

### ПРОТЯГИВАНИЕ. ПРОШИВКА

Протягивание — высокопроизводительный процесс обработки, обеспечивающий получение изделий высокой точности (до 6-го качества) с высоким качеством обработанной поверхности ( $R_a$  до 0,32 мкм). Особенности процесса протягивания следующие:

1) наличие только одного главного движения; отсутствующее движение подачи компенсируется ступенчатым расположением режущих зубьев (каждый последующий зуб выступает над предыдущим), разница в их положении и является подачей на зуб, она достигает 0,5 мм;

2) малая толщина и большая (до 15 мм и выше) ширина обрабатываемой при протягивании стружки;

3) одновременное участие в резании большого числа зубьев;

4) совмещение черновой, чистовой и отделочной обработки (калибрование размеров и пластическая деформация поверхности);

5) точность обработки определяется точностью исполнения инструмента (протяжки, прошивки);

6) припуск при протягивании ограничен длиной протяжки и ее размерами; при недостаточных длине протяжки и величине хода обработка осуществляется комплектом протяжек в несколько проходов.

Протягивание может быть внутренним (обработка отверстий, пазов, прямых и винтовых канавок) или наружным (обработка наружных поверхностей).

Разновидностью протягивания является прошивание (инструмент работает на сжатие и продольный изгиб в отличие от протяжки, работающей на растяжение) отверстий, пазов и других поверхностей и деформирующая обработка (вместо срезания припуска осуществляется пластическая его деформация деформирующими протяжками). Иногда комбинируют резание и последующее пластическое деформирование металла. Обозначение протяжек и прошивок по ОКП приведено в табл. 12.1.

## 12.1. Обозначение протяжек и прошивок по ОКП

Группа 2300. Протяжки	
Подгруппа	Вид
2310 — протяжки круглые	2311 — из стали цельные с одним хвостовиком 2312 — из стали цельные с двумя хвостовиками 2313 — из стали сборные с одним хвостовиком 2314 — из стали сборные с двумя хвостовиками 2315 — твердосплавные с одним хвостовиком 2316 — твердосплавные с двумя хвостовиками
2320 — протяжки для отверстий нецилиндрических	2321 — для трехгранных отверстий 2322 — для четырехгранных отверстий 2323 — для пятигранных отверстий 2324 — для шестигранных отверстий 2325 — для восьмигранных отверстий 2326 — для фасонных отверстий
2330 — протяжки шлицевые прямо-боочные	2331 — из стали с центрированием по наружному диаметру, цельные с одним хвостовиком 2332 — то же с двумя хвостовиками 2333 — то же сборные с одним хвостовиком 2334 — то же сборные с двумя хвостовиками 2335 — из стали с центрированием по внутреннему диаметру цельные 2336 — то же цельные с двумя хвостовиками 2337 — то же сборные с одним хвостовиком 2338 — то же сборные с двумя хвостовиками 2339 — твердосплавные
2340 — протяжки из стали шлицевые с эвольвентным, треугольным и другими профилями	2341 — с эвольвентным профилем с центрированием по профилю зубьев цельные 2342 — то же сборные 2343 — с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру цельные 2344 — то же сборные 2345 — с треугольным профилем
2350 — протяжки шпоночные	2351 — из стали для прямобоочных пазов 2352 — из стали для пазов с фасками 2353 — твердосплавные
2360 — протяжки плоские	2361 — для обработки плоскостей из стали 2362 — для обработки плоскостей твердосплавные 2363 — для обработки шлицевых валов из стали 2364 — для обработки шлицевых валов твердосплавные
2370 — прошивки	2371 — круглые из стали 2372 — круглые твердосплавные 2373 — шлицевые из стали 2374 — шлицевые твердосплавные

## 12.1. Методы протягивания

Метод *свободного протягивания* заключается в том, что обрабатываемое изделие в процессе обработки не фиксируется жестко относительно базовых поверхностей, а точным получается лишь контур обработанной поверхности и его размеры. Центрирование и направление изделия осуществляются за счет равновесия сил.

