

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине
для студентов направления
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
всех форм обучения

Часть 3

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 621.9.02(076.5)
ББК 34.63-5-02я73
Р33

Р е ц е н з е н т :

А.Г. Колесов - кандидат техн. наук, доцент кафедры ТМ

Составители: Д. Е. Сидоров, А. Ю. Тараховский

Р33 Режущий инструмент и его проектирование: методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине для студентов направления подготовки 15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» всех форм обучения : [В 3 ч.]. Ч. 3 / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Севастопольский государственный университет, Политехнический институт ; сост.: Д. Е. Сидоров, А. Ю. Тараховский. – Севастополь : СевГУ, 2021. – 24 с. – Текст : электронный.

Предназначены для оказания помощи студентам направления 15.03.05 "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств" при выполнении лабораторных работ по дисциплине «Режущий инструмент и его проектирование».

УДК 621.9.02(076.5)
ББК 34.63-5-02я73

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Технологии машиностроения», протокол № 8 от 12 февраля 2021 г.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 7. Изучение геометрии и конструкции резьбонарезных плашек.....	4
2. Лабораторная работа № 8. Изучение геометрии и конструкции зуборезных долбяков.....	10
3. Лабораторная работа № 9. Изучение геометрии и конструкции червячных модульных фрез.....	17
Библиографический список.....	24

1. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ РЕЗЬБОНАРЕЗНЫХ ПЛАШЕК

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры резьбонарезных плашек;
2. Ознакомиться со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров резьбонарезных плашек.

1.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Резьбонарезная плашка – это гайка, превращенная в режущий инструмент путем сверления стружечных отверстий и формирования на зубьях режущих перьев передних и задних углов.

Плашки применяют для нарезания наружных резьб на болтах, винтах, шпильках и других крепежных деталях.

По типу нарезаемой резьбы плашки подразделяются на плашки:

- для метрической резьбы;
- для круглой резьбы;
- для конической резьбы и др.

По форме наружной поверхности плашки бывают:

- круглые;
- квадратные;
- шестигранные;
- трубные.

Для слесарных работ они делаются разрезными и зажимаются в воротках.

Самое широкое применение нашли плашки круглые, как наиболее технологичные и простые в эксплуатации. Они изготавливаются из калиброванных прутков быстрорежущей стали.

1.1.1. Конструктивные и геометрические параметры круглой плашки

К основным конструктивным элементам круглых плашек относятся (рисунок 1.1): наружный диаметр плашки D , наружный диаметр резьбы d , внутренний диаметр резьбы d_1 , толщина (ширина) плашки H , диаметры стружечных отверстий d_0 и окружности их центров d_y , ширина просвета c , ширина пера B_1 , минимальная толщина стенки (ширина перемычки) e , режущая часть l_1 , калибрующая часть l_2 , шаг P , число стружечных отверстий.

Геометрические параметры плашки: передний угол γ , задний угол α и угол заборного конуса φ .

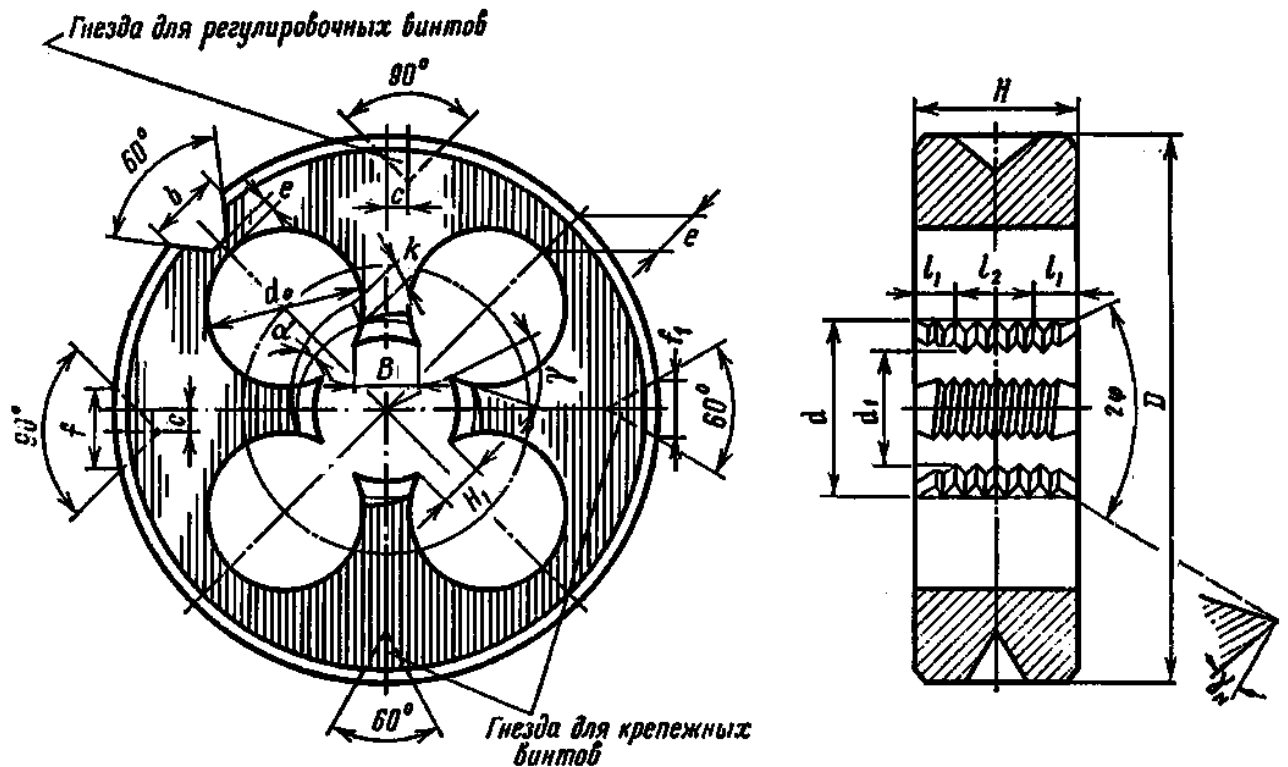


Рисунок 1.1 – Круглая резьбонарезная плашка

Режущая часть (рис. 1.2) выполняет основную работу по удалению металла из впадины резьбы. Плашки имеют две режущие части с каждого ее торца длиной l_1 , что обеспечивает увеличение срока ее службы.

