

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

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ
ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ**

САМАРА 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний к лабораторной работе*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ : 621.9(075)

Составители: А.Н. Волков, М.Б. Сазонов, Ю.А. Шабалин

Рецензент д-р техн. наук, проф. Н.Д. Проничев

Изучение конструкции и геометрии червячных модульных фрез: метод. указания к лаб. работе / сост.: *А.Н. Волков, М.Б. Сазонов, Ю.А. Шабалин.* – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 32 с.: ил.

Приведены основные сведения о конструкции, геометрии и производстве червячных модульных фрез. Представлена схема работы фрезы. Изложена методика проведения измерений основных конструктивных и геометрических параметров червячных фрез. Даны расчётные формулы. Рассмотрены вопросы заточки червячных фрез.

Предназначены для студентов специальностей 151001, 160301, 160302 и др. Разработаны на кафедре механической обработки материалов.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ: изучение схемы работы, конструкции и основных геометрических параметров червячных модульных фрез; освоение методов измерения и расчетов их основных геометрических элементов; приобретение навыков пользования измерительными инструментами и приборами, применяемыми при контроле элементов червячных модульных фрез.

1. ЧЕРВЯЧНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ФРЕЗЫ

Червячные модульные фрезы используются для нарезания цилиндрических прямозубых, косозубых и червячных зубчатых колес.

Как инструмент фреза получается из червяка, путем прорезания на нем продольных стружечных канавок. Канавки прорезаются перпендикулярно или (реже) вдоль оси червяка. Продольные стружечные канавки (рис.1) образуют на наружной поверхности червяка режущие гребенки с передней поверхностью A_r и пространство для размещения стружки. Число режущих гребенок – Z_0 , считающееся числом зубьев фрезы, определяется числом продольных стружечных канавок. Количество зубьев в самой режущей гребенке определяется числом витков винтовой спирали червяка.

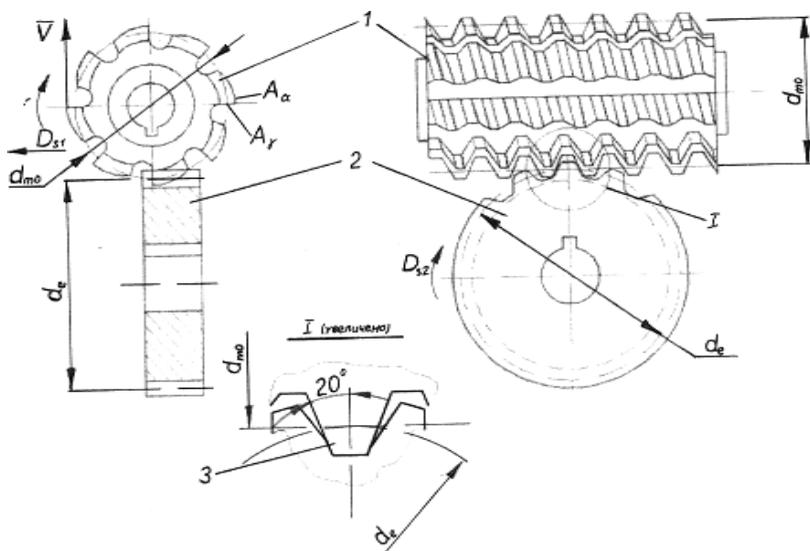


Рис. 1. Схема нарезания зубчатого колеса червячной модульной фрезой:
1 – фреза; 2 – заготовка; 3 – зуб гребёнки фрезы

Червяк, на основе которого изготавливают фрезу, называется **основным**. Для нарезания прямозубых и косозубых зубчатых колес с эвольвентным профилем наиболее часто используются фрезы на основе конволютного основного червяка, который в сечении, перпендикулярном виткам его винтовой спирали, имеет форму трапецеидальной рейки с углом профиля, равным углу зацепления $\alpha_0=20^\circ$.

Основной червяк может быть одно-, двух- и более заходным (Z_1). Однако с увеличением числа заходов и уменьшением наружного диаметра увеличивается угол подъема винтовой спирали червяка γ_{m0} , что приводит к отклонению трапецеидального профиля зуба режущей гребенки от прямолинейности. Поэтому точные фрезы для чистовой обработки зубчатых колес изготавливают из **однозаходных** червяков. В связи с тем, что образование зубьев колеса режущими гребенками аналогично эвольвентному зацеплению зубчатого колеса с рейкой, нарезание зубчатых колес червячными модульными фрезами производят **методом обкатки**.

В процессе нарезания фреза 1 и заготовка 2 совершают согласованные рабочие движения (D_T, D_{S1}, D_{S2}), копирующие зацепление червяка (фреза) с зубчатым колесом (заготовка). Вращение фрезы является главным движением резания (D_T). Поступательное движение фрезы вдоль оси заготовки называется движением вертикальной подачи (D_{S1}), а вращательное движение заготовки является движением обкатки (деления), или движением круговой подачи (D_{S2}).

