

УДК 621.7-1/-9

**В. С. Парненко**, ассистент  
НТУУ «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина  
Тел. +380505398376; E-mail: art@artograph.com.ua

## КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ МАШИНОСТРОЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ПРОФИЛЯ ЗУБЬЕВ

В статье приведена классификация изделий машиностроения, имеющие прямолинейный профиль зубьев. Многозубые детали прямолинейного профиля в машиностроении получили широкое распространение, поэтому рассмотрены детали, имеющие равномерный и неравномерный шаг, а так же детали без поднутрения и имеющие поднутрения профиля зуба. Приведены особенности конструкции и форма профиля зубьев, а так же примерные области использования данных деталей.

**Ключевые слова:** многозубые детали, прямолинейный профиль, зубья, впадины, поднутрения.

### 1. Введение

Для решения задачи разработки новых конструкций режущего инструмента и особенно разработки и изготовления такого инструмента, как дисковых пил, и учитывая что, в общем случае, они относятся к зубчатым изделиям прямолинейной формы, необходимо классифицировать, в общем, конструктивные особенности и геометрические параметры деталей с прямолинейным профилем зубьев.

Такой подход позволяет выявить их общие элементы и способы изготовления для разработки новых конструкций, в частности, дисковых пил.

### 2. Основное содержание и результаты работы

Многозубые детали прямолинейного профиля в машиностроении получили широкое распространение. К таким деталям относятся многозубые рейки, шлицевые валы, многогранные валы, храповые колеса, фрезы дисковые двухсторонние и трехсторонние, фрезы пазовые и отрезные, развертки и ряд других режущих инструментов. Эти детали имеют прямолинейный профиль зубьев. Рассматриваемые зубчатые детали могут быть с прямыми, наклонными и винтовыми канавками, с равномерным и неравномерным шагом зубьев.

Наибольшее распространение в практике получили детали с равномерным шагом зубьев. Однако в ряде случаев использование неравномерного шага зубьев дает положительный эффект.

К многозубым деталям прямолинейного профиля не имеющим поднутрения можно отнести делительные диски, используемые в делительных головках. Угол профиля  $\beta$  принимается равным  $30^\circ$ .

Большое распространение в машиностроении получили так же шлицевые соединения, которые так же можно отнести с многозубым деталям. Наружный диаметр таких соединений колеблется от 14 до 125мм. В соединениях с треугольным профилем число зубьев  $Z = 24, 36$  и более, а угол профиля  $\beta = 60^\circ, 72^\circ$  и  $90^\circ$ , в прямобочных соединениях число зубьев  $Z = 6, 8, 10, 12$ .

К многозубым деталям относятся так же звездочки в цепных передачах. Они имеют прямолинейный профиль зубьев и дуговой профиль впадин. Число зубьев таких звездочек может быть  $Z = 19-96$  и угол профиля  $\beta=38-56^\circ$ .

К многозубым деталям, имеющим поднутрения профиля зуба относятся храповые колеса, фрезы дисковые двух и трехсторонние, фрезы пазовые и отрезные, фрезы угловые, развертки и ряд других режущих инструментов. Эти детали, как правило, имеют прямолинейный профиль зубьев.

Храповые колеса имеют сравнительно большие диаметры, от 100?200 мм и число зубьев более 100. Угол профиля  $\beta=45^\circ?60^\circ$ .

Фрезы дисковые двух, трехсторонние и пазовые изготавливают диаметром 50?100 мм и числом зубьев  $Z=12?20$ .

Фрезы прорезные и отрезные имеют диаметры 20?315 мм и число зубьев у них доходит до 200.

Типовые профили зубьев дисковых фрез показаны на рисунке 1.