Калибрующая часть плашки предназначена для калибрования резьбы. Она влияет на направление и самоподачу инструмента в процессе резания. Шлифовать резьбу на ней и тем более проводить затылование невозможно. Поэтому задние углы на зубьях равны нулю. Точность нарезаемой резьбы из-за погрешностей, вызванных термообработкой, невысока – не более $6h$, $8h$.

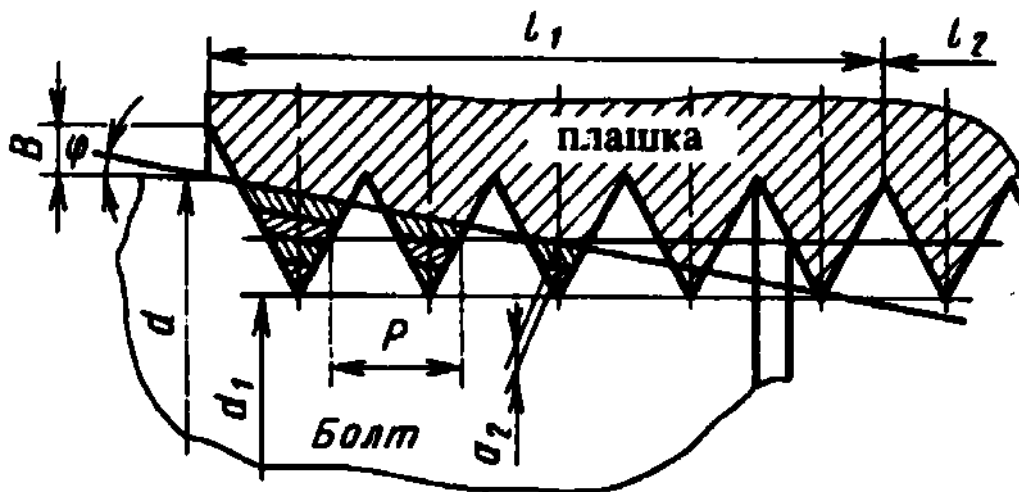


Рисунок 1.2 – Режущая часть плашки

Угол конуса φ и длина режущей части l_1 , зависят от материала заготовки. Режущую часть плашек затачивают по передней и задней поверхностям.

Главный передний угол γ (рис. 1.3) задают на внутреннем диаметре резьбы и назначают в зависимости от материала детали. Две формы передней поверхности показаны на рисунке 1.3.

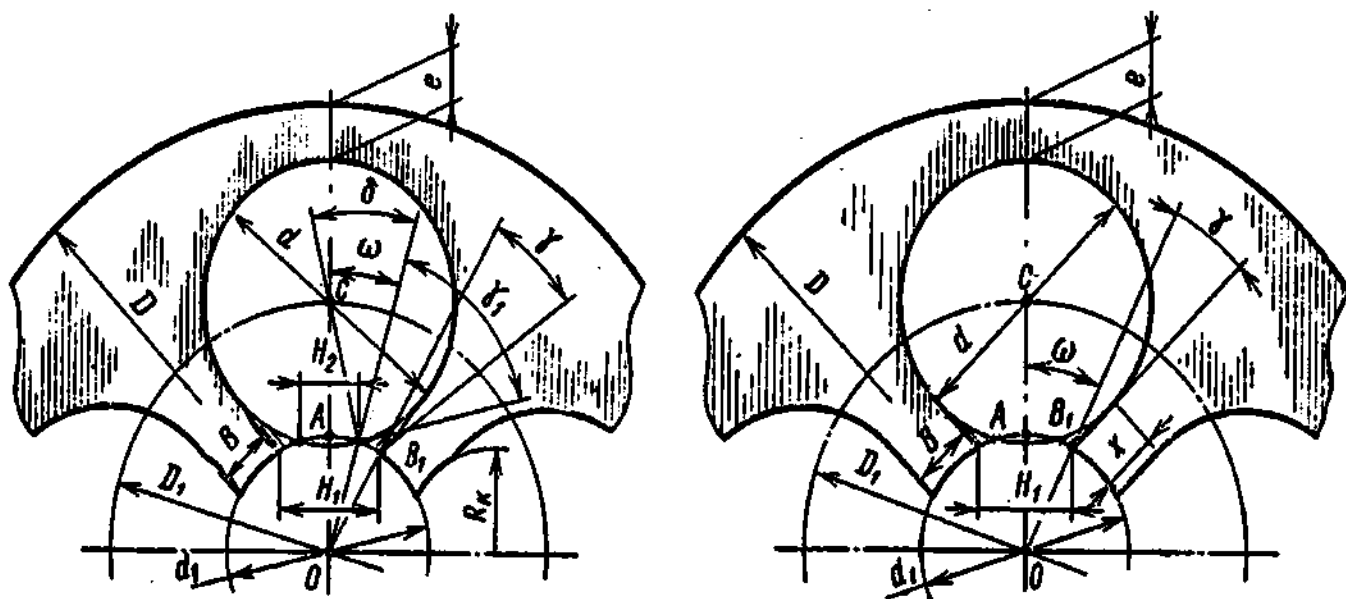


Рисунок 1.3 – Формы передней поверхности плашки

Главный задний угол α (рис. 1.3) на режущей части задают также по внутреннему диаметру. Угол α определяется величиной затылования:

$$K = \frac{\pi d_1}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где d_1 – внутренний диаметр плашки, мм; z – число перьев (отверстий) плашки.

По калибрующей части плашки не затылуются, и вспомогательный задний угол $\alpha_1 = 0^\circ$. Вспомогательный передний угол γ_1 соответствует главному переднему углу γ , в силу специфики заточки.

Длина рабочей части определяет ширину плашки H .

$$H = 2l_1 + l_2.$$

Наружный диаметр плашки D определяется внутренним диаметром резьбы d_1 , диаметром стружечных отверстий d_0 и шириной перемычки e , определяющей прочность корпуса плашки:

$$D = d_1 + 2d_0 + 2e.$$

Число перьев (стружечных отверстий) в зависимости от диаметра резьбы $d = 1...80$ мм принимается $z = 3...12$.

Угол наклона режущей кромки к оси λ , (рис. 1.4) оказывает влияние на направление схода стружки. При $\lambda = 0^\circ$ (рис. 1.4, а) стружка остается в канавке, при $\lambda < 0^\circ$ (рис. 1.4, б) плашка направляет стружку вперед.

