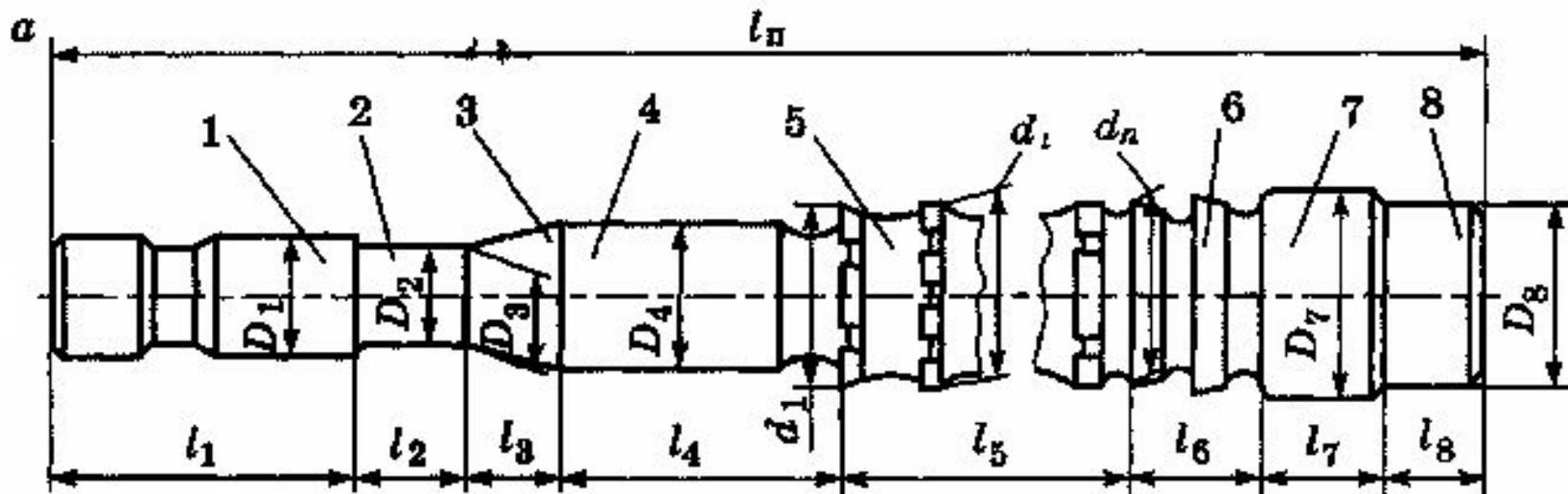


Расчет и  
проектирование  
протяжек

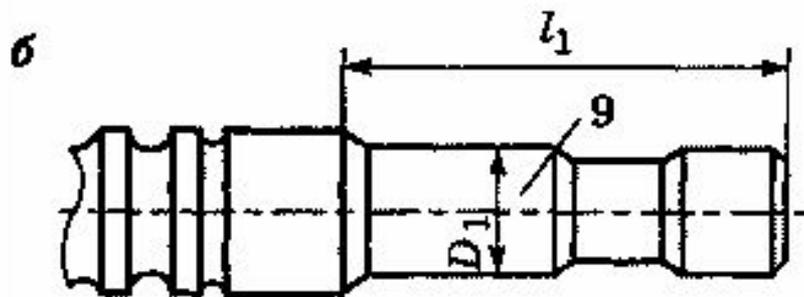
Высокая эффективность  
протягивания объясняется  
следующими основными его  
характеристиками:

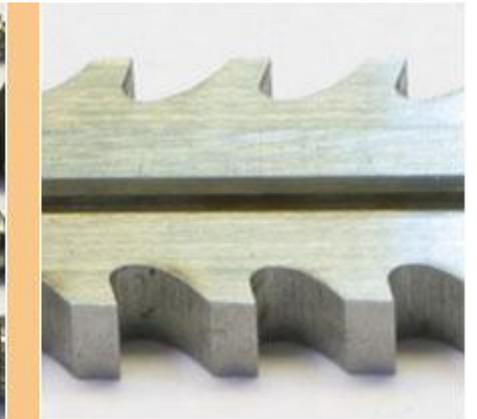
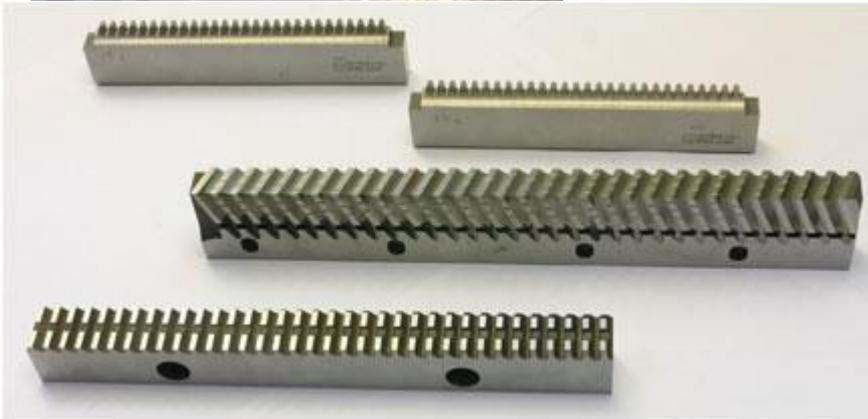
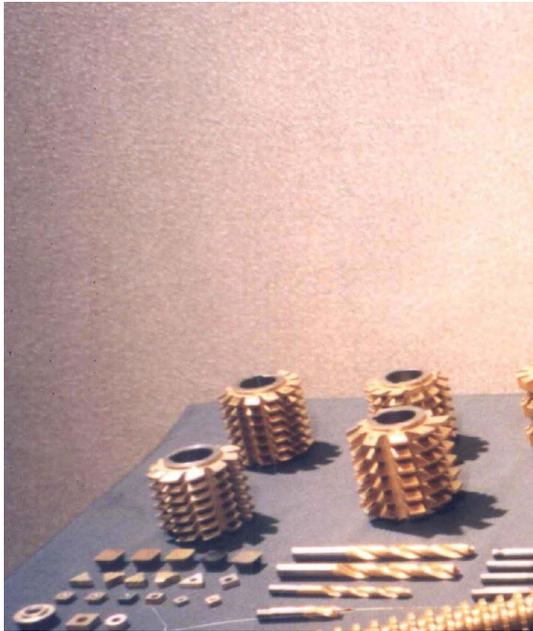
- большой длиной лезвий, одновременно участвующих в резании;
- выполнение одним инструментом за один рабочий ход нескольких этапов обработки;
- отсутствие большого числа вспомогательных ходов инструмента.