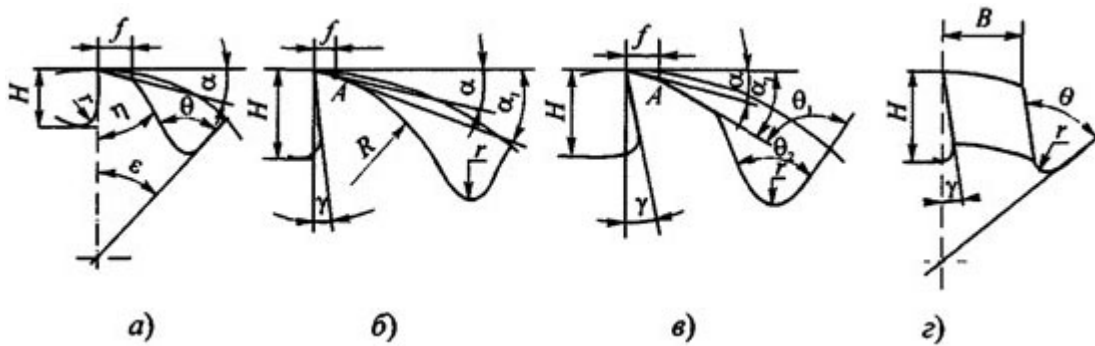


Рис. 1. Типовые профили зубьев дисковых фрез.

а – трапециевидная; б – параболическая; в – усиленная; г – затылованный зуб.

Н – высота зуба; r – радиус закругления впадины зуба; f – ширина фаски;  $\eta$  - угол остроты зуба;  $\alpha$  – задний угол;  $\theta$  - угол впадины между зубьями;  $\epsilon$  - угловой шаг зубьев;  $\gamma$  - передний угол

Таблица 1. Классификация многозубых деталей прямолинейного профиля. Многозубые детали, не имеющие поднутрения профиля зуба

<b>1. Зубчатые рейки</b>	
<b>Особенности конструкции и форма профиля зубьев</b>	
Рис. 2. Внешний вид зубчатой рейки.	

Продолжение таблицы 1.

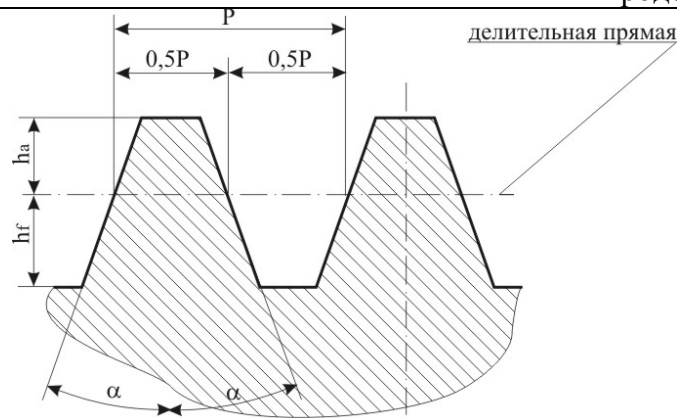


Рис. 3. Профиль зубьев зубчатой рейки

(Угол профиля  $\alpha = 20^{\circ}$ ; модуль  $m$ ; шаг  $p = \pi \cdot m$ ;  $h_a = m$ ;  $h_f = 1,25m$ )

- шлифованные боковые поверхности.
- накопленная погрешность  $\pm 30\mu\text{m}$  на каждые 500 мм
- класс точности зубьев 8 до 9 согласно норм DIN 3962/63/67
- прямые зубья

#### Примерная область использования

- позволяют достигать значительных скоростей линейного перемещения на расстояниях нескольких метров. Имеют экономическое преимущество над приводными винтами в связи с тем, что при большой длине нужно применять винты большего диаметра для избегания прогиба и вибрации при вращении.
- в приводных зубчато-реечных передачах, особенно в машинах плазменной, лазерной или ацетиленовой резки.
- в приводах с большими скоростями перемещения и больших рабочих расстояниях.

## 2. Шлицевые валы

### Особенности конструкции и форма профиля зубьев

Шлицы с прямолинейным профилем зубьев бывают прямоугольные и треугольные.