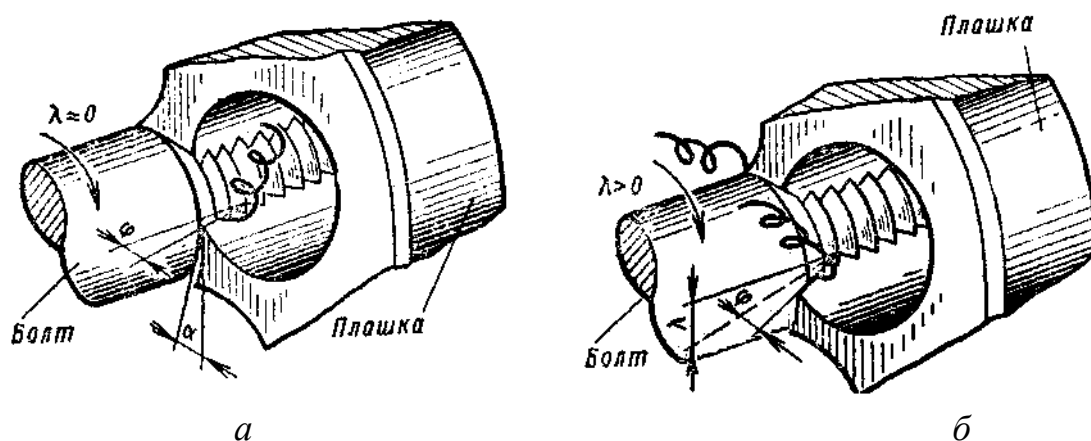


Рисунок 1.4 – Угол наклона режущей кромки к оси

Элементы крепления плашек (рис. 1.5):

Плашки закрепляются или в воротке (при ручной работе), или в патроне. Для крепления плашки на ее наружной поверхности выполняют три или четыре конических углубления. Нижние гнезда с углом конуса 60° выполнены под установочный винт 1. Верхние гнезда с углом 90° поджимные, они смещены от оси на величину $0,5...2$ мм для лучшего закрепления плашки винтами 2 и 3. У новых плашек сверху делается паз, перемычка которого разрезается после двух-трех переточек (под винт 4). Поджимные гнезда после удаления перемычки позволяют с помощью винтов 2, 3, 4 регулировать диаметр нарезаемой резьбы.

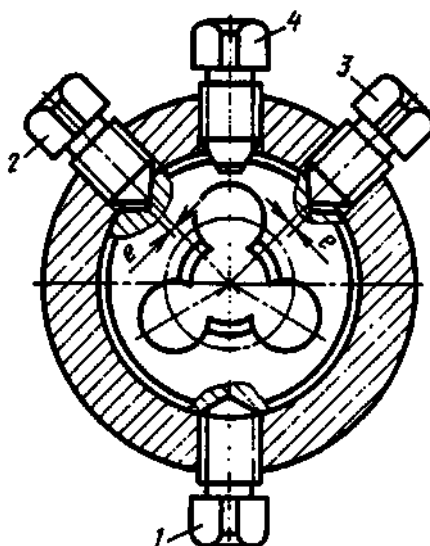


Рисунок 1.5 – Крепление плашки

1.1.2. Измерение плашек

Для измерения геометрических и конструктивных элементов плашки используют следующий измерительный инструмент: измерительную линейку,

универсальный угломер, штангенциркуль.

Наружный диаметр D , диаметр стружечных отверстий d_0 , ширина пера B_1 , ширина перемычки e , ширина просвета c , ширина плашки H – штангенциркулем или измерительной линейкой.

Шаг резьбы P – обозначен на торце плашки или измеряют резьбомером, штангенциркулем.

Длина режущей части l_1 – измерительной линейкой.

Длина калибрующей части l_2 определяется по формуле:

$$l_2 = H - 2l_1.$$

Наружный диаметр резьбы d обозначен на торце плашки.

Внутренний диаметр резьбы d_1 – штангенциркулем или измерительной линейкой.

Угол конуса φ измеряют универсальным угломером.

Главный передний угол γ определяется графическим путем и рассматривается между лучом OB_1 (точка B_1 лежит на внутреннем диаметре резьбы d_1 плашки (см. рисунок 1.3) и касательной к передней поверхности, восстановленной из точки B_1 .

Главный задний угол α плашки определяется в плоскости, перпендикулярной оси плашки, задний угол α_N (см. рисунок 1.1) – в плоскости перпендикулярной образующей заборного конуса. Между углами α и α_N существует зависимость:

$$\alpha_N = \operatorname{arctg}(\operatorname{tg} \alpha \cdot \cos \varphi).$$

Для расчетов обычно принимают $\alpha = 6^\circ$.

Угол резания плашки определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - \gamma.$$

Угол заострения определяют по формуле:

$$\beta = 90^\circ - (\gamma + \alpha).$$

1.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз плашки с указанием конструктивных элементов и геометрии режущей и калибрующей частей;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров плашки. Результаты измерения занести в таблицу 1.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 1.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Наименование инструмента	
Материал инструмента	
Наружный диаметр плашки D , мм	
Наружный диаметр резьбы плашки d , мм	
Внутренний диаметр резьбы плашки d_1 , мм	
Ширина плашки H , мм	
Длина режущей части l_1 , мм	
Длина калибрующей части l_2 , мм	
Шаг резьбы P , мм	
Число стружечных отверстий, шт.	
Диаметр стружечных отверстий d_0 , мм	
Ширина пера B_1 , мм	
Ширина перемычки e , мм	
Ширина просвета c , мм	
Главный передний угол γ , град.	
Главный задний угол α , град.	
Угол заострения β , град.	
Угол резания δ , град.	
Угол заборной части 2φ , град.	

1.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 1.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз плашки с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) измерить геометрические и конструктивные элементы резьбонарезных круглых плашек и составить протокол измерений (таблица 1.1);
- г) выводы по работе.

1.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое плашка?
2. Назначение плашек.
3. Назовите основные конструктивные элементы плашки.
4. Назовите основные геометрические элементы плашки.
5. Какие приборы применяются для измерения геометрических и конструктивных элементов плашки?

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ЗУБОРЕЗНЫХ ДОЛБЯКОВ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

3. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры зуборезных долбяков;

4. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров зуборезных долбяков.

2.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Долбяк – это режущий инструмент, выполненный в виде зубчатого колеса, у которого вершины и боковые стороны зубьев снабжены передними и задними углами.

Зуборезные долбяки применяют для нарезания зубьев прямозубых, косозубых и шевронных колес, а также колес внутреннего зацепления на специальных зубодолбежных станках. Долбяки незаменимы при нарезании зубьев в упор, например на блочных колесах или колесах с фланцами. Следует отметить их высокую технологичность, возможность достижения высокой точности при изготовлении и широкую универсальность в применении.

Изготавливают долбяки из быстрорежущей стали и очень редко снабжают твердосплавными пластинами.

