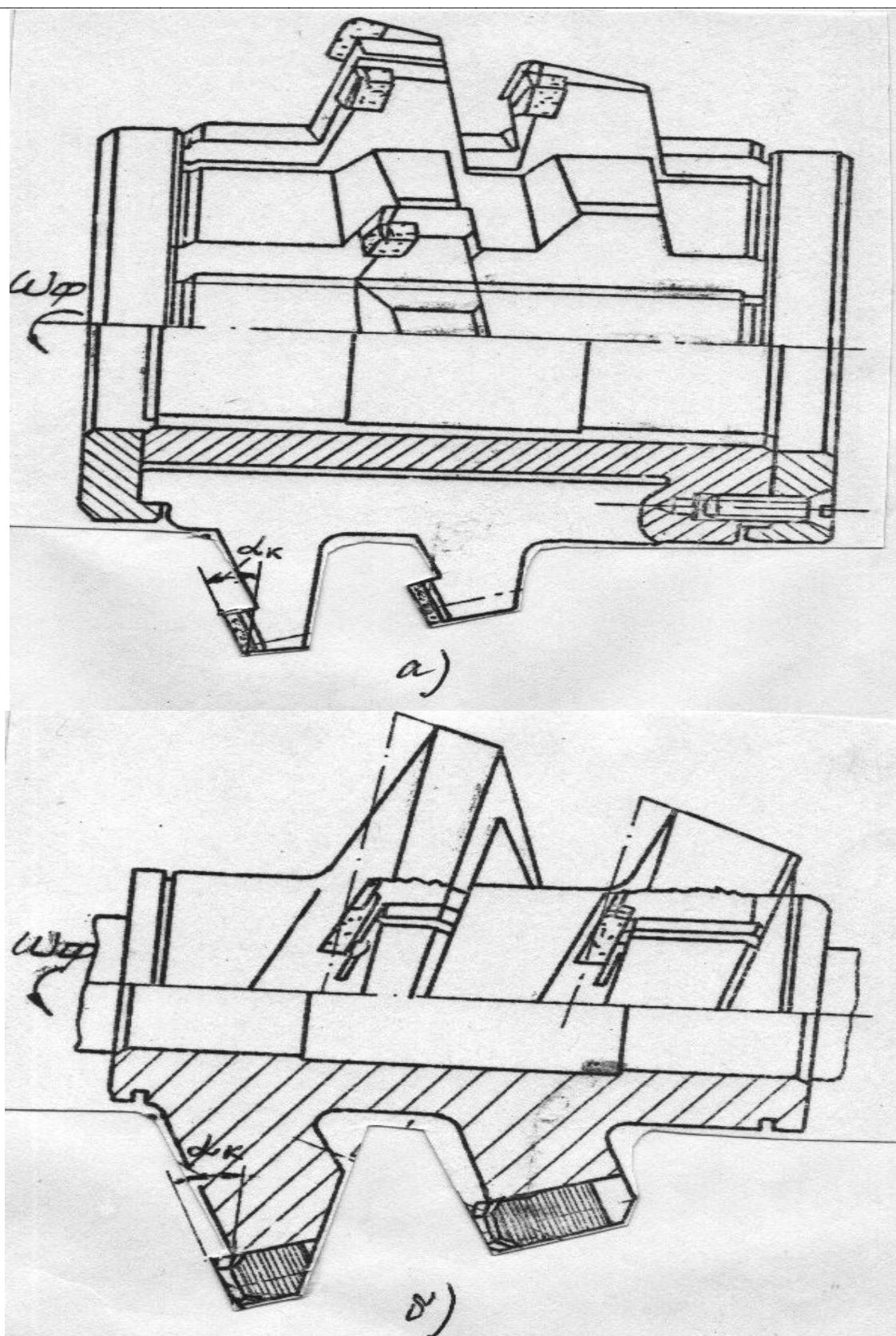


Рис. 6- Конструкция специальных твердосплавных фрез. а- правый корпус фрез  $m=10-16$  мм со вставными зубчатыми рейками и напаянными пластинками; б- правый корпус фрез  $m=18-65$  мм со вставными резцами и напаянными пластинками.