Движение обкатки происходит при качении без скольжения делительной (начальной) окружности с диаметром d_e нарезаемого зубчатого колеса по начальной прямой режущей гребенки (образующая делительного цилиндра фрезы с диаметром d_{m0}). Для этого за один оборот однозаходной фрезы заготовка должна повернуться на один нарезаемый зуб, у двухзаходной фрезы – на два нарезаемых зуба и т.д. Таким образом, увеличение количества заходов фрезы приводит к увеличению производительности нарезания зубчатых колес. Однако, как было сказано выше, это происходит в ущерб их точности.

Геометрические параметры лезвия зуба режущей гребенки фрезы формируются прорезанием продольных стружечных канавок, образующих переднюю поверхность A_γ , а также образованием задней поверхности A_α .

Для образования задней поверхности с задним углом при вершине α_e (рис. 2) на каждом зубе гребенки делается так называемое **затылование**.

Если зубья режущих гребёнок фрезы шлифуются, то делается двойное затылование. Так, параметр K соответствует падению первого затылка, а параметр K_I – падению второго затылка на центральном углу η . Изношенные фрезы, как правило, перетачиваются по передней поверхности. Чтобы профиль зубьев режущих гребёнок при переточке не изменялся, затылование выполняется по *спирали Архимеда*. Шлифование зубьев режущих гребёнок производится с целью повышения качества нарезаемых зубчатых колес. Задние поверхности зубьев гребёнок шлифуются на длине порядка 60...70% от всей длины зуба, т.е. на центральном углу $\psi = \eta/2$, где η – центральный угол между передними поверхностями двух соседних режущих гребёнок. Оставшаяся часть не шлифуется, но для того, чтобы шлифовальный круг имел возможность выхода, делается второе затылование.

При переточках фрезы по передним поверхностям режущих гребёнок уменьшаются её наружный диаметр d_{a0} и диаметр делительного цилиндра d_{m0} . Уменьшение диаметра делительного цилиндра приводит к увеличению угла подъема винтовой спирали γ_{m0} и уменьшению нормального шага P_{n0} . В свою очередь, уменьшается окружной шаг между зубьями нарезаемого зубчатого колеса.

Для того, чтобы расположить это возможное отклонение в поле допуска шага изготавливаемого колеса, который задается одинаковыми отклонениями в плюс и минус, а также обеспечить меньшее искажение профиля зуба, расчетный диаметр делительного цилиндра фрезы d_{m0} устанавливается в радиальном сечении ОА, отстоящем от передней поверхности новой фрезы на центральном углу σ_η (расчётное сечение):

$$\sigma_\eta = (0,1 \dots 0,25) \eta, \text{ где } \eta = \frac{360^\circ}{Z_0}.$$

Согласно ГОСТ 9324-80 чистовые червячные модульные фрезы, изготавливаемые в централизованном порядке, имеют следующую геометрию режущей части по вершинам зубьев:

- передний угол $\gamma_e = 0^\circ$;
- задний угол $\alpha_e = 9^\circ \dots 12^\circ$.

Червячные фрезы могут изготавливаться и с положительным передним углом $\gamma_e = +10^\circ \dots +15^\circ$. С увеличением переднего угла улучшаются условия резания, но искажается профиль зубьев нарезаемого колеса; поэтому требует-

ся соответствующая корректировка профиля зубьев фрезы. Червячные фрезы с положительным передним углом обычно применяют только для предварительного нарезания.

2. ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ, ЭСКИЗИРОВАНИЕ

Порядок проведения измерений и расчетов следующий:

По маркировке, выполненной на торце фрезы, определить:

m_0 – нормальный модуль, мм;

α_0 – угол профиля (зацепления), град.;

γ_{m0} – угол подъема витков винтовой спирали (основной нитки), град.;

P_Z – шаг продольной стружечной канавки, мм.

Сосчитать:

Z_0 – число режущих гребенок (зубьев фрезы);

Z_1 – число заходов фрезы.

С помощью штангенциркуля измерить:

d_{a0} – диаметр вершин зубьев, мм;

L – общую длину фрезы, мм;

l_1 – длину шлифованной части посадочного отверстия, мм;

b – ширину шпоночного паза, мм;

C_1 – размер, характеризующий высоту шпоночного паза, мм;

d – диаметр посадочного отверстия, мм;

d_1 – диаметр буртиков, мм;

l – длину буртиков, мм.

Штангензубомером (рис. 3) измерить:

h_0 – высоту профиля зуба, мм.

Для этого по нониусу «А» установить такой размер, чтобы между ножками зубомера и основанием зуба был зазор 0,5...1,0 мм для исключения влияния радиуса ρ_{f0} у основания ножки зуба на результат измерения. Затем линейку

«В» прижать к вершине зуба и по нониусу «С» произвести отсчет размера с точностью до десятых долей миллиметра. Полученный размер будет соответствовать полной высоте профиля зуба фрезы (h_0). При наличии канавки во впадине гребенки концы «ножек» штангензубомера устанавливаются на высоте рабочей части профиля зуба.