Стандартные долбяки (ГОСТ 9323–79) изготавливаются трех классов точности АА, А и В для нарезания колес соответственно 6, 7 и 8-й степеней точности.

По методу крепления зуборезных долбяков на станке различают: *дисковые* (рисунок 2.1, а), *чашечные* (рисунок 2.1, б), *втулочные* (рисунок 2.1, в) и *хвостовые* (рисунок 2.1, г) долбяки.

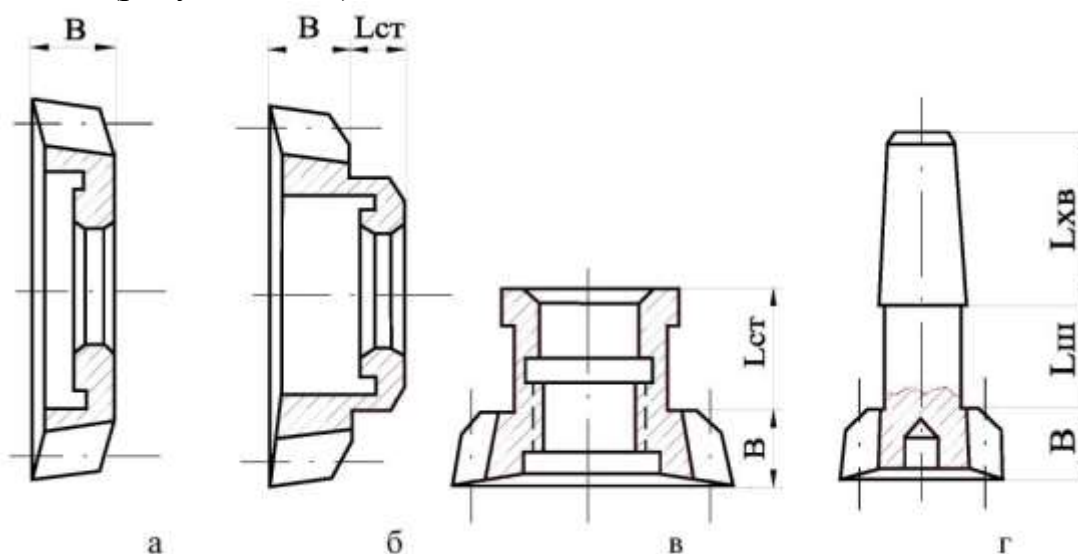


Рисунок 2.1 – Зуборезные долбяки

На рисунке 2.2 показана схема работы долбяка.

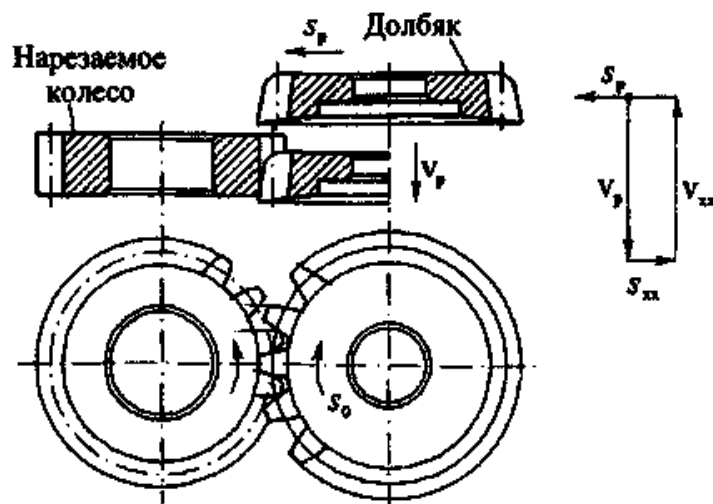


Рисунок 2.2 – Схема работы зуборезного долбяка

Долбяк крепится на штосселе специального зубодолбежного станка и работает по методу обкаточного огибания. Движение резания V_p (главное движение) долбяк осуществляет при перемещении вниз вдоль оси, затем следует холостое движение вверх и поворот долбяка относительно заготовки, т.е. происходит обкат инструмента и заготовки по начальным окружностям без скольжения. Перед холостым ходом вверх (V_{xx}) долбяк отводится на небольшое расстояние S_{xx} от заготовки во избежание трения задней поверхности об обработанную поверхность. Таким образом, долбяк осуществляет возвратно-поступательные движения и вращательное относительно своей оси.

Подача (круговая), определяющая толщину слоя, срезаемого боковыми режущими кромками, осуществляется при относительном вращении долбяка и заготовки и измеряется по делительной окружности – S_0 [мм/дв.ход]. Кроме того, долбяк получает радиальную подачу при врезании в заготовку S_p [мм/дв.ход].

К числу недостатков долбяков следует отнести: сложность кинематики зубодолбежных станков, ограничения применяемости по числу зубьев нарезаемых колес из-за вносимых погрешностей в их профиль.

2.1.1. Конструктивные элементы и геометрические параметры зуборезных долбяков

Зуб долбяка имеет *три режущие кромки*: одну при вершине и две боковые, очерченные по эвольвенте.

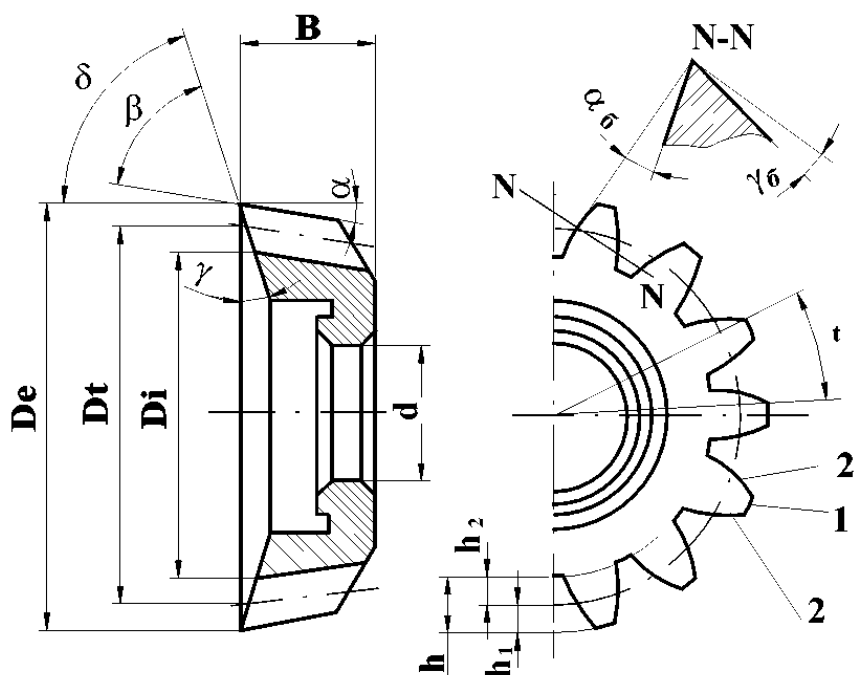


Рисунок 2.3 – Конструктивные параметры долбяка

У долбяка различают передние и задние углы для вершинной и боковых режущих кромок.