# Основные части протяжек

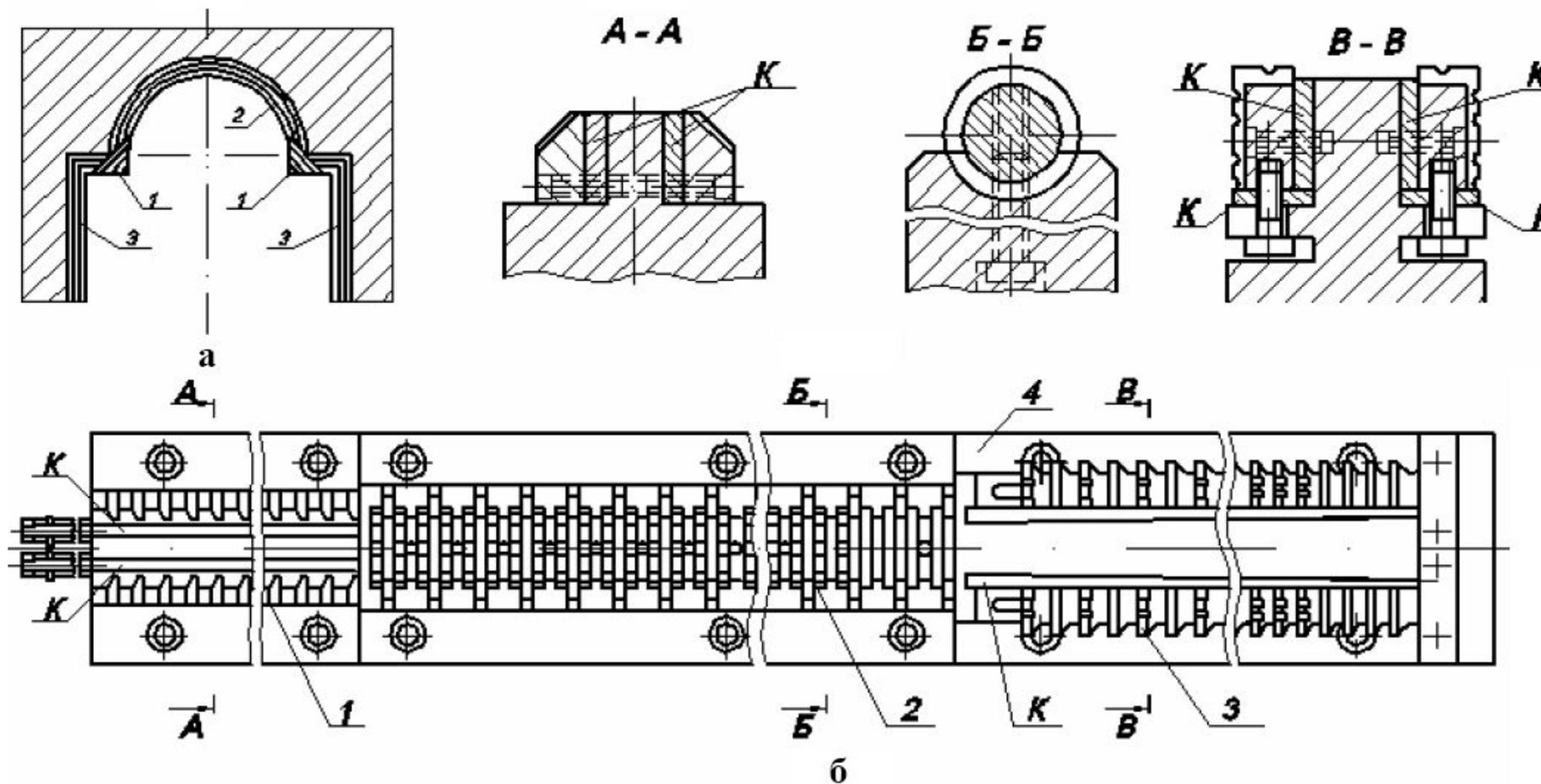


1 — хвостовая часть; 2 — шейка;  
3 — переходный конус; 4 — передняя направляющая часть; 5 — режущая часть; 6 — калибрующая часть; 7 — задняя направляющая часть. Для тяжелых и длинных протяжек дополнительно выполняют опорную цапфу 8 и задний хвостовик 9