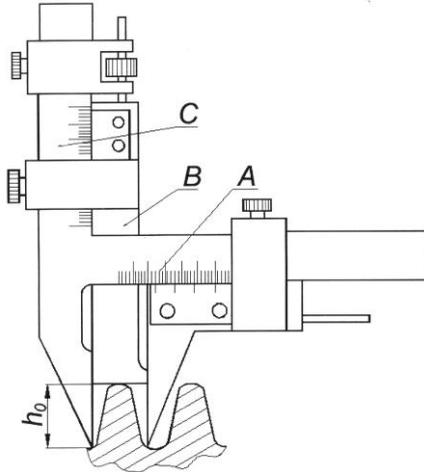


Рис. 3. Схема измерения высоты профиля зуба в нормальном сечении с помощью штангензубомера

Штангензубомером измерить:

P_{n0} – нормальный шаг винтовой (режущей) спирали, мм.

Для этого линейку «В» (рис. 4) по нониусу «С» установить на размер, равный величине высоты головки зуба (h_{a0})

$$h_{a0} = 1,25m_0 .$$

Далее ножки зубомера установить по боковым поверхностям зуба и по нониусу «А» произвести отсчёт толщины зуба (S_{n0}). Аналогично измеряется блочный размер ($M_{П}$). Тогда нормальный шаг будет равен [1].

$$P_{n0} = M_{П} - S_{n0}.$$

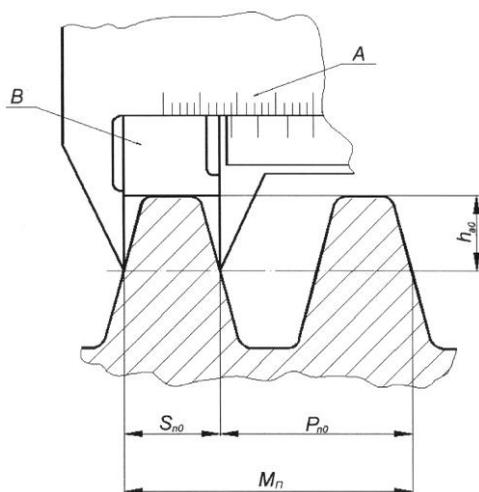


Рис.4. Схема измерения нормального шага винтовой спирали фрезы

Нормальный шаг ($P_{no}^{расч.}$) в **расчетном сечении** определяется по формуле

$$P_{no}^{расч.} = \pi m_0 z_1,$$

$$S_{no} = \frac{P_{no}}{2}.$$

Расчетом определить:

P_{x0} – осевой шаг режущей спирали, мм:

$$P_{x0} = \frac{P_{n0}}{\cos \gamma_{m0}} = \frac{\pi m_0 z_1}{\cos \gamma_{m0}}.$$

С помощью приспособления, представленного на рис. 5, определить:

K – величину падения затылка, мм.

Фрезу закрепить на оправке и зафиксировать в центрах приспособления.

Ножку индикатора часового типа установить на вершину зуба (рис. 6) со стороны задней поверхности, задать по индикатору предварительный натяг 4...5 мм и повернуть его шкалу так, чтобы «ноль» совместился с большой стрелкой. Затем повернуть фрезу в центрах на некоторый угол (τ) в пределах шлифованной части зуба и снять его значение по угловой шкале «N» прибора, а с индикатора снять показание Δ_1 , соответствующее падению затылка.

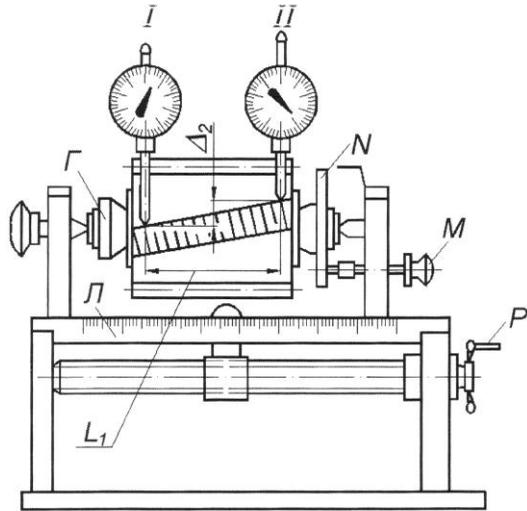


Рис. 5. Приспособление для измерения: а) K и K_1 – величин падения затылков на зубах режущих гребенок; б) P_z – шага продольных стружечных канавок