Углы α и γ являются соответственно *задним и передним углами при вершине*, здесь они рассматриваются в диаметральной плоскости долбяка.

Углы α_0 и γ_0 являются *задним и передним углами боковой режущей кромки*; они рассматриваются в плоскости NN , проходящей через точку на делительной окружности и являющейся касательной к основной окружности диаметром D_t .

К конструктивным параметрам долбяка относят: модуль m , угол зацепления α_0 , наружный диаметр D_e , внутренний диаметр D_i , делительный диаметр D_t , высота головки h_1 , высота ножки h_2 , высота зуба h , углом наклона зуба ω , шаг t , толщина зуба по делительной окружности S (рисунок 2.3).

2.1.2. Измерение зуборезного долбяка

При измерении геометрических и конструктивных параметров зуборезного долбяка придерживаются следующего порядка:

Модуль m и угол зацепления α_0 долбяка, а также материал, из которого изготовлен долбяк, обозначены на торце.

Наружный диаметр D_e долбяка измеряют штангенциркулем.

Ширину рабочей части B , длину ступицы $L_{СТ}$, длину шейки $L_{Ш}$ и

хвостовика L_{XB} – измерительной линейкой или штангенциркулем.

Высоту головки h_1 зуба принимают равной высоте ножки h_2 нарезаемого зуба и определяют по формуле:

$$h_1 = h_2 = 1,25m.$$

Высота зуба h определяется по формуле:

$$h = h_1 + h_2 = 2,5m$$

Шаг t рассчитывают по делительной окружности:

$$t = \frac{\pi D_t}{z},$$

где z – число зубьев; D_t – делительный диаметр, мм.

Делительный диаметр D_t определяют по формуле:

$$D_t = D_e - 2h_1 = D_i + 2h_2.$$

Внутренний диаметр фрезы D_f определяют по формуле:

$$D_i = D_e - 2h.$$

Толщину зуба S измеряют по делительной окружности специальным зубомером (рисунок 2.4).

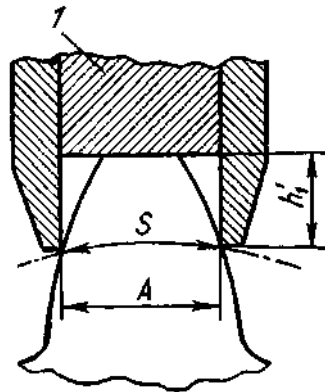


Рисунок 2.4 – Измерение толщины зуба S

Как видно из чертежа, зубомером можно измерять толщину зуба долбяка не по дуге делительной окружности S , а по хорде A , но тогда измерение приведет к ошибке. Для исправления этой ошибки устанавливают верхний упор зубомера 1 по вертикальной шкале на высоту:

$$h_1' = h_1 k,$$

где h_1 – высота головки зуба, мм; k – поправочный коэффициент, выбираемый в зависимости от числа зубьев долбяка. Значение коэффициента k выбирают по таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Значение поправочного коэффициента

Число зубьев колеса	Коэффициент k	Число зубьев колеса	Коэффициент k	Число зубьев колеса	Коэффициент k
10	1,0615	22	1,0280	38	1,0162
11	1,0559	23	1,0268	40	1,0154
12	1,0553	24	1,0256	42	1,0146
13	1,0473	25	1,0245	45	1,0137
14	1,0440	26	1,0237	48	1,0128
15	1,0410	27	1,0228	50	1,0123
16	1,0385	28	1,0220	55	1,0112
17	1,0362	29	1,0212	80	1,0077
18	1,0342	30	1,0206	135	1,0045
19	1,0324	32	1,0192	Рейка	1,0000
20	1,0308	34	1,0183		
21	1,0293	35	1,0176		

Передний угол γ и задний угол α для вершинной режущей кромки измеряют универсальным угломером или маятниковым угломером (рисунок 2.5).

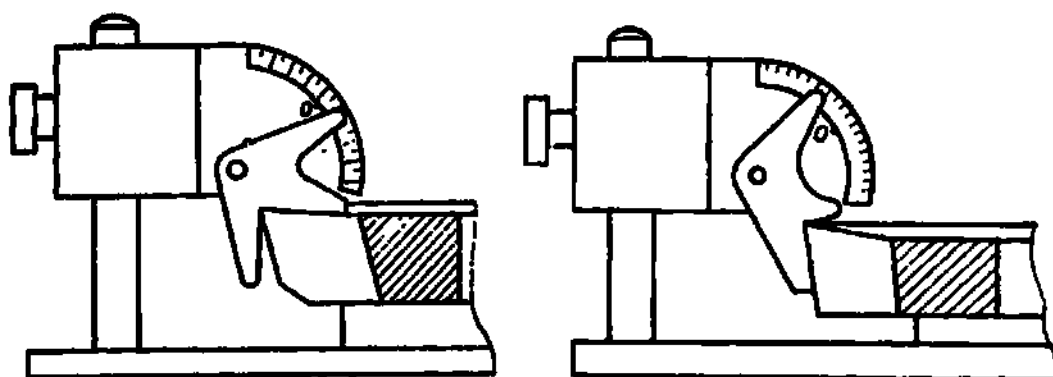


Рисунок 2.5 – Измерение переднего и заднего углов при вершине

Задний угол α_δ для боковых режущих кромок определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_\delta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_0,$$

где α – задний угол режущей кромки при вершине, град; α_0 – угол зацепления, град ($\alpha_0 = 20^\circ$).

Угол резания фрезы определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - \gamma.$$

Угол заострения определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - (\alpha + \gamma).$$

Угол наклона зуба ω (у прямозубого долбяка $\omega = 0^\circ$, у косозубого долбяка ($\omega \neq 0^\circ$)) измеряют универсальным угломером.