# Профиль заготовки и составная (наборная) протяжка для ее обработки.



# Методика расчета протяжек

- Проектирование конструкций протяжек заключается в выборе рациональной схемы резания, назначении подачи на зуб  $S_z$  или подъема  $S$  на группу зубьев, определении высоты, шага и количества зубьев режущей и калибрующих частей, назначении геометрических параметров, определении формы и размеров гладких частей для цельных и составных конструкций, а также их креплений для сборных протяжек.
- Поскольку в большинстве случаев проектируются протяжки, работающие по комбинированному методу последовательности снятия припуска с обрабатываемой поверхности, то для различных рабочих частей протяжки может быть применено несколько схем резания и такие протяжки называют комбинированными.

# Последовательность проектирования

1. Анализируем исходные данные, куда входят: диаметр и длина протягиваемого отверстия, шероховатость обработанной поверхности, материал детали и его твердость, модель станка, тип производства.
2. Отверстие под протягивание обрабатывается сверлом. По табл. определяем припуск  $A_0$ , а затем диаметр предварительного отверстия  $D_0 = D - A_0$  и диаметр сверла  $d_{ин} = D_0 + a_k$ .
3. Выбираем материал протяжки в соответствии с рекомендациями и СОЖ. По ГОСТ 4044-70 принимаем размеры хвостовика, где указывается диаметр  $D_1$  и площадь наименьшего поперечного сечения  $F_x$ .

# Последовательность проектирования

4. Определяем усилие, допускаемое прочностью приваренного хвостовика

$P_{хв} = F_x [\sigma_x]$ , а также усилие, допускаемое тяговой силой станка с учетом к.п.д. = 0,9, т.е.  $Q = 0,9Q_c$ , где  $Q_c$  — тяговое усилие станка.

В дальнейших расчетах принимаем наименьшее из значений -  $P_{хв}$  и  $Q$ , которое обозначим  $P_{Доп}$

5. Определяем максимальную глубину стружечной канавки по допускаемому усилию

$$h_{0[\sigma]} = 0,5(D_0 - 1,1 \sqrt{P_{\ddot{a}\ddot{i}\ddot{i}} / [\sigma]}) -$$

# Последовательность проектирования

- Шаг черновых зубьев  $t$  и наибольшее количество одновременно работающих зубьев принимаем по табл. 5.6.
- Профиль основной стружечной канавки выбираем по табл. 5.5, где указывается также площадь активной части канавки  $F_u$ .
- Подъем на черновых секциях по условиям размещаемости стружки в канавках при коэффициенте  $k_{min}$  (табл. 5.7)

$$S_{\psi} = F_u / (k_{min} I_{уз})$$

После округления  $S_{\psi}$  до сотых долей миллиметра подсчитывают фактическое

$$k_{min} = F_u / (I_{уз} S_{\psi})$$

# Последовательность проектирования

табл. 5.6 Шаги и количество одновременно работающих зубьев при  $m = 1,5$

$l_{из}, \text{ мм}$	$t, \text{ мм}$	$z_i$	$l_{из}, \text{ мм}$	$t, \text{ мм}$	$z_i$
Свыше 10 до 12	5,0	3	Свыше 49 до 54	11,0	5
« 12 « 14	5,5	3	« 54 « 60	11,0	6
« 14 « 17	6,0	3	« 60 « 70	12,0	6
« 17 « 19	6,5	3	« 70 « 77	13,0	6
« 19 « 20	6,5	4	« 77 « 83	13,0	7
« 20 « 25	7,0	4	« 83 « 90	14,0	7
« 25 « 31	8,0	4	« 90 « 100	15,0	7
« 31 « 33	8,5	4	« 100 « 111	16,0	7
« 33 « 35	9,0	4	« 111 « 125	16,0	8
« 35 « 40	9,0	5	« 125 « 143	18,0	8
« 40 « 45	9,5	5	« 143 « 160	18,0	9
« 45 « 49	10,0	6			

# Последовательность проектирования

табл. 5.5 Размеры стружечных канавок

Шаг $t$ , мм	Общие размеры		Основная канавка			Мелкая канавка		
	$q$ , мм	$R$ , мм	$h_{\rho}$ , мм	$г$ , мм	$F_{\rho}$ , мм <sup>2</sup>	$Л_0$ , мм	$z$ , мм	$\cdot F_a$ , мм <sup>2</sup>
4	1,5	2,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
4,5	1,5	2,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
5	1,5	3,5	2	1	3,14	1,5	0,8	1,77
5,5	2	3,5	2	1	3J4	1,5	0,8	1,77
6	2	4	2,5	1,3	4,92	2	1	3,14
6,5	2	4	2,5	1,3	4,92	2	1	3,14
7	2,5	4,5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
7,5	3	4,5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
8	3	5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
8,5	3	5	3	1,5	7,07	2	1	3,14
9	3	6	3,5	1,8	JL63	2,5	1,3	4,92
9,5	3	6	3,5	1,8	9,63	2,5	1,3	4,92
10	3	7	4	2	12,6	3	1,5	7,07
11	4	7	4	2	12,6	3	1,5	7,07
12	4	8	5	2,5	19,6	3,5	1,8	9,63
13	4	8	5	2,5	19,6	3,5	1,8	9,63