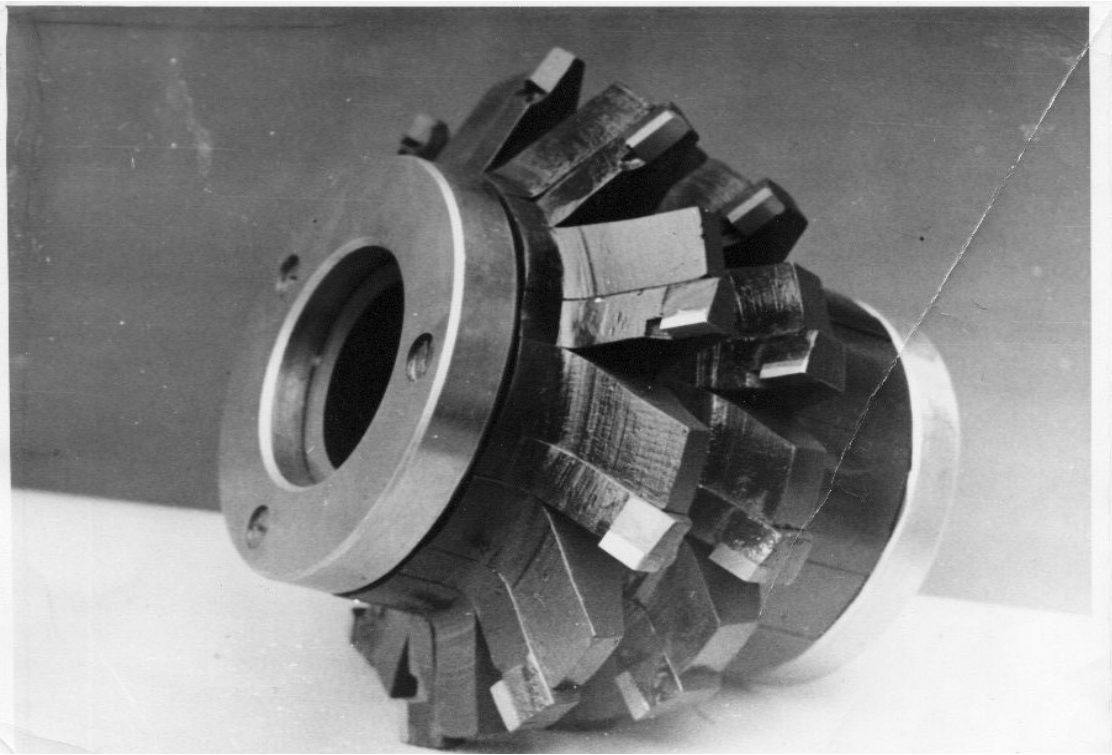


Рис. 7 - Правый корпус червячной фрезы  $m=16$  мм со вставными рейками и напаянными твердосплавными пластинами.

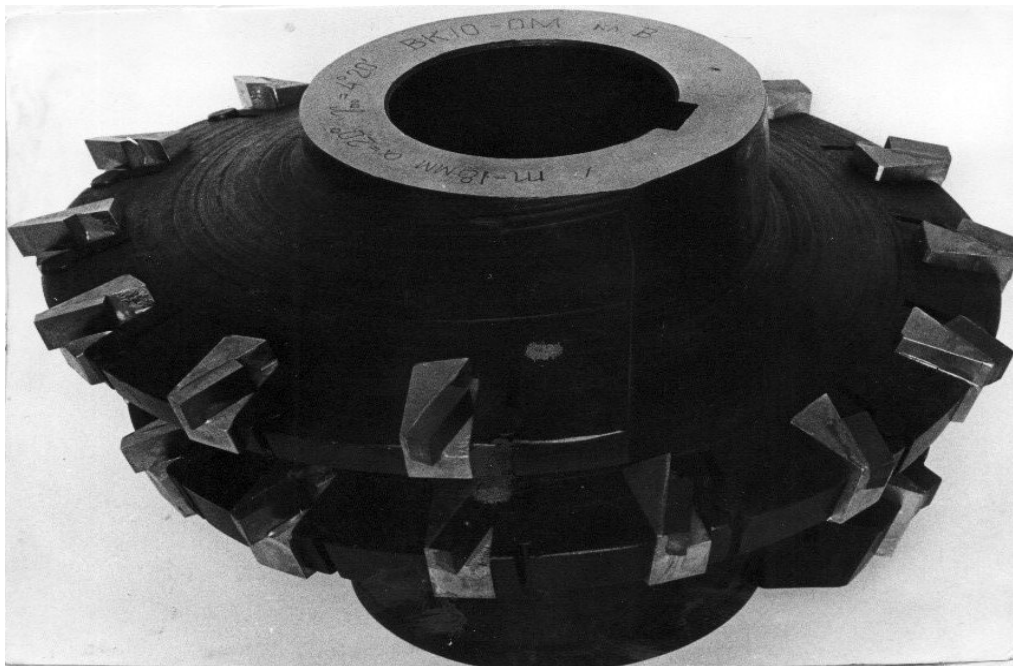


Рис. 8 - Левый корпус червячной фрезы  $m=18$  мм со вставными резцами и напаянными пластинами под углом наклона  $\lambda = -30^{\circ}$ .

1. Шаповалов В.Ф., Печень В.И., Коротун А.Н., Клочко А.А., Михайлов Г.И. О патриархе зубообработки А.К. Сидоренко (к 100-летию со дня рождения). – В сб. Вестник национального технического университета ХПИ, - 2009, №20. с.3-9.
2. Тимофеев Ю.В., Мироненко Е.В., Клочко А.А., Шаповалов В.Ф. Мироненко О.Е. Технологические способы повышения точности зубофрезерования универсальными червячными фрезами.-Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні.-Харків: НТУ «ХПІ».- 2010.- №25. - С. 134-141.