2.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз зуборезного долбяка с указанием конструктивных и геометрических элементов;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров инструмента. Результаты измерения занести в таблицу 2.2;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 2.2 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Тип долбяка	
Материал инструмента	
Класс точности	
Модуль m , мм	
Диаметр наружный D_e , мм	
Делительный диаметр D_o , мм	
Внутренний диаметр D_f , мм	
Ширина B , мм	
Длина ступицы L_{CT} , мм	
Длина шейки $L_{ш}$, мм	
Длина хвостовика L_{XB} , мм	
Число зубьев z	
Шаг t , мм	
Высота зуба h , мм	
Высота головки h_1 , мм	
Высота ножки h_2 , мм	
Толщина зуба S , мм	
Передний угол при вершине γ , град.	
Задний угол при вершине α , град.	
Угол заострения β , град.	
Угол резания δ , град.	
Задний угол боковых режущих кромок α_B , мм	
Угол наклона зуба ω , град.	

2.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 2.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз протяжки с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 2.2);
- г) выводы по работе.

2.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое долбяк?
2. Назначение зуборезный долбяков.
3. Классификация долбяков.
4. Назовите основные конструктивные элементы долбяков.
5. Назовите основные геометрические элементы долбяков.
6. Какие приборы применяются для измерения углов долбяков?

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 9

ИЗУЧЕНИЕ ГЕОМЕТРИИ И КОНСТРУКЦИИ ЧЕРВЯЧНЫХ МОДУЛЬНЫХ ФРЕЗ

(Продолжительность выполнения – 2 часа)

Цель работы:

1. Изучить основные конструктивные элементы и геометрические параметры червячных модульных фрез;
2. Ознакомление со средствами и техникой измерения конструктивных элементов и геометрических параметров червячных модульных фрез.

3.1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Червячные зуборезные фрезы – это многолезвийные инструменты реечного типа, работающие по методу обката. Они изготавливаются на базе червяка, в котором для образования зубьев прорезаны стружечные канавки. При пересечении с витками червяка они образуют переднюю поверхность в виде рейки. Задние углы на зубьях создаются, как правило, затылованием, что облегчает переточку фрезы в процессе эксплуатации. Так как рейки находятся на витках червяка, то при вращении последнего режущие кромки зубьев получают не только движение вокруг оси фрезы, но и непрерывное смещение вдоль ее оси. Таким образом, червячная фреза является инструментом с конструктивным движением обката или инструментом с бесконечной рейкой, находящейся в зацеплении с нарезаемым колесом.

Способ фрезерования зубчатых колес имеет широкое распространение в промышленности благодаря своей универсальности, высокой производительности и точности. Одной и той же фрезой данного модуля можно нарезать колеса с различным числом зубьев, что значительно сокращает число типоразмеров фрез. Благодаря непрерывности процесса обката достигаются высокая производительность и точность колес по шагу. Обработка ведется на специальных зубофрезерных станках, обеспечивающих вращение фрезы и заготовки вокруг своих осей и движение подачи фрезы вдоль оси нарезаемого колеса.

По точности червячные фрезы изготавливаются классов ААА и АА (прецизионные) А, В, С и Д (общего назначения) и предназначены для нарезания колес 5 – 9-й степеней точности.

Кроме того, фрезы подразделяются:

- а) по числу заходов червяка – на одно- и многозаходные;
- б) по направлению витков – правые (для нарезания прямозубых и правозаходных колес) и левые (для нарезания одноименных косозубых колес);
- в) по способу крепления – насадные и хвостовые (для червячных колес);
- г) по конструкции – цельные и сборные;

д) по технологии изготовления – с нешлифованными и шлифованными поверхностями зубьев.

Принцип работы червячных фрез. Процесс зубонарезания червячной фрезой подобен процессу зацепления двух зубчатых колес. При этом червяк можно рассматривать как колесо с винтовыми зубьями, число которых равно числу заходов. Оси червяка и колеса скрещиваются в пространстве (рис. 3.1).

В процессе зубонарезания фреза и колесо вращаются вокруг своих осей, а движение подачи вдоль оси колеса осуществляется перемещением.

Червячная модульная фреза предназначена для нарезания на специальных зубофрезерных станках цилиндрических зубчатых колес с прямыми и косыми зубьями, червячных колес и конических колес с криволинейными зубьями.

Схема обработки зубчатого колеса с прямыми зубьями червячной фрезой показана на рисунке 3.1. Червячную фрезу 1 закрепляют на оправке; ось ее должна быть установлена под углом φ по отношению к плоскости, перпендикулярной к оси обрабатываемой детали 2. Фреза имеет вращательное движение вокруг своей оси и поступательное вдоль оси детали. Деталь, закрепленная на столе станка, имеет только вращательное движение вокруг своей оси, строго согласованное с вращением червячной фрезы.

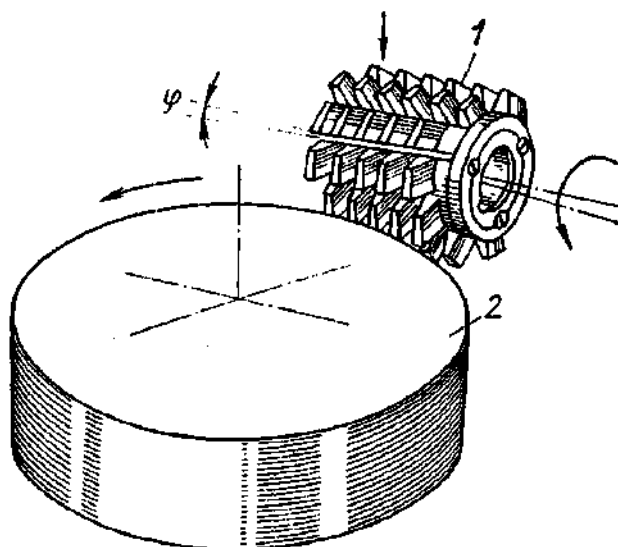


Рисунок 3.1 – Схема обработки зубчатого колеса

3.1.1. Конструктивные элементы и геометрические параметры червячных модульных фрез

Червячная модульная фреза представляет собой червяк, у которого прорезаны под некоторым углом к оси ω канавки для схода стружки и для образования режущих кромок (рисунок 3.2).