# Последовательность проектирования

табл. 5.7 Значения  $k_{min}$  при обработке различных материалов

$\delta_z$ , мм	Обрабатываемый материал				
	Сталь Св, МПа			Чугун, бронза, свинцовистая латунь	Медь, латунь, алюминий, баббит
	до 400	от 400 до 700	свыше 700		
До 0,03	3	2,5	3	2,5	2,5
Свыше 0,03 до 0,07	4	3	3,5	2,5	3
Свыше 0,07 до 0,10	4,5	3,5	4	3	3,5

# Последовательность проектирования

9. По табл. 5.9 и 5.10 назначают углы  $\alpha$  и  $\gamma$ .

10. Количество зубьев в первой черновой секции  $z_{чс1} = 2$ , в ОСТАЛЬНЫХ  $z_{чс} = P/P_{лоп} = C_p \pi D S_{ч}^x z k_{i\gamma} k_{сu} / P_{лоп}$   
 Значения  $C_p, x, k_{\gamma}, k_{с}, k_u$  принимаем по п. 12. Найденное значение  $z_{чс}$  округляем до ближайшего большего целого числа.

11. Производим распределение припуска. Общий припуск  $A_o = D_{max} - \delta - D_o$  - Припуск на переходные зубья  $A_{оп}$  и число секций переходных зубьев  $i_n$  принимаем по табл. 5.19, а на чистовые  $A_{очис}$  — по рекомендациям п. 17. Припуск на черновые зубья

$A_{оч} = A_o - (A_{оп} + A_{очис})$  - Припуск на первую двухзубую черновую секцию (п. 17)

$$A_{оч1} = 1,8 S_{ч} / z_{чс}$$

# Последовательность проектирования

табл. 5.9 Передние углы режущих зубьев протяжек, град

Обрабатываемый материал	$\gamma$
Стали углеродистые (10; 15; 20; 25; 30) и малолегированные (15X, 20X; 30X, 25H, 30H; 20XH; 30XH3 и др.); хромомолибденовая и хромоникельмолибденовая (в прокатанном, отожженном и термообработанном состоянии); нержавеющие и жаропрочные стали; алюминий; баббит; красная медь	20
Стали углеродистые (40; 45; 50) и легированные (40X; 45X; 40XH; 50XH и др.); ковкий чугун	15
Стали углеродистые и легированные инструментальные; стали; быстрорежущие; чугуны с HB < 150; латунь обыкновенная	10
Чугуны с HB > 150; бронзы; латунь свинцовистая	5

# Последовательность проектирования

табл. 5.10 Задние углы для режущих зубьев, град

Тип и назначение протяжек	$\alpha$
Круглые, шлицевые, многогранные протяжки для отверстий 7, 8-го квалитетов точности	2-3
То же для отверстий 11-го и более грубых квалитетов точности	3-4
Шпоночные, плоские и наружные протяжки с двух- и трехсторонним расположением зубьев	3-7
Наружные протяжки с односторонним расположением зубьев	10

# Последовательность проектирования

12. Количество черновых секций (без первой)

$$i_{\text{ч}} = (A_{\text{оч}} \sim A_{\text{оч1}}) / 2S_{\text{ч}}$$

Количество зубьев в черновой части  $z_{\text{ч}} = z_{\text{ч1}} + z_{\text{чс}} * i_{\text{ч}}$

Длина черновой части  $l_{\text{ч}} = z_{\text{ч}} t$ .

13. Количество переходных секций  $i_{\text{п}}$  принимаем по табл. 5.19, а подъем на переходные секции  $S_{\text{п}}$  — согласно п.17. Затем определяем длину переходной части

$$l_{\text{п}} = i_{\text{п}} z_{\text{п}} t$$

14. Количество чистовых зубьев и их **укороченный шаг** определяем как

$$z_{\text{чис}} = A_{\text{очис}} / 2S_{\text{зчи}}', t_{\text{чис}} = 0,7t.$$

При расчете  $z_{\text{чис}}$  принимаем верхнее и нижнее значения  $S_{\text{зчис}}$ , чтобы определить, в каких пределах изменится  $z_{\text{чис}}$ . Значение  $z_{\text{чис}}$  округляем до целого числа.

# Последовательность проектирования

15. Размеры стружечной канавки для чистовых и калибрующих зубьев находим по табл. 5.5. Задний угол на чистовых зубьях  $\alpha_{\text{чис}} = 2^\circ 30'$ .
16. Длина чистовой части  $l_{\text{чис}} = z_{\text{чис}} * t_{\text{чис}}$   
Длина режущей части  $l_{\text{рч}} = l_{\text{ч}} + l_{\text{п}} + l_{\text{чис}}$   
Диаметр калибрующих зубьев  $D_{\text{к}} = D_{\text{max}} - \delta$ .
17. Количество калибрующих зубьев  $z_{\text{к}}$  принимаем по табл. 5.15  
Длина калибрующей части  $l_{\text{к}} = z_{\text{к}} t_{\text{к}}$   
Задний угол на этой части (с ленточкой 0,2 мм)  $\alpha_{\text{к}} = 1^\circ$
18. Ширину режущих выступов, количество выкружек, их радиус и диаметры шлифовальных кругов для их образования выбираем в соответствии с п. 17.