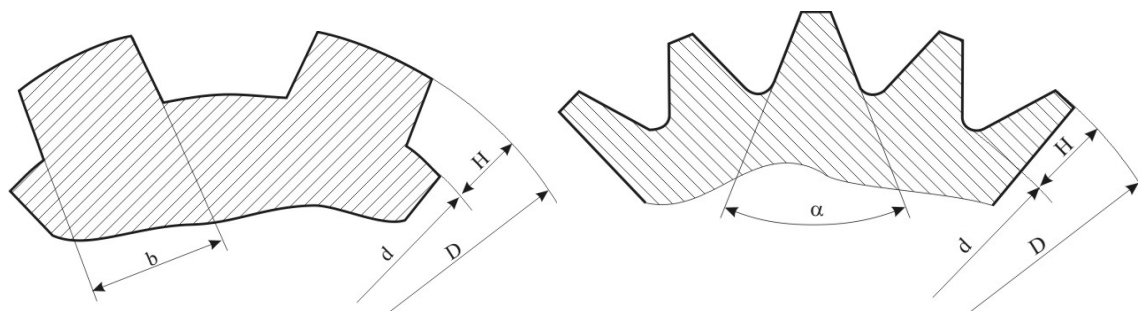


Рис. 4. Профиль шлицевых валов

$D = 14 \dots 125\text{мм}$ . В прямоугольных соединениях число зубьев  $Z = 6, 8, 10, 12$ . В соединениях с треугольным профилем число зубьев  $Z = 24, 36$  и более, а угол профиля  $\beta = 60^{\circ}, 72^{\circ}$  и  $90^{\circ}$ .

Продолжение таблицы 1.

**Примерная область использования**

- в высоко нагруженных машинах (автотранспорт, станкостроение, авиастроение и т.п.),
- в качестве неподвижных соединений для жесткого соединения ступицы с валом,
- для соединения с компенсированием небольшой соосности для подвижного соединения под нагрузкой (сверлильные шпинделя, карданные валы) и без нагрузки (подвижные зубчатые колеса в коробках передач).

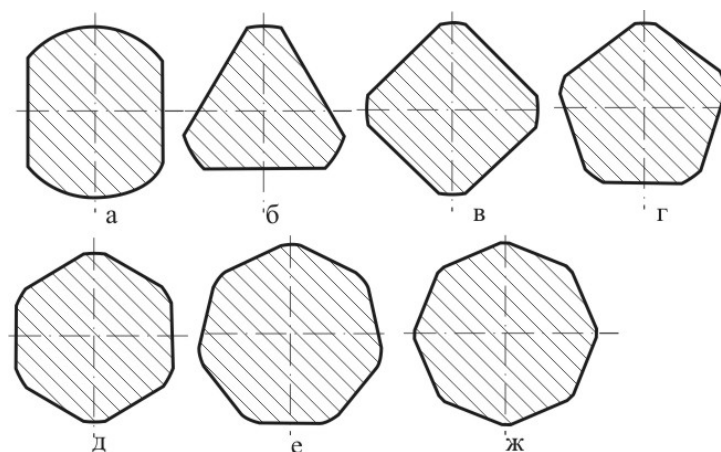
**3. Многогранные валы (призматические соединения)****Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рис. 5. Типовые профили призматических валов.

Число граней  $Z$ : а –  $Z=2$ ; б –  $Z=3$ ; в –  $Z=4$ ; г –  $Z=5$ ; д –  $Z=6$ ; е –  $Z=7$ ; ж –  $Z=8$ .**Примерная область использования**

Призматические соединения обеспечивают хорошее центрирование соединяемых деталей, не вызывая концентрации напряжений в валах, однако пока не стандартизованы. Применяют преимущественно в концевых установках.

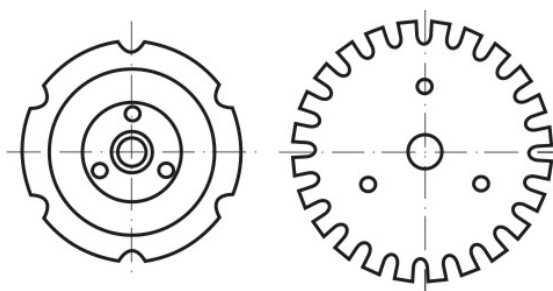
**4. Делительные диски****Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рис. 6. Примеры делительных дисков.

**Примерная область использования**

При фрезеровании граней на головках винтов, шлицев в гайках, канавок в метчиках, развертках, фрезах, граней под вороток в метчиках и ручных развертках, а также при обработке других простых деталей, имеющих грани, прорези, шлицы и канавки.

Продолжение таблицы 1.