Метод *координатного протягивания* предусматривает точное взаимное расположение протяжки и обрабатываемого изделия, за счет чего обеспечивается как заданная форма и размеры обрабатываемой поверхности, так и точное ее положение относительно базовых поверхностей. Метод требует специальных приспособлений для ориентирования и направления протяжки. Точность расположения обработанных поверхностей относительно баз достигает 0,02—0,03 мм.

Метод протягивания поверхностей вращения совмещает традиционную обработку точением и растачиванием с протягиванием, имеет следующие разновидности:

главное движение — вращение обрабатываемой заготовки, движение подачи перпендикулярно к оси вращения (тангенциально) осуществляется протяжкой;

главное движение — вращение обрабатываемой заготовки при вращательном движении протяжки (за один ее оборот); протяжка при этом аналогична как бы цилиндрической фрезе с зубьями, расположенными на разном расстоянии от оси вращения.

## 12.2. Виды протягивания

Основные виды внутреннего протягивания приведены на рис. 12.1, *а—е* (1 — изделие; 2 — протяжка; 3 — слой срезаемого металла). Протягивание в горизонтальном направлении неподвижного изделия (рис. 12.1, *а, б*) осуществляется на горизонтально-протяжных станках ( $v_p$  и  $v_x$  — скорости рабочего и холостого хода).

Протягивание сверху вниз (рис. 12.1, *в*) или снизу вверх (рис. 12.2, *г*) неподвижного изделия осуществляется на вертикально-протяжных станках. Преимуществами вертикального протягивания являются улучшение стружкоотвода и подвода СОЖ, исключение влияния массы протяжки на точность обработки и стойкость, меньшая площадь, занимаемая станком, недостатками — большая высота станков, сложность обслуживания.

Протягивание с вращением изделия или протяжки (рис. 12.1, *б*), как правило, применяется для обработки винтовых пазов.

Прошивка неподвижного изделия сверху вниз (рис. 12.1, *д*) не требует специального оборудования, однако небольшая длина инструмента (до 15 диаметров) не позволяет снимать достаточно большие припуски, что ограничивает область применения.

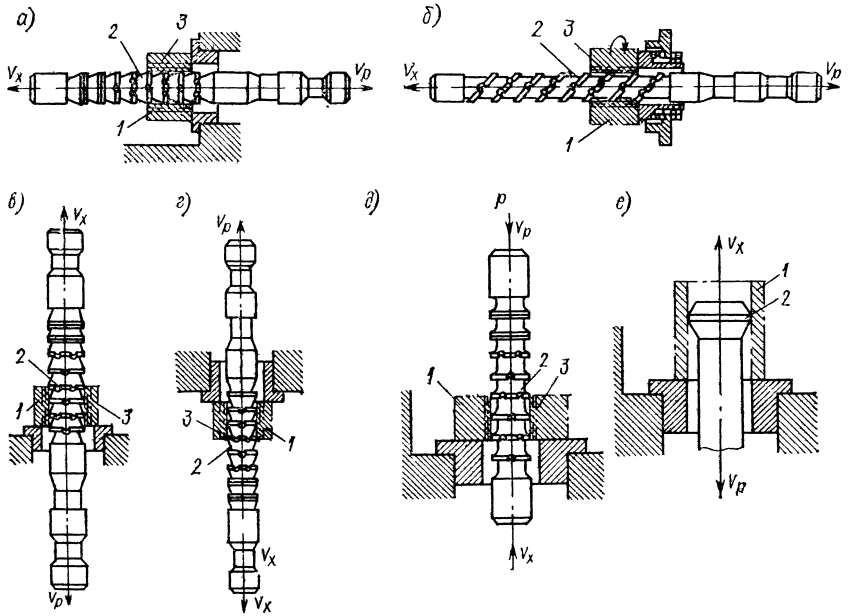


Рис. 12.1. Виды внутреннего протягивания ( $H$  — длина хода инструмента (изделия);  $v_p$  — рабочий ход;  $v_x$  — холостой ход):  
 1 — изделие; 2 — протяжка; 3 — слой срезаемого металла