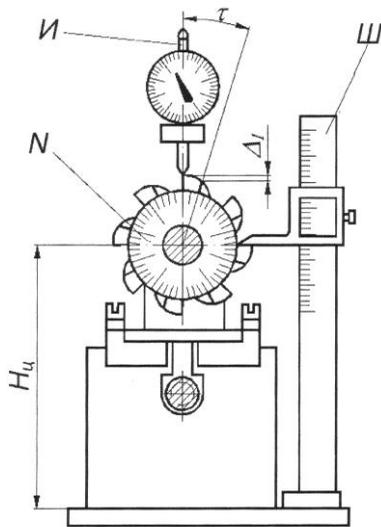


Рис. 6. Схема измерения падения затылка

Так как затылование выполняется по *спирали Архимеда*, то величина падения затылка будет пропорциональна углу поворота фрезы. Тогда:

$$K = \frac{\Delta_1 \eta}{\tau}.$$

Величина падения затылка также может быть определена по формуле

$$K = \frac{\pi d_{a0}}{z_0} \cdot \operatorname{tg} \alpha_e.$$

Для фрезы с двойным затылованием падение второго затылка (K_1) определяется аналогично. Только первая установка ножки индикатора производится на границе шлифованной и нешлифованной части зуба. Величина падения второго затылка может быть определена по зависимости

$$K_1 = (1,2 \dots 1,5)K.$$

По величине второго затылования K_1 *должен быть построен диаметр* d'_{a0} несколько больший, чем диаметр вершин зубьев d_{a0} , на величину a , которая определяется выражением

$$a = \frac{K_1 - K}{2},$$

тогда $d'_{a0} = d_{a0} + a$.

При этом принято $\sigma_\eta = 0,25\eta$.

Затылованные фрезы со шлифованным профилем обрабатываются шлифовальным кругом, который имеет форму диска диаметром 100...200 мм. При этом отвод круга должен произойти до касания им передней поверхности следующего зуба во избежание его зареза. Поэтому, зубья фрезы не могут быть отшлифованы по всей задней поверхности. Нешлифованная часть задней поверхности зуба до термической обработки срезается затыловочным резцом также по *спирали Архимеда*, но с большим падением затылка.

Расчётом, с предварительными измерениями, определить:

α_0 – угол зацепления (угол половины профиля зуба режущей гребенки в нормальном сечении):

$$a_0 = \arctg \frac{s_2 - s_1}{2(h_2 - h_1)}$$

где s_1 и s_2 (мм) – толщина зуба на высотах h_1 и h_2 соответственно (рис. 7), (измеряют штангензубомером); $h_1 = 0,5 \dots 2$ мм; $h_2 = h_0 - (0,5 \dots 2)$ мм.

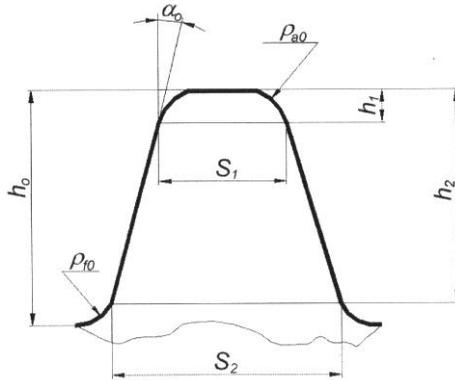


Рис.7. Схема измерений для расчета угла зацепления α_0

Расчётом и измерением определить:

α_6 – задний угол на вершине зуба, который образуется вектором скорости резания и касательной к задней поверхности зуба на его вершине в плоскости, перпендикулярной оси вращения фрезы.

$$a_{\hat{a}} = \arctg \frac{KZ_0}{\pi d_{a0}}$$

Задний угол на вершине зуба измеряется с помощью угломера **М.И. Бабчицинера** (рис. 8).

Подготовка прибора состоит в следующем: совместить риску "0" на шкале углов 1 с риской на шкале числа зубьев 2, соответствующей числу зубьев (режущих гребёнок) фрезы – Z_0 .

Процесс измерения заключается в следующем. Измерительный инструмент накладывается на измеряемый зуб так, чтобы зуб упирался своей вершиной в угол измерительного шаблона 4, образованного линейками 6 и 7. При этом опорная линейка 5 должна опираться на следующий зуб фрезы. Для измерения угла α_6 сектор со шкалой углов 1 поворачивается так, чтобы линейка

7 проходила по касательной к вершине зуба со стороны его задней поверхности.

Для измерения переднего угла γ_v поворачивают шаблон 4 до совмещения ножа 6 с передней поверхностью зуба фрезы и снимают показание прибора напротив числа гребёнок.

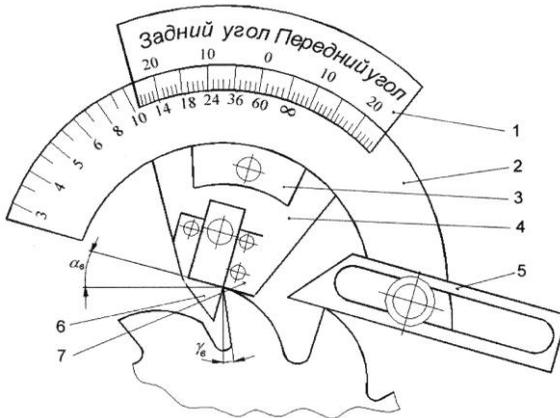


Рис.8. Схема измерений переднего и заднего углов по вершинам зубьев режущих гребёнок с помощью угломера системы М.И. Бабчицира

Расчётом определить:

α_N – задний угол на боковых поверхностях зубьев в нормальном сечении (рис.2)

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_e \cdot \sin \alpha_0.$$

Величина $\alpha_N \geq 2^{\circ}30'$.