**5. Звездочки**

Для зубчатых цепей рабочие профили зубьев звездочек прямолинейны. В поперечном сечении профиль звездочки зависит от числа рядов цепи.  $Z = 19 \div 96$  и угол профиля  $\beta = 38^\circ \div 56^\circ$ .

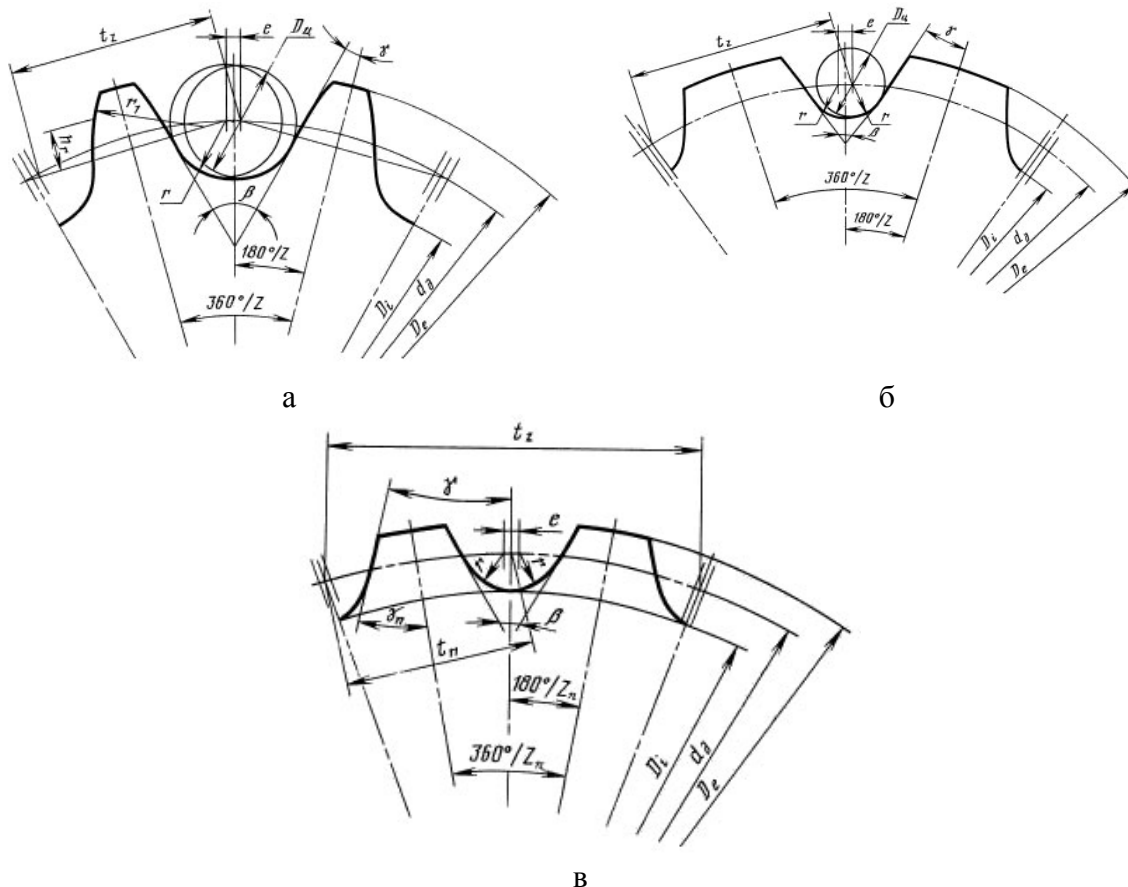


Рис. 7. Основные профили зубьев звездочек. По ГОСТ592-75

- а - прямолинейный с закруглением вершин зубьев одноходовых звездочек при  $\lambda \leq 2,2$ ;
- б - прямолинейный одноходовых звездочек при  $\lambda < 2,2$ ;
- в - прямолинейных двухходовых звездочек Готовцева при  $\lambda \geq 3,5$ ;

Таблица 2. Классификация многозубых деталей прямолинейного профиля. Многозубые детали, имеющие поднутрения профиля зуба