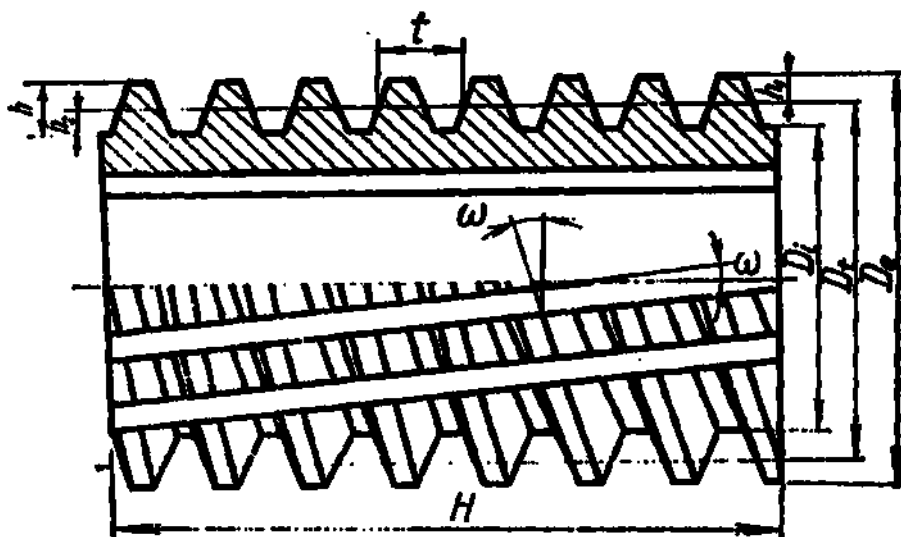


Рисунок 3.2 – Червячная модульная фреза

К конструктивным параметрам червячных модульных фрез относят: модуль m , угол зацепления α_0 , наружный диаметр D_e , внутренний диаметр D_i , делительный диаметр D_t , высота головки h_1 , высота ножки h_2 , высота зуба h , углом подъема винтовой канавки ω , шаг t , толщина зуба по делительной окружности S (рис. 3.2).

3.1.2. Измерение червячной модульной фрезы

При измерении геометрических и конструктивных параметров червячной модульной фрезы придерживаются следующего порядка:

Модуль m и угол зацепления α_0 , а также материал, из которого изготовлена фреза, обозначены на торце фрезы.

Наружный диаметр D_e фрезы измеряют штангенциркулем.

Высота головки h_1 – расстояние от окружности выступов до начальной окружности.

Высота ножки h_2 – расстояние от начальной окружности до окружности впадин.

Высота зуба h – это расстояние от окружности выступов до окружности впадин и равна сумме высот h_1 головки и h_2 ножки.

Высоту головки h_1 зуба принимают равной высоте ножки h_2 нарезаемого зуба и определяют по формуле:

$$h_1 = h_2 = 1,25m.$$

Высота зуба h определяется по формуле:

$$h = h_1 + h_2 = 2,5m.$$

Шаг t_n в нормальном сечении определяют по формуле:

$$t_n = \pi m,$$

где m – модуль зацепления.

Толщину зуба S_n в нормальном сечении измеряют специальным зубомером (рисунок 3.3). Для этого вертикальный упор 1 зубомера устанавливают на высоте головки зуба, равной $1,25m$. Боковые ножки 2 зубомера замеряют толщину зуба S_n .

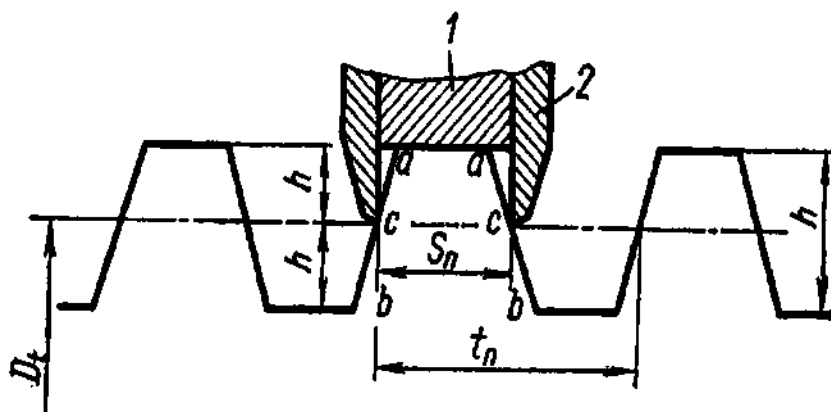


Рисунок 3.3 – Определение толщины зуба в нормальном сечении

Ширину фрезы H измеряют измерительной линейкой.

Червячная модульная фреза принадлежит к группе фрез с затылованным зубом, т.е. у нее режущий зуб по задней поверхности очерчен по архимедовой спирали (рис. 3.4, а), обеспечивающей постоянство профиля режущих кромок после переточки.

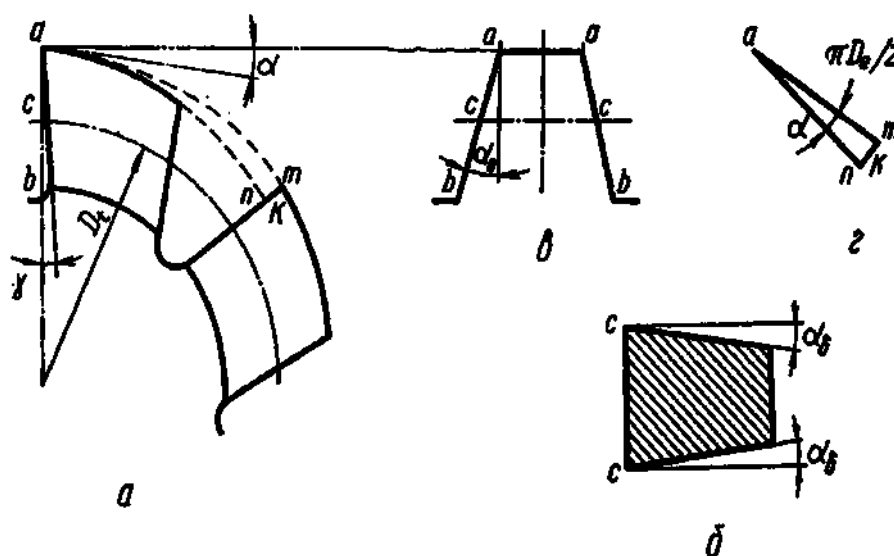


Рисунок 3.4 – Геометрические параметры червячной модульной фрезы

Зуб червячной фрезы имеет три режущих кромки – одну при вершине aa

и две боковые ab (рисунок 3.4, в).

Задний угол α , для режущей кромки при вершине aa , определяется как угол между касательной линией к окружности фрезы и касательной к задней поверхности (рисунок 3.4, а).

Передний угол γ определяется как угол между передней поверхностью и радиальным направлением, проходящим через вершину зуба. Для чистовых фрез обычно угол $\gamma = 0^\circ$.

Задний угол α_δ , для боковых режущих кромок ab , определяется из развертки на плоскость делительного цилиндра диаметра D_t (рис. 3.4, б).