Рассчитав двумя способами определить:

d_{m0} – фактический и расчётный средние диаметры делительного цилиндра фрезы, мм ($\sigma_\eta = 0,25\eta$).

$$d_{m0}^{\text{факт.}} = d_{a0} - 2h_{a0} - 0,5K.$$

Средний диаметр делительного цилиндра фрезы является условным размером, необходимым для расчёта. По нему определяются углы наклона продольной стружечной канавки (λ_{m0}), угол подъёма винтовой (режущей) спирали

ли (γ_{m0}) и другие геометрические параметры. По мере переточки зубьев фрезы по передней поверхности уменьшается диаметр вершин зубьев, уменьшается и средний размер (d_{m0}), а следовательно, изменяются угол наклона стружечной канавки (λ_{m0}) и угол подъема витков винтовой (режущей) спирали (γ_{m0}). Для уменьшения отклонений фактических значений λ_{m0} и γ_{m0} от расчётных, средний расчётный диаметр фрезы при её проектировании принимается в расчётном сечении [2]

$$d_{m0}^{расч} = \frac{m_0 z_1}{\sin \gamma_{m0}}.$$

В расчётном сечении по делительному цилиндру величины углов $\gamma_{m0} = \lambda_{m0}$.

Расчётом и измерением определить:

P_z – шаг продольной стружечной канавки, мм.

$$P_z = \frac{\pi d_{m0}^{расч.}}{tg \lambda_{m0}}.$$

Значение P_z также можно измерить следующим образом. Сначала устанавливают измерительную линейку штангенрейсмуса «Ш» на высоте центров приспособления – H_u (рис. 6). Далее оправку со свободно насаженной на неё фрезой устанавливают в центрах приспособления и закрепляют фиксатором «М» (рис.5) в отверстии диска «N». Фрезу поворачивают с помощью штангенрейсмуса таким образом, чтобы зуб фрезы в положении I индикатора находился на высоте центров (H_u). После этого фреза закрепляется на оправе гайкой «Г».

Ножку индикатора устанавливают на переднюю поверхность зуба фрезы, выставленного по рейсмусу, ближе к наружному диаметру, задают предварительный натяг, стрелку индикатора совмещают с «нулем» поворота шкалы. Затем, вращая рукоятку «Р», салазки с фрезой перемещают на возможно большее расстояние «L₁», которое отмеряется по линейке «Л» так, чтобы индикатор относительно фрезы занял положение II, а отклонение стрелки покажет величину подъема Δ_2 . Далее производят расчет центрального угла ε , соответствующего подъему спирали:

$$\varepsilon = \arcsin \frac{2\Delta_2}{d_{a0}},$$

где d_{a0} – диаметр по вершинам зубьев, мм.

Затем определяют шаг режущей спирали:

$$P_z = \frac{360^0 \cdot L_1}{\varepsilon}.$$

Измерением на том же приспособлении (рис. 6) определить:

γ_e – передний угол на вершине зуба фрезы. Схема измерения приведена на рис. 9.

Для этого измерительную линейку штангенрейсмуса установить на высоте центров приспособления (H_u) – эта величина фиксируется. Затем фрезу повернуть таким образом, чтобы передняя поверхность (A_p) заняла горизонтальное положение. После этого зафиксировать высоту (H_n).

$$\gamma_{\hat{a}} = \arcsin \frac{2\Delta H}{d_{a0}}.$$

где $\Delta H = H_u - H_n$, мм.

Расчётом определить геометрические элементы продольных стружечных канавок по следующим данным:

H_k – глубина стружечной канавки:

- для фрез со шлифованным профилем

$$H_{\hat{e}} = h_0 + \frac{K + K_1}{2} + (1 \dots 2);$$

- для фрез с нешлифованным профилем

$$H_k = h_0 + K + (1 \dots 2).$$

Высота профиля зуба h_0 равна

$$h_0 = h_{a0} + h_{f0} = 2,5m_0$$

ρ_{a0} – радиус зуба при вершине

$$\rho_{a0} = \frac{C}{1 - \sin a_0},$$

где $C = 0,25$ мм;

ρ_{f0} – радиус профиля зуба у ножки:

$$\rho_{f0} = (0,2 \dots 0,3)m_0;$$

R – радиус дна продольной стружечной канавки, мм:

$$R = \frac{\pi \left(\rho_{a0} - 2H_{\dot{\epsilon}} \right)}{10Z_0};$$

θ – угол стружечных канавок:

для фрез с $m < 9$ мм $\theta = 25^\circ$; для фрез с $m > 9$ мм $\theta = 22^\circ$.