**6. Храповые колеса**

**Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рабочая поверхность (т. е. та, в которую упирается собачка) зуба храпового колеса обычно бывает плоской и должна быть несколько отклонена от радиального направления. Другая поверхность зуба может быть прямолинейного или криволинейного очертания, она должна быть такой формы, чтобы конец выступа собачки свободно скользил по зубу при вращении колеса в желаемом направлении. Профили зубьев храповых колес могут иметь различное исполнение: нормальное с заострением (а), усиленное с фаской (б), без поднутрения ( $\alpha=0$ ) (в) и с поднутрением ( $\alpha \neq 0$ ) (г), где  $\alpha$  – угол понутрения профиля. Угол впадины  $\gamma$  по нормали станкостроения в зависимости от модуля равен  $55^\circ$  или  $60^\circ$ .

Продолжение таблицы 2.

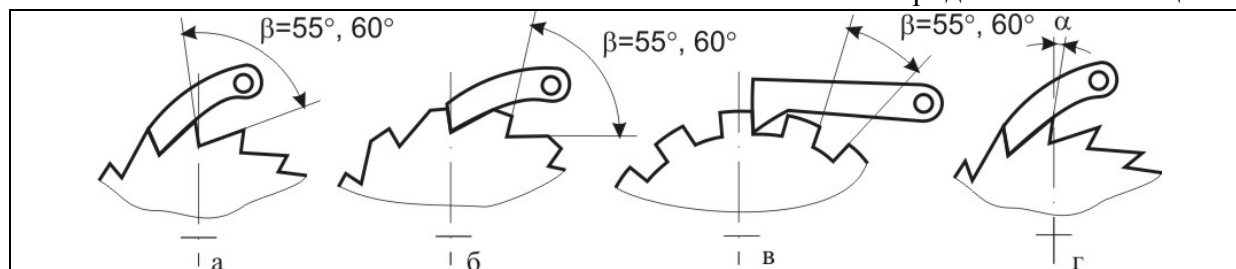


Рис. 8. Типовые профили храповых колес

### Примерная область использования

Делительные механизмы с применением храповых колес для измерения перемещения конечных звеньев широко используются. Одним из недостатков храповых механизмов является неплавность движения, что ведет к ударным нагрузкам, воспринимаемым фиксатором при фиксировании делительного диска. В то же время храповые механизмы, работающие в сочетании с точными винтовыми и червячными передачами, широко используются в точных механизмах, в конструкциях продольных и круговых делительных машин. Так же храповые механизмы находят широкое применение в шаговых двигателях и грузоподъемных устройствах.

### 7. Фрезы двухсторонние и трехсторонние

#### Особенности конструкции и форма профиля зубьев

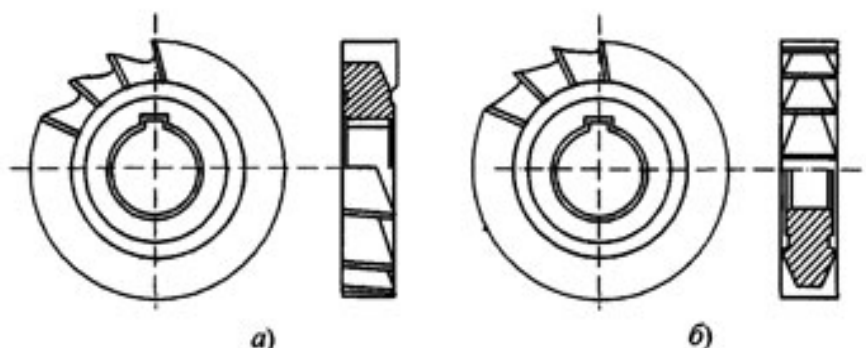


Рис. 9. Фреза двухсторонняя и трехсторонняя

Изготавливаются с меткими зубьями для чистовой обработки и с крупными зубьями – для черновой обработки. Последние характеризуются удалением больших объемов металла из глубоких пазов, выемок, поэтому они имеют большой объем стружечных канавок. Зубья у этих фрез при малой ширине режущих кромок или прямые, или наклонные к оси. Причем последние обеспечивают более равномерное фрезерование, имеют благоприятную геометрию торцовых зубьев и лучшее удаление стружки.