# Последовательность проектирования

табл. 5.15 Количество калибрующих зубьев

Разновидности протяжек	Количество калибрующих зубьев $z_k$
Протяжки для отверстий 7, 8 квалитетов точности	7...8
Протяжки для 11 и более грубых квалитетов точности	5...6
Шпоночные, пазовые и наружные протяжки	4...5

# Последовательность проектирования

19. Длину хвостовика  $l_1$ , переходного конуса  $l_3$ , передней  $l_4$  и задней  $l_7$  направляющих, длину протяжки до первого зуба  $l$ , а также диаметры их  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_4$  и  $D_7$  выбираем в соответствии с п. 15.
20. Общая длина протяжки  $L_n = l + l_{pc} + l_6 + l_7$   
Если  $L_n > 1200$  мм, то следует проектировать комплект протяжек
21. Центровые отверстия выбираются по ГОСТ 14034-74. Проведенные расчеты позволяют вычертить рабочий чертеж протяжки.

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ  
О КОНСТРУКЦИИ,  
ПАРАМЕТРАХ РЕЖИМА  
РЕЗАНИЯ И СПОСОБАХ  
ПЕРЕТОЧКИ НАРУЖНЫХ  
ПЛОСКИХ  
И КРУГЛЫХ ПРОТЯЖЕК**

- Эффективность процесса протягивания в значительной степени предопределяется конструкцией оснастки: протяжного блока (плиты с корпусами, кассет протяжек и т. д.).
- От конструкции протяжного блока, принятых методов регулирования и крепления протяжек зависят способ и время подналадки, период стойкости и способ переточки протяжек.

- Проектирование блоков протяжек для наружного протягивания является довольно сложным процессом, который требует творческого подхода как при выполнении инженерных расчетов, так и при конструировании.

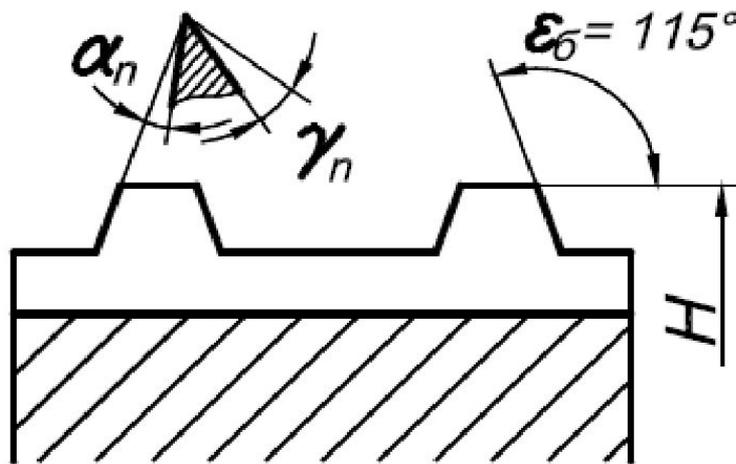
- Протягивание плоскостей и фасонных поверхностей осуществляется по одинарной и групповой схемам срезания припуска
- Разновидностями одинарной схемы резания являются ***профильная*** и ***генераторная***.

- При профильной схеме резания форма каждого режущего зуба идентична форме окончательно обработанной поверхности.
- При генераторной схеме припуск снимается параллельными слоями каждым зубом не по всему профилю, а лишь по его части и только последний режущий зуб соответствует форме окончательно обработанной поверхности.

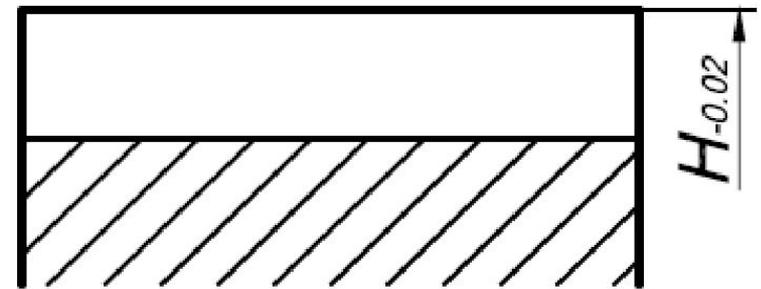
- Разновидностями групповой схемы резания являются: шахматная, П.П. Юнкина, переменного резания, трапециевидная

# Шахматная схема резания

применяется для черновой части комплекта. Группы состоят из двух-трех зубьев, расположенных один за другим. Схема целесообразна только при сборной конструкции протяжки, когда зубья прикрепляются к корпусу.



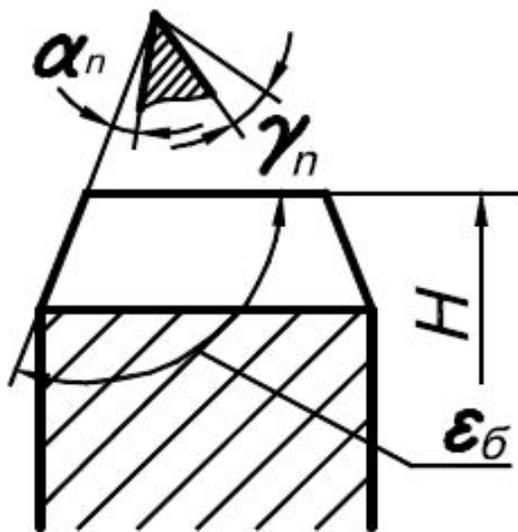
Зубья 1, 3, 5 и т. д.