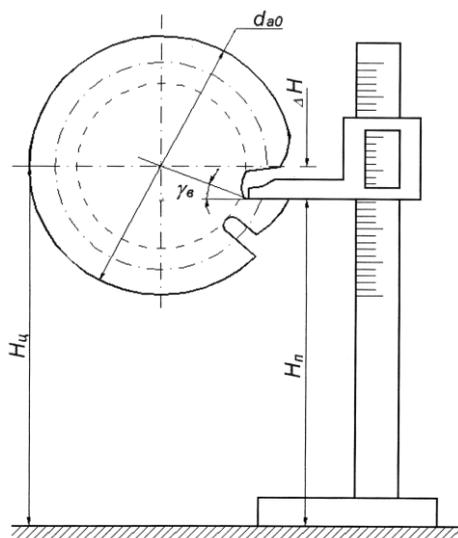


Рис. 9. Схема измерений для расчета переднего угла γ_{ϵ} с помощью штангенрейсмуса

После того, как произведён обмер и расчет всех конструктивных и геометрических параметров фрезы, выполняется ее эскиз. Эскиз выполняется по линейке с указанием всех перечисленных выше измеренных или полученных расчетом геометрических элементов фрезы. На эскизе проставляются буквенные обозначения каждого элемента, размерные значения этих элементов вно-

ся в таблицу бланка отчета по лабораторной работе. Полученные данные сопоставить с размерами величин параметров по ГОСТ 9324-80 [3], частично приведенными в приложениях П2.1...П2.4

3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Рассмотрим последовательность основных операций по изготовлению фрез класса точности А [4].

Первые операции относятся к типовому технологическому процессу получения и обработки заготовок для насадных инструментов, имеющих цилиндрическое отверстие: отрезка и ковка заготовок, отжиг, очистка от окалины, центрирование, сверление, подрезание торца, зенкерование отверстия, растачивание выточки в отверстии, развёртывание отверстия, снятие фасок в отверстии, подрезание второго торца, шлифование второго торца, протягивание шпоночной канавки, черновое и чистовое обтачивание наружной поверхности. После образования буртиков обработка протекает в следующей последовательности:

- нарезание резьбы;
- фрезерование винтовых стружечных канавок;
- шлифование передней поверхности;
- шлифование торцов;
- затылование зубьев фрез;
- затылование профиля зубьев;
- снятие неполных витков;
- маркирование;
- снятие заусенцев;
- термическая обработка;
- шлифование отверстия;
- доводка отверстия;
- шлифование торцов;
- затачивание передней поверхности;
- шлифование профиля.

4. ЗАТОЧКА ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

Износ зуборезных инструментов происходит по передней и задней поверхностям у вершины зуба. Определяющим является износ по задней поверхности. Допустимая величина износа зависит от вида обработки и составляет $\mu=0,2 \dots 0,4$ мм при чистовой и $\mu=1,0 \dots 1,2$ мм при черновой обработке. Заточка производится по передней поверхности. Величина припуска на переточку составляет $\Delta = \mu + (0,1 \dots 0,2)$ мм.

Заточку ведут конической поверхностью тарельчатого круга с углом профиля $15 \dots 40^\circ$. Основные движения: вращение шлифовального круга, подача на врезание, деление на зуб, продольная подача и связанный с ней поворот червячной фрезы для формообразования винтовой передней поверхности. В качестве примера рассмотрим схему, приведённую на рис. 10 [5].

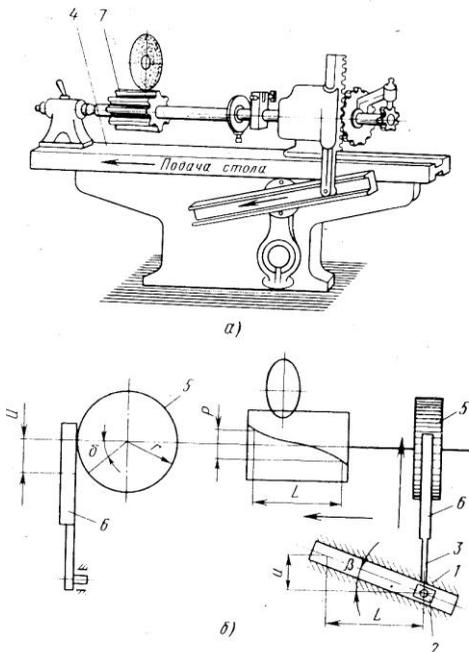


Рис. 10. Схема устройства для заточки передней винтовой поверхности червячной модульной фрезы:

а) общий вид; б) определение угла установки линейки β

По пазу линейки 1, закреплённой на станине станка, может перемещаться сухарь 2 приспособления, которое установлено на столе 4 станка. При продольном ходе стола 4 станка перемещение сухаря 2 по пазу линейки 1 заставляет перемещаться связанную с ним штангу 3 в вертикальном направлении и через реечно-зубчатую передачу 6-5 производить вращение шпинделя приспособления с затачиваемой фрезой 7.