Фрезы трехсторонние (б) изготавливают с разнонаправленными зубьями (фрезы зигзаг), что позволяет создавать на торцах режущих кромок положительные передние углы  $\gamma > 0$ . Цельные фрезы изготавливают диаметром  $d = 63 \dots 125$  мм и шириной  $B = 6 \dots 28$  мм, а сборные со вставными ножами  $d = 75 \dots 200$  мм и  $B = 12 \dots 60$  мм.

### Примерная область использования

Для фрезерования уступов, лысок, пазов. У дисковых двухсторонних фрез режущие кромки зубьев имеются на цилиндрической и одной торцовой поверхностях, а у трехсторонних – на обоих торцах. Эти фрезы могут обрабатывать соответственно две или три взаимно перпендикулярные поверхности в пазах и уступах.

Продолжение таблицы 2.

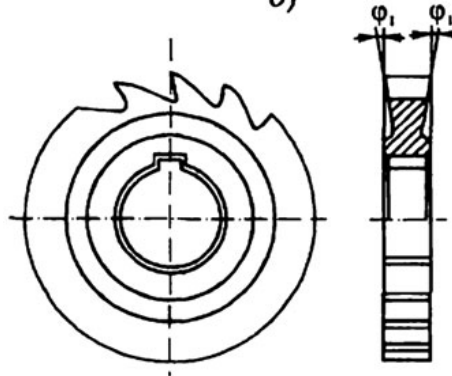
**8. Пазовые фрезы****Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рис. 10. Пазовая фреза

Имеют меньшую длину главных режущих кромок с геометрическими параметрами зубьев:  $\gamma=10\dots15^\circ$ ,  $\alpha=20^\circ$ . Вспомогательные режущие кромки на торцах получают заточкой с углом в плане  $\varphi_1=1\dots2^\circ$ , стружечные канавки у них нарезают только на цилиндрической части. Пазовые фрезы изготавливают диаметром 50...100мм и шириной 3...16мм. Иногда, что бы при переточках сохранить постоянство ширины паза В, их изготавливают с затылованными зубьями.

**Примерная область использования**

Предназначены для фрезерования пазов, точных по ширине.

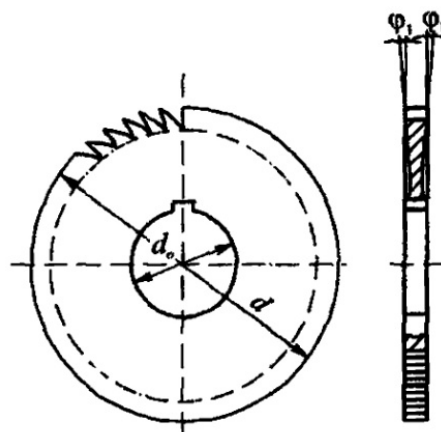
**9. Фрезы прорезные и отрезные****Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рис. 11. Реза прорезная и отрезная

Цельные фрезы диаметром 20...315 мм изготавливают с мелкими, средними и крупными зубьями, у которых углы  $\gamma=0\dots10^\circ$ ,  $\alpha=20^\circ$ ,  $\varphi_1=30'\dots1^\circ$ . Сборные фрез диаметром 250...2000 мм оснащают вставными ножами, либо сегментами из быстрорежущей стали. С целью улучшения стружкоотвода и повышения стойкости зубьев у отрезных фрез при ширине реза более 2 мм используют различные схемы группового резания с делением среза по ширине и толщине между смежными зубьями.

Продолжение таблицы 2.

**Примерная область использования**

Для прорезки неглубоких и узких пазов, например шлицевых, шириной  $B=0,2...6,0$  мм, а также для разрезки заготовок любого профиля и толщины.

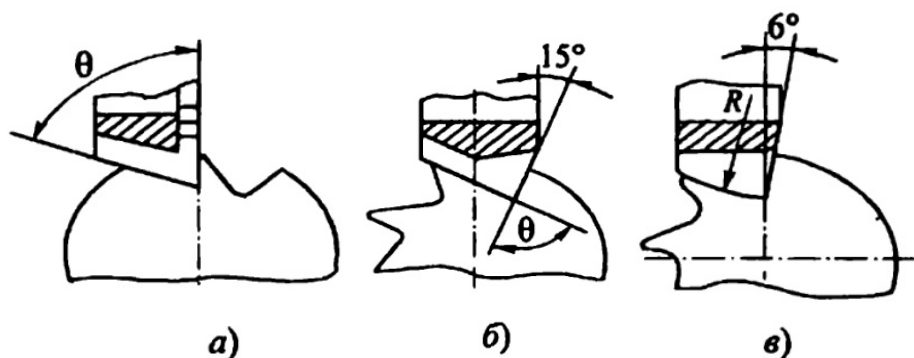
**10. Развертки****Особенности конструкции и форма профиля зубьев**