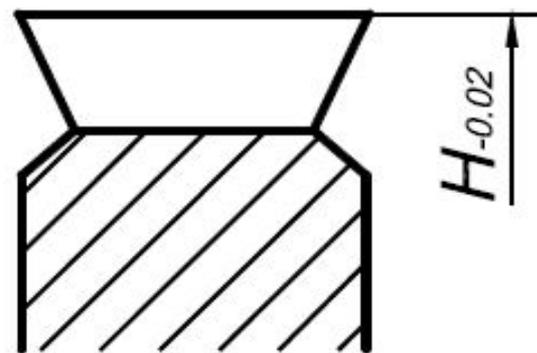
Зубья 2, 4, 6 и т. д.

# Схема П. П. Юнкина

применяется для протяжек с короткими лезвиями. Группы состоят из двух зубьев, расположенных один за другим.



Зубья 1, 3, 5 и т. д.



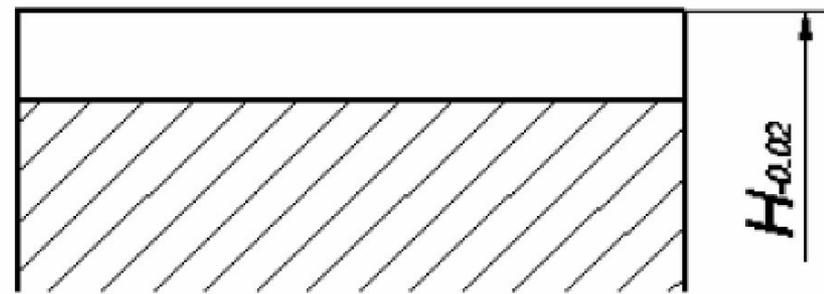
Зубья 2, 4, 6 и т. д.

# Схема переменного резания

- строится так же, как и для круглых протяжек, т. е. на зубьях изготавливаются стружкоделители – выкружки.



Зубья 1, 3, 5 и т. д.



Зубья 2, 4, 6 и т. д.

- Сплошные зубья в шахматной, П. П. Юнкина и переменной схемах резания изготавливают на  $0,02 \div 0,04$  мм ниже первого зуба в группе, что предотвращает срезание сплошной по ширине стружки, обеспечивает хорошую ее сворачиваемость и удаление из стружечной канавки.

# трапециевидная схема резания

- Из протяжек с групповой схемой резания наибольшее применение находят протяжки сданной схемой, при которой каждый зуб в группе срезает слой материала, имеющий форму трапеции в поперечном сечении. На первой протяжке секции делают сквозные трапециевидные шлицы (канавки) и подъем на каждый зуб. Лезвия зубьев протяжки прорезают на заготовке канавки на глубину общего перепада зубьев. Вторая протяжка секции имеет сплошные лезвия и подъем на каждый зуб. Она удаляет припуск, который не срезала первая протяжка в секции – с трапециевидными лезвиями.

# трапециевидная схема резания

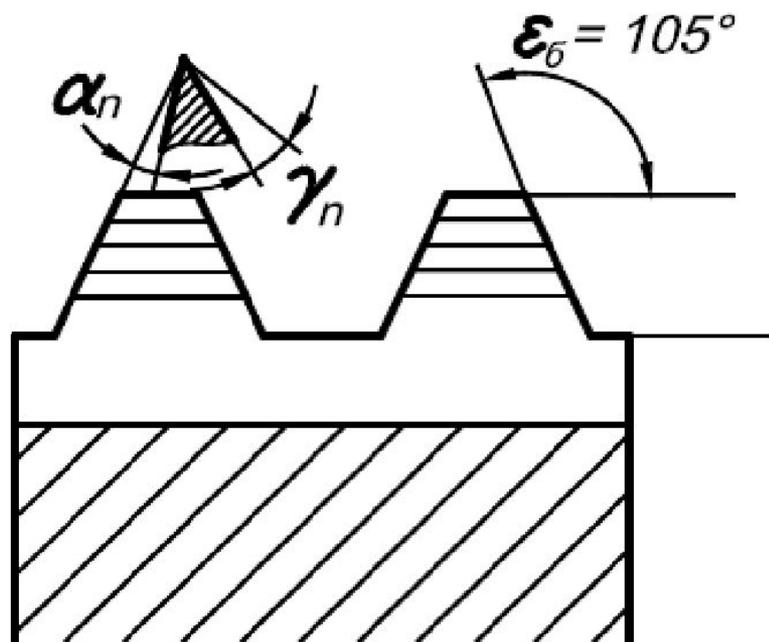
- Занижение высоты на 0,02 . 0,04 мм у вторых (сплошных) зубьев каждой группы производить не нужно. Занижается только последний, сплошной черновой зуб второй протяжки относительно последнего трапециевидного чернового зуба первой протяжки.

Трапециевидные канавки на первой протяжке делаются достаточно глубокими, в результате чего они допускают 15–20 переточек по задней поверхности без восстановления трапеций.