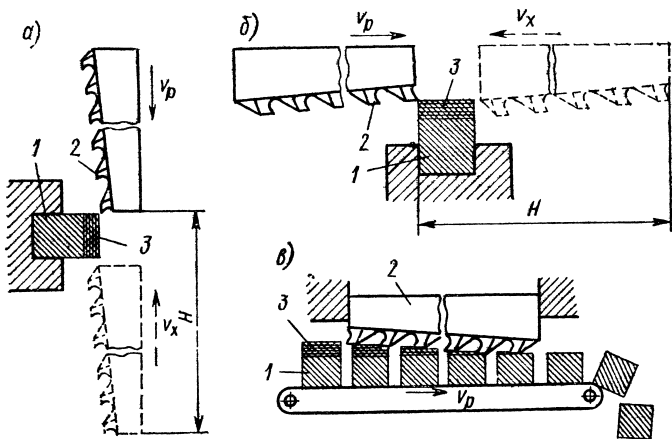


Рис. 12.2. Виды наружного протягивания (обозначения см. рис. 12.1)

Обработка деформирующей протяжкой, прошивкой (рис. 12.1, е) может осуществляться как отделочная операция после предварительной обработки, как подготовительная перед протягиванием операция, исправляющая форму и размеры отверстия, или в комбинациях: режуще-деформирующее протягивание (срезание основного припуска регулирующей частью протяжки, отделка деформирующей частью), деформирующе-режуще-деформирующее протягивание (подготовка отверстия деформирующей частью протяжки, срезание припуска режущей частью, отделка деформирующей частью); протягивание с нарезанием резьбы (метчик-протяжка).

Основные виды наружного протягивания приведены на рис. 12.2, а—в. Протягивание с возвратно-поступательным перемещением протяжки в вертикальном (рис. 12.2, а) или горизонтальном (рис. 12.2, б) направлениях. Непрерывное протягивание (рис. 12.2, в) неподвижной протяжкой перемещающихся заготовок или протягивание неподвижных заготовок перемещающимися по замкнутому контуру протяжками.

### 12.3. Схемы резания при протягивании

Схемы резания при протягивании определяются формой, расположением зубьев протяжки и последовательностью их работы. Выделяют следующие схемы протягивания (табл. 12.2):

профильная — весь припуск снимается слоями, по всему профилю конфигурация слоев соответствует конфигурации готового профиля; схема применяется как окончательная, недостаток ее — сложность изготовления, заточки и переточки протяжки;

генераторная — припуск снимается плоскими параллельными или дугообразными слоями;

групповая (переменного резания) — каждый зуб срезает только часть ширины слоя, приходящегося на группу зубьев за счет укорочения длины регулирующих кромок зубьев; что снижает нагрузки на зуб, позволяет работать с большими толщинами среза при той же нагрузке.

Обычно протяжки (особенно круглые) имеют группы зубьев с различными схемами резания, причем чистовые и калибрующие участки выполняют по профильной схеме резания; комбинированные схемы применяют и при использовании комплектных протяжек (протяжки 1-го прохода, снимающие основной слой металла по групповой схеме, 2-го прохода — по генераторной или профильной схеме).

### 12.4. Конструкции протяжек

Конструкции протяжек весьма разнообразны. Основные типы стандартизованных протяжек и их назначение приведены в табл. 12.3.