Задний угол α режущей кромки при вершине определяют с помощью индикатора, для чего используют установку, состоящую из плиты, стойки и делительной головки (рис. 3.4). Фрезу 3 закрепляют на оправке 4. Делительная головка 1 дает возможность определить угол поворота фрезы ψ , соответствующий дуге a и падению затылка b_0 . Величину b_0 определяют с помощью индикатора 2, а дугу окружности a вычисляют по формуле:

$$a = \frac{\pi \cdot D_e}{360} \psi,$$

где D_e – наружный диаметр фрезы, мм; ψ – угол поворота фрезы, отсчитываемый на делительной головке, град.

У затылованного зуба фрезы различают также *величину затылования K* , которую определяют из выпрямленного треугольника Δamn (рисунок 3.4, г):

$$K = \frac{\pi D_e}{z} \operatorname{tg} \alpha,$$

где D_e – наружный диаметр фрезы, мм; z – число зубьев фрезы; α – задний угол режущей кромки при вершине, град.

Из рассмотрения выпрямленного треугольника Δmhp имеем:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b_0}{a}.$$

Следовательно, *величина заднего угла при вершине α* определяется по формуле:

$$\alpha = \operatorname{arctg} \frac{360 \cdot b_0}{\pi \cdot D_e \cdot \psi}.$$

Задний угол α_δ боковых режущих кромок определяется по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha_\delta = \operatorname{tg} \alpha \cdot \operatorname{tg} \alpha_0,$$

где α – задний угол режущей кромки при вершине, град; α_0 – угол зацепления, град ($\alpha_0 = 20^\circ$).

Угол резания фрезы определяют по формуле:

$$\delta = 90^\circ - \gamma.$$

Угол заострения определяют по формуле

$$\delta = 90^\circ - (\alpha + \gamma)$$

Глубину стружечной канавки H_0 (рисунок 3.5) измеряют штангенциркулем.

Радиус закругления стружечной канавки r (рисунок 3.5) определяют по формуле

$$r = H_0 - (K + h),$$

где K – величина затылования; h – высота зуба, мм; H_0 – глубина стружечной канавки, мм.

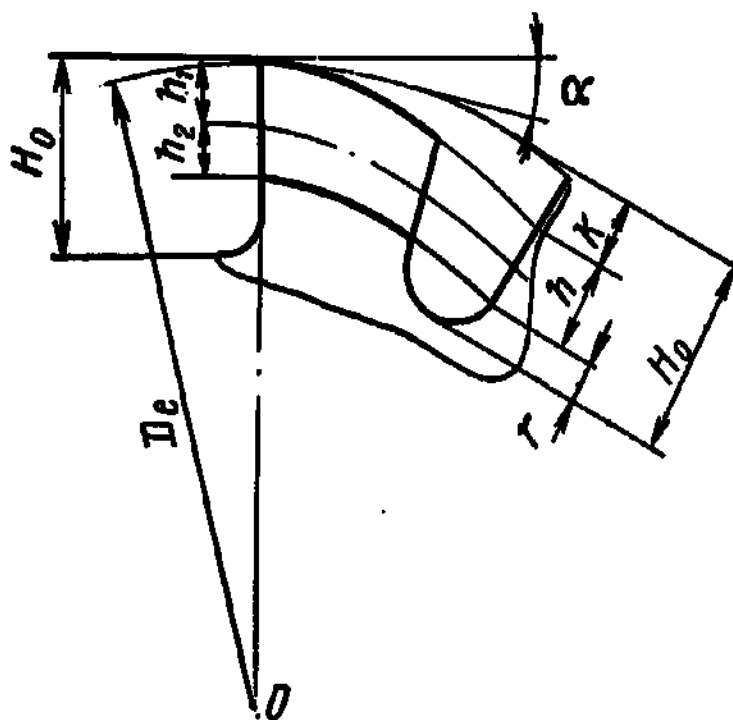


Рисунок 3.5 – Конструктивные параметры зуба червячной модульной фрезы

Внутренний диаметр фрезы D_i определяют по формуле:

$$D_i = D_e - 2h.$$

Делительный диаметр D_t определяют по формуле:

$$D_t = D_e - 2h_1 = D_i + 2h_2.$$

3.2. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Нарисовать эскиз червячной модульной фрезы с указанием конструктивных и геометрических элементов;
2. Произвести необходимые измерения конструктивных элементов и геометрических параметров инструмента. Результаты измерения занести в таблицу 3.1;
3. Составить отчет о проделанной работе.

Таблица 3.1 – Протокол измерений

Показатель	Значение
Наименование инструмента	
Материал инструмента	
Диаметр наружный D_e , мм	
Делительный диаметр D_o , мм	
Внутренний диаметр D_f , мм	
Ширина H , мм	
Число зубьев z	
Шаг t , мм	
Высота зуба h , мм	
Высота головки h_1 , мм	
Высота ножки h_2 , мм	
Толщина зуба S , мм	
Глубина стружечной канавки H_0 , мм	
Радиус закругления стружечной канавки r , мм	
Величина затылования K , мм	
Передний угол при вершине γ , град.	
Задний угол при вершине α , град.	
Угол заострения β , град.	
Угол резания δ , град.	
Задний угол боковых режущих кромок α_B , мм	
Угол подъема винтовой канавки ω , град.	

3.3. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет содержит:

- а) основные теоретические положения, изложенные в разделе 3.1 настоящих методических указаний;
- б) эскиз червячной модульной фрезы с указанием всех углов и геометрических размеров;
- в) заполненный протокол измерений (таблица 3.1);
- г) выводы по работе.

3.4. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Назначение червячной модульной фрезы.
2. Назовите основные конструктивные элементы червячной модульной фрезы.
3. Назовите основные геометрические элементы червячной модульной фрезы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ 25751-83. Государственный стандарт. Инструменты режущие. Термины и определения общих понятий.
2. ГОСТ 9740-71 Плашки круглые. Технические условия.
3. ГОСТ 9323-79 Долбяки зуборезные чистовые. Технические условия.
4. ГОСТ 9324-2015 Фрезы червячные цельные чистовые для цилиндрических зубчатых колес с эвольвентным профилем. Технические условия.
5. Кожевников Д.В. Режущий инструмент: учебник для вузов / Д.В. Кожевников ; под общ. ред. С.В. Кирсанова. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2014. – 520 с.: ил.

РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ И ЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЕ

*Методические указания
к выполнению лабораторных работ по дисциплине*

Часть 3

*Составители : Сидоров Денис Евгеньевич,
Тараховский Алексей Юрьевич*

В авторской редакции

Изд. № 102/2021. Объем 1,5 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»