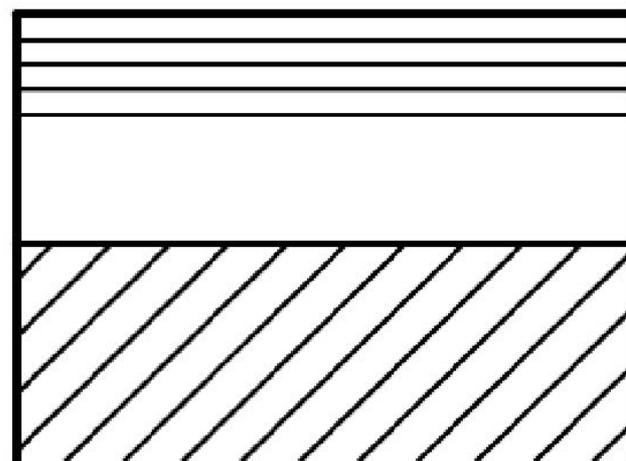
Затем трапеции могут быть восстановлены до первоначальной глубины.

# трапецевидная схема резания

- На первой протяжке расположены первые зубья всех групп, а на второй протяжке – вторые зубья всех групп.



Протяжка №1



Протяжка №2

# Конструктивно-геометрические параметры протяжек

- Угол наклона зубьев
- Определение геометрических параметров и длины угловых протяжек
- Определение геометрических параметров протяжек с трапециевидными лезвиями
- Шаги зубьев и профили стружечных канавок
- Задние и передние углы при вершине зубьев
- Период стойкости и переточка плоских протяжек
- Габаритные размеры протяжек
- Размеры трапециевидных лезвий и канавок
- Определение размеров профиля трапециевидного лезвия
- Размеры трапециевидных канавок и лезвий на зубьях наружных круглых протяжек
- Стружкоделительные канавки на зубьях протяжек

# РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

Режимы резания при протягивании определяются скоростью резания, подачей на зуб (группу зубьев), шириной среза стружки.

## Скорость резания

- При протягивании быстрорежущими протяжками углеродистых и низколегированных конструкционных сталей скорость резания составляет 12 – 30 м/мин.
- При обработке заготовок из жаропрочных материалов быстрорежущими протяжками скорость резания равна 8 – 12 м/мин.
- Твердосплавные протяжки работают при скорости резания 25 – 50 м/мин

# РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

- Известно, что при увеличении подачи (толщины срезаемого слоя  $S_z$ ) от 0,02 до 0,10 мм период стойкости протяжек возрастает, а при дальнейшем увеличении  $S_z$  до 0,2 – 0,3 мм период стойкости не изменяется. Однако с увеличением подачи уменьшается длина протяжек и улучшаются условия процесса резания.
- Величина подачи на зуб  $S_z$  ограничивается: тяговой силой привода ползуна станка; возможностью нормального сворачивания и размещения стружки в стружечной канавке; схемой резания, т. е. условиями разделения стружек и наличием или отсутствием вспомогательных задних углов на зубьях.

# РЕЖИМЫ РЕЗАНИЯ ПРИ ПРОТЯГИВАНИИ

## Определение условия равномерности протягивания

- При любой схеме резания равномерность зависит от сочетания размеров обрабатываемой поверхности, шага и угла наклона зубьев протяжки.
- При профильной схеме резания улучшить равномерность можно только за счет корректирования  $t$  и  $\omega$ .
- При других схемах резания на равномерность дополнительно оказывают влияние размеры режущих и стружкоделительных элементов на зубьях.
- При групповой трапецеидальной схеме резания все зубья с трапецеидальными лезвиями расположены на одной протяжке, а со сплошными лезвиями – на другой. Поэтому здесь имеется возможность проверять равномерность на каждой из этих протяжек отдельно. Улучшения равномерности силы при групповой трапецевидной схеме резания можно добиться так же и за счет изменения шага зубьев  $t$  и угла их наклона  $\omega$ .

**КОМПЛЕКТ ПРОТЯЖЕК ДЛЯ  
ОБРАБОТКИ ФАСОННЫХ  
НАРУЖНЫХ  
ПОВЕРХНОСТЕЙ**

- Сложные (фасонные) поверхности, подлежащие протягиванию, разбиваются по профилю на ряд элементарных участков, для обработки которых применяются отдельные секции, образующие в целом блок протяжек.
- Расположение секций по длине блока может быть последовательным, параллельным и параллельно-последовательным