## 12.2. Схемы резания при протягивании

Операции протягивания	Схемы резания		
	профильная	генераторная	групповая переменного резания (разновидность генераторной)
Протягивание плоскости			
Протягивание цилиндрического отверстия			
Протягивание фасонной поверхности			

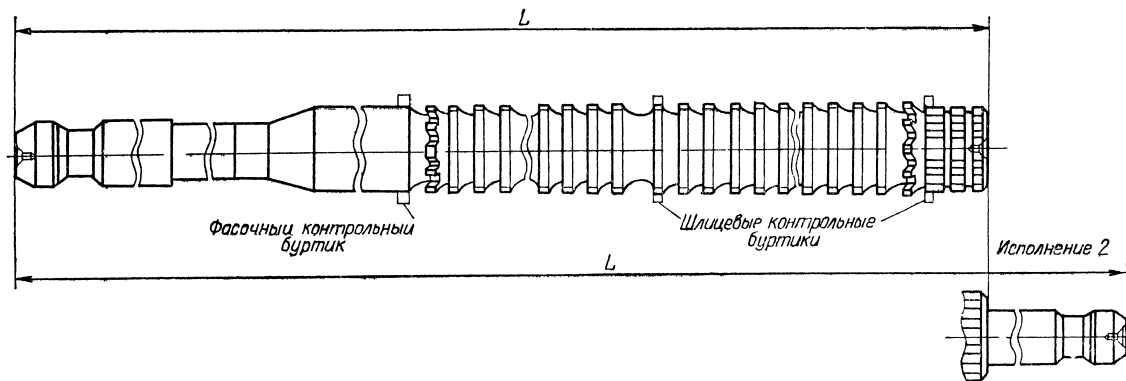
Операции протягивания	Схемы резания		
	профильная	генераторная	групповая переменного резания (разновидность генераторной)
Протягивание шлицевого отверстия			
Протягивание квадратного отверстия			

Примечание. На рисунках: *I* — протяжка; *II* — изделие;  $s_z$  — подача на зуб; *A* — припуск на протягивание, *B* — ширина срезаемого слоя металла; *I* — металл, срезаемый первым зубом всех секций групповых протяжек или каждым зубом обычных протяжек; *2* — металл, срезаемый вторым зубом всех секций.