Угол установки линейки

$$\operatorname{tg}\beta = \frac{\pi m z}{P_z},$$

где m и z – модуль и число зубьев зубчатого колеса приспособления с реечно-зубчатым механизмом; P_z – шаг стружечной канавки затачиваемой фрезы.

В приспособлении устанавливают делительный диск в соответствии с числом стружечных канавок фрезы и поворачивают копирную линейку на угол β . Шлифовальную головку станка поворачивают в горизонтальной плоскости на угол наклона винтовой передней поверхности фрезы.

Рабочую поверхность шлифовального круга устанавливают таким образом, чтобы её образующая находилась в плоскости, проходящей через ось фрезы с помощью шаблона (рис.11а). Такая установка соответствует заточке переднего угла $\gamma = 0$. Если угол $\gamma > 0$, то смещают стол станка от положения, соответствующего $\gamma = 0$, в сторону круга на величину

$$H = \frac{d_{a0} \cdot \sin \gamma}{2 \cos \varphi_k},$$

где φ_k – угол между образующей рабочей конической поверхности круга и плоскостью, перпендикулярной к его оси (рис. 11б).

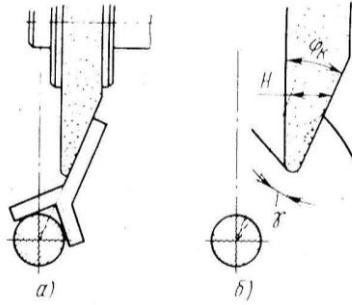


Рис. 11. Схема установки круга для затачивания передней поверхности червячной фрезы: а) с передним углом $\gamma = 0$; б) $\gamma > 0$

Предельная величина стачивания зуба фрезы не должна превышать

$$M = 0,7 B,$$

где B – толщина зуба новой фрезы (рис. 12). Тогда общее количество переточек определяется формулой

$$n_{II} = \frac{M}{\Delta}.$$

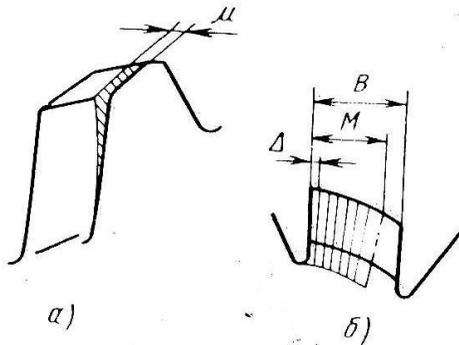


Рис. 12. Изнашивание зубьев червячной фрезы: а) характер изнашивания; б) схема заточки

Червячные фрезы классов точности *A*, *AA*, и *AAA* затачивают на цилиндрических оправках. Для чернового затачивания выбирают электрокорундовые круги зернистостью 40 на керамической связке К1, К2, твёрдостью *CM1...CM2*, структурой 5...8, а для чистового – зернистостью 25-16. В качестве СОЖ применяют эмульсию: аквол – 14 (6%), вода (94%).

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Укажите направления движения при нарезании зубчатых колёс червячными модульными фрезами.
2. Что такое затылование?
3. Что такое расчётное сечение?
4. Как определяется нормальный шаг?
5. Как найти величину осевого шага между зубьями?
6. Как определяется угол подъёма основной нитки по делительному диаметру в расчётном сечении?
7. Чему равна высота профиля зуба?
8. Как определяется падение затылка зуба фрезы?
9. С какой целью делается двойное затылование?
10. Чему равен угол профиля зуба?
11. Как определяется шаг стружечной канавки?
12. Укажите зависимость между задним углом по вершинам зубьев и боковым.
13. Как определяется делительный диаметр в расчётном сечении?
14. Как найти величину переднего угла?
15. Как определить величину заднего угла по вершинам зубьев?
16. Как определяется глубина стружечной канавки при одинарном и двойном затыловании?
17. Назовите основные операции по изготовлению червячных модульных фрез.
18. Как производится заточка винтовой передней поверхности фрезы?
19. Укажите допустимые величины износа зубьев фрезы.
20. Как определить угол установки линейки β при заточке фрезы?
21. Как устанавливается шлифовальный круг при заточке $\gamma=0$?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обмер, эскизирование и изучение конструкции червячных модульных фрез / Ю.А. Шабалин, М.Б.Сазонов. – Самара, СГАУ, 2006. – 27 с.
2. Нефёдов, Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту / Н.А. Нефёдов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1990. – 445 с.
3. ГОСТ 9324-80. Фрезы червячные модульные.
4. Барсов, А.И. Технология инструментального производства / А.И. Барсов. – М.: Машиностроение, 1975. – 272 с.
5. Режущий инструмент. Лабораторный практикум / под ред. Н.Н. Щеголькова. – М.: Машиностроение, 1985. – 164с.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Кафедра "Механическая
обработка материалов "

Студент _____

Группа _____

Дата _____

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА

Изучение конструкции и геометрии червячных модульных фрез

Эскиз червячной фрезы

Результаты измерений и расчётов

Элементы, необходимые при выборе фрезы для нарезания зубчатого колеса, присоединительные и габаритные размеры (определяются при осмотре фрезы по её маркировке, непосредственным подсчетом и измерением).