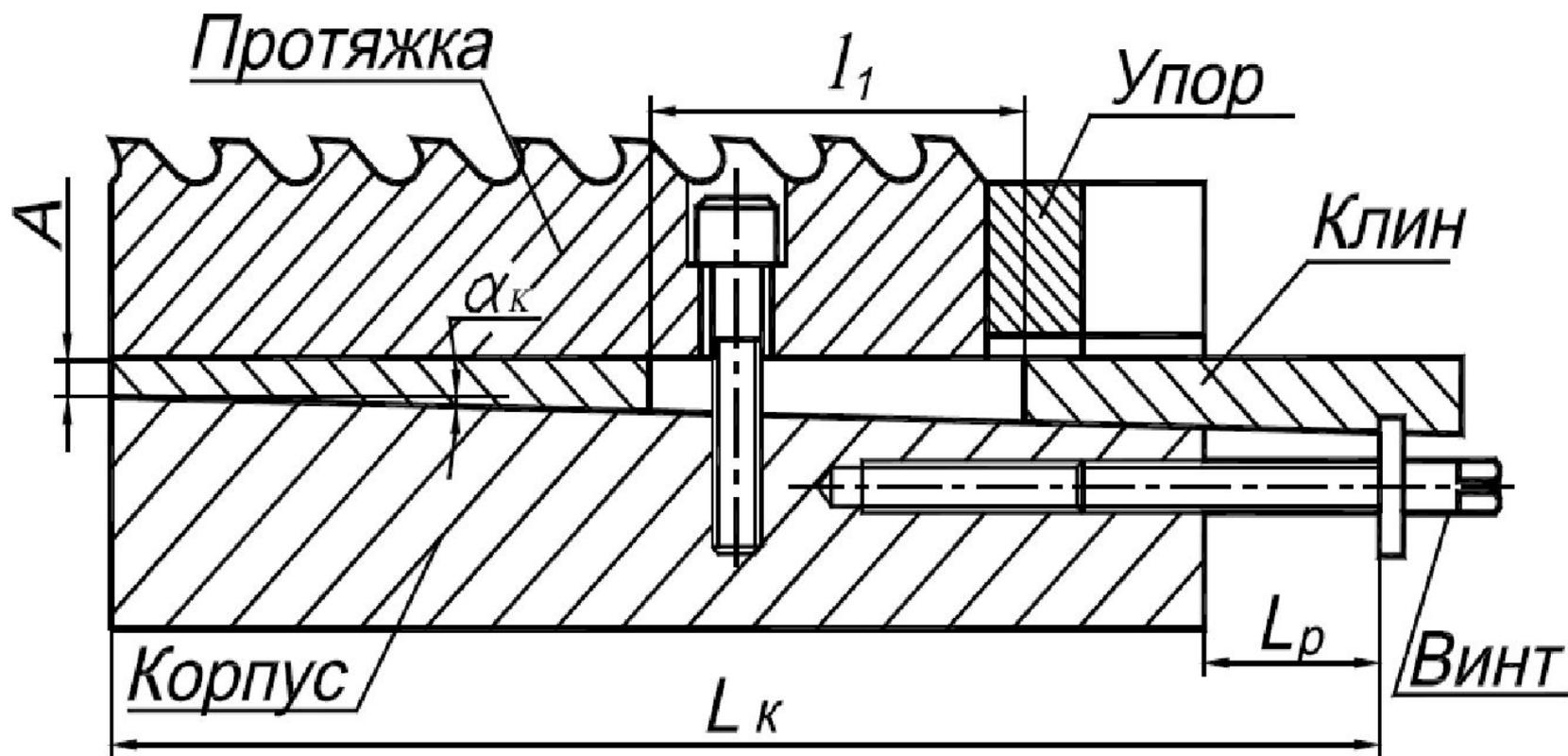
- При разбивании профиля на участки и компоновке блока протяжек необходимо стремиться к параллельному размещению секций, которое обеспечивает сокращение рабочей длины блока и повышение производительности.
- Параллельное расположение секций возможно далеко не во всех случаях, так как при конструировании блоков протяжек требуется соблюдение следующих условий

1. все секции должны свободно размещаться на корпусе без чрезмерного усложнения его конструкции;
2. габаритные размеры корпусов вместе с секциями (ширина, высота) не должны выходить за пределы, обуславливающие возможность присоединения блока к каретке (ползуну) станка и прохождения его сквозь отверстие в опорной плите, если станок горизонтально-протяжной;
3. секции протяжек должны располагаться в блоке так, чтобы сила протягивания нарастала постепенно от минимального до максимального значения;
4. суммарная сила протягивания, возникающая при работе параллельных секций, не должна перегружать станок;
5. расположение секций протяжек не должно препятствовать свободному выходу стружки из стружечных канавок и вместе с тем должно допускать правильное сопряжение элементов поверхности, обрабатываемых протяжками соседних секций.

# РЕГУЛИРОВАНИЕ (ПОДНАЛАДКА) НАРУЖНЫХ ПРОТЯЖЕК ПО ИХ ВЫСОТЕ

- При наружном протягивании в большинстве случаев необходимо иметь возможность регулирования секций протяжек по высоте.
- Регулирование облегчает сборку и подналадку секций, увеличивает срок службы протяжек и позволяет заменять сложные фасонные протяжки комплектом простых

# РЕГУЛИРОВАНИЕ (ПОДНАЛАДКА) НАРУЖНЫХ ПРОТЯЖЕК ПО ИХ ВЫСОТЕ



# РЕГУЛИРОВАНИЕ (ПОДНАЛАДКА) НАРУЖНЫХ ПРОТЯЖЕК ПО ИХ ВЫСОТЕ

- От способа регулирования зависит качество протягиваемой детали, удобство и время подналадки, а также срок службы протяжек.
- Регулирование протяжек может осуществляться непосредственно на станке или вне станка, или смешанным способом, когда секции протяжек для одних поверхностей регулируются на станке, а для других вне станка. Ни один из этих способов не может считаться оптимальным для всех случаев обработки.
- Метод регулирования следует выбирать в зависимости от характера обрабатываемой поверхности, конструкции блока и способа эксплуатации протяжек.