Рис. 12. Профили стружечных канавок разверток  
а, б - с прямолинейной спинкой, в - с вогнутой спинкой.

У ручных разверток угол в плане  $\varphi=12...15^\circ$ , у машинных  $\varphi=3...45^\circ$ . Число зубьев выбирается в зависимости от диаметра инструмента. Стружечные канавки прямые. Передний угол  $\gamma=0...10^\circ$ , задний угол  $\alpha=5...12^\circ$ . Профиль канавок между зубьями формируется одно или двухугловыми фрезами с углом  $\theta=65...110^\circ$ .

Имеют число зубьев  $z=6...14$ .

**Примерная область использования**

Применяются для чистовой обработки отверстий.

**3. Заключение**

Таким образом, выполненные исследования позволили выявить следующее:

1. Сгруппировать многозубые детали с прямолинейным профилем зубьев, которые часто используются в машиностроении, по двум типам: многозубые детали не имеющие поднутрения профиля зуба и многозубые детали имеющие поднутрения зуба.
2. Выявить их общие геометрические параметры и особенности конструкции.
3. Данное исследование позволяет выявить общие элементы многозубых деталей прямолинейного профиля зубьев и способы их изготовления для разработки новых конструкций и новых прогрессивных инструментов, обеспечивающих существенное повышение производительности и точности обработки рассматриваемых многозубых изделий с равномерным и неравномерным шагом зубьев.

**Список литературы:**

1. Готовцев А.А. Проектирование цепных передач: справочник / А.А. Готовцев, И.П. Котенок. – М.: Машиностроение, 1982. – 336 с.
2. Режущий инструмент: [учебник для вузов] / [Д.В. Кожевников, В.А. Гречишников, С.В. Кирсанов и др.]. – М.: Машиностроение, 2007. – 528 с.



3. Теория механизмов / [К.В. Фролов, С.А. Попов, А.К. Мусатов и др.]; под ред. К.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1987. – 496 с.

4. Орлов П.И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие: в 3 кн. / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1997. – –  
Кн. 2. - 1997. – Т. 2. – 574 с.

5. Металлорежущие инструменты: учебник [для вузов по специальностям «технология машиностроения», «металлорежущие станки и инструменты»] / [Г.Н.Сахаров, О.Б. Арбузов, Ю. Л. Боровой и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 328 с.

Надійшла до редакції 26.02.2014

**В.С. Парненко**

#### **КЛАСИФІКАЦІЯ ВИРОБІВ МАШИНОБУДУВАННЯ ПРЯМОЛІНІЙНОГО ПРОФІЛЮ ЗУБІВ**

*У статті наведено класифікацію виробів машинобудування, які мають прямолінійний профіль зубів. Багатозубі деталі прямолінійного профілю в машинобудуванні набули широкого поширення. Тому розглянуто деталі як рівномірного так і нерівномірного кроку, а так само деталі без піднутрення і деталі, які мають піднутрення профілю зуба. Наведено особливості конструкції і форма профілю зубів, а так само зразкові галузі використання даних деталей.*

**Ключові слова:** багатозубі деталі, прямолінійний профіль, западини, піднутрення.

**V. S. Parnenko**

#### **CLASSIFICATION OF ENGINEERING PRODUCTS WITH STRAIGHT PROFILE OF TEETH**

*The article describes the classification of engineering products with straight tooth profile. The multitooth parts of rectilinear profile in engineering have proliferated. So in this article we discuss the details with uniform step and uneven step, as well as parts without undercuts and having an undercut tooth profile. The features of the design and shape of the tooth profile, as well as the use of these items are discussed.*

**Key words:** multitooth parts, straight profile, teeth, tooth cavities, front angle.