Таблица П1.1

Основные размеры фрезы

m_0	A_0	γ_{m0}	P_Z	Z_0	Z_1	d_{a0}	L	L_1	B	C_1	d	d_1	L
мм	град	град	мм	-	-	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм	мм

Таблица П1.2

Размеры профиля зубьев гребенки

Размер	H_0	h_{a0}	h_0	S_{n0}	P_{n0}	P_{x0}	α_0	P_{f0}	P_{a0}
	мм	мм	мм	мм	мм	мм	град	мм	мм
Измер.									
Расчёт									

Формулы для расчёта:

Таблица П1.3

**Элементы конструкции и геометрии зубьев режущих гребенок
и продольных стружечных канавок**

Раз- мер	H	K	K_I	A	d_{m0}	α_e	γ_e	α_N	λ_{m0}	P_Z	H_K	R	θ
	град	мм	мм	мм	мм	град	град	град	град	мм	мм	мм	мм
Изме- рение													
Рас- чёт													

Формулы для расчёта:

Ответы на контрольные вопросы.

Преподаватель _____

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П2.1

Цельные прецизионные фрезы класса точности АА (размеры в мм)

Модуль, m_0			Геометрические размеры					Число стружечных ка- навок Z_0									
Ряды																	
1	2	3	d_{a0}	D	D_1	L	l										
1,5			80	32	55	80	5	16									
	1,75																
2			90	40	60	90			14								
	2,25																
2,5			100		65	100											
	2,75																
3			112		50	70						112					
		3,25															
	3,5																
		3,75															
4			125			50	80					125					
		4,25															
	4,5																
5			140	60			85	140									
	5,5																
6			160				60	90		155							12
		6,5															
	7																
8			160		60			95		175			6				
	9																
10								180									

Таблица П2.2

**Цельные фрезы модулей 1...10 мм классов точности А, В, С, Д
и класса точности АА для экспортных поставок (размеры в мм).**

Модуль, m_0			Геометрические размеры				l	Число стружечных канавок, Z_0	
Ряды			d_{a0}	d	d_l	L			
1	2	3				исполнение			
1	2	3				1	2		
1,5			63	27	40	50	80		
	1,75					50	80		
2						50	90		
	2,25					56	90		
			71					63	100
2,5						63	100		
	2,75					71	100		
						71	112		
3			80	32	50	71	112		
		3,25				71	112		
						71	125		
3,5						80	125		
		3,75	90					80	140
4						80	140		
		4,25				90	140		
						90	140		
	4,5		90	32	50	90	140		
						90	140		
						100	140		
5						100	140		
	5,5		112			40	60	112	160
6								112	160
		6,5						118	160
								125	160
	7		125					132	180
8				132	180				
				150	180				
	9			140	180				
10				50	75		200		

**Основные размеры для крепления фрезы
на цилиндрической оправке, мм**

d^*	b^{**}	C_1	R	
			Номинальный	Предельные отклонения
8	2	8,9	0,4	-0,1
10	3	11,5		
13	3	14,6	0,6	-0,2
16	4	17,7		
19	5	21,1	1,0	-0,3
22	6	24,1		
27	7	29,8	1,2	-0,5
32	8	34,8		
40	10	43,5		
50	12	53,5	1,6	
60	14	64,2		
(70)	16	75	2,0	
80	18	85,5		
100	(24) 25	107	2,5	

Примечание: размеры, заключенные в скобках, применять не рекомендуется.

* Предельные отклонения диаметра отверстия – по Н6 или Н7, диаметра оправки – по $h5$ или $h6$.

** Предельные отклонения ширины шпоночного паза отверстия – по С11.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ЧЕРВЯЧНЫЕ МОДУЛЬНЫЕ ФРЕЗЫ.....	3
2. ИЗМЕРЕНИЕ И РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ, ЭСКИЗИРОВАНИЕ.....	6
3. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ МАРШРУТ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ.....	18
4. ЗАТОЧКА ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ.....	19
КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ.....	23
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	24
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 2.....	27

Учебное издание

**ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ГЕОМЕТРИИ
ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ**

Методические указания к лабораторной работе

Составители: ***Волков Александр Николаевич***
Сазонов Михаил Борисович
Шабалин Юрий Александрович

Редактор И.И. Спиридонова
Доверстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 20.04.2011 г. Формат 60 × 84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 2,0.
Тираж 300 экз. Заказ . Арт. С-М23/2011.

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

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