### 12.3. Основные типы стандартизованных протяжек

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

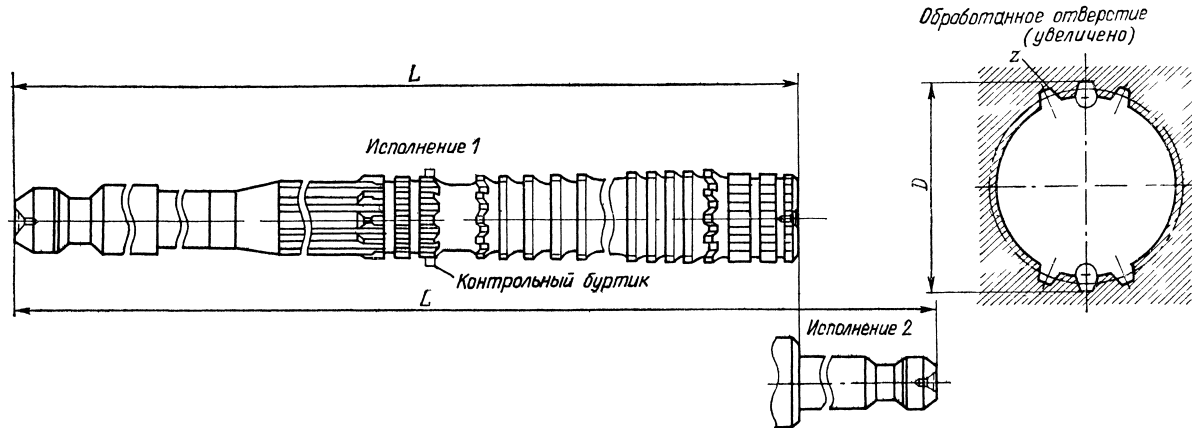
Протяжка 1-го прохода





## Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

## Протяжка 2-го прохода



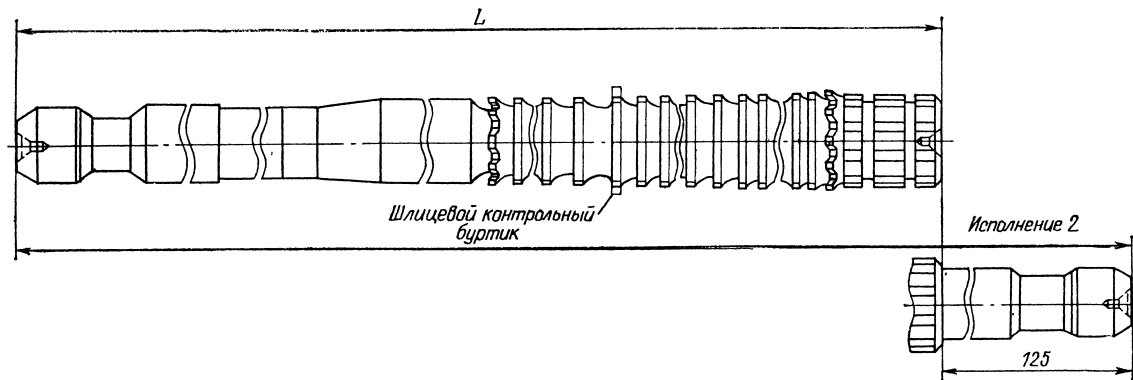
Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру, двухпроходные с сочетанием полей допусков на  $D$  и  $e$  — Н7—9Н и Н8—11Н

ГОСТ 25157—82:  $D = 12; 14$  мм;  $L = 400$  мм;  $m = 1$  мм;  $z = 10; 12$ ;  $l_{CT} = 15 \div 23$  мм;  $l_{чуг} = 15 \div 28; 70 \div 190; 70 \div 210$  мм — длины протягивания по стали и чугуну

ГОСТ 25159—82:  $D = 15 \div 20$  и  $90$  мм;  $L = 500 \div 650; 1300; 1425$  мм;  $m = 1 \div 1,5$  и  $2,5$  мм;  $z = 12 \div 16; 34$ ;  $l_{CT} = 20 \div 43$  мм;  $l_{чуг} = 20 \div 550$  мм

ГОСТ 25161—82:  $D = 70 \div 90$  мм;  $L = 1325 \div 1500$  мм;  $m = 3,5 \div 5$  мм;  $z = 12 \div 24$ ;  $l_{CT} = 45 \div 157$  мм;  $l_{чуг} = 45 \div 190$  мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



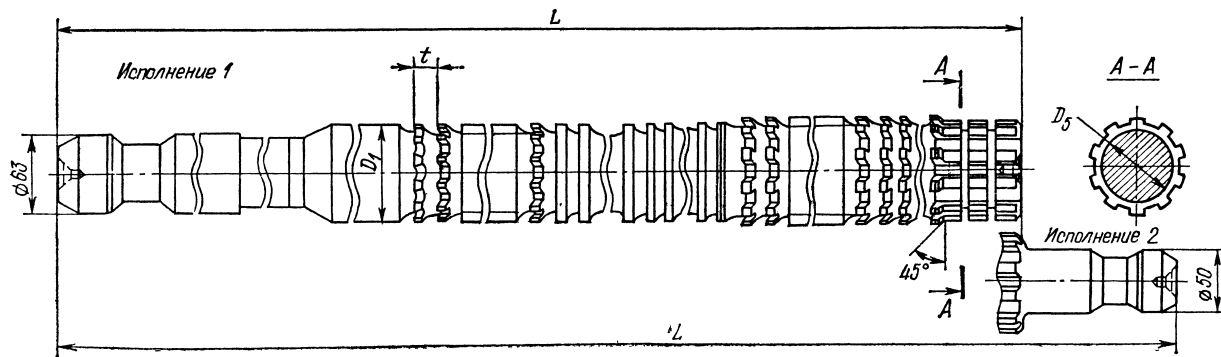
Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру, однопроходные с сочетанием полей допусков на  $D$  и  $e$  — H7—9H и H8—11H

ГОСТ 25158—82:  $D = 15 \div 90$  мм;  $L = 500 \div 1375$  мм;  $m = 1 \div 2,5$  мм;  $z = 12 \div 38$ ;  $l_{\text{СТ}} = 16 \div 150$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 16 \div 180$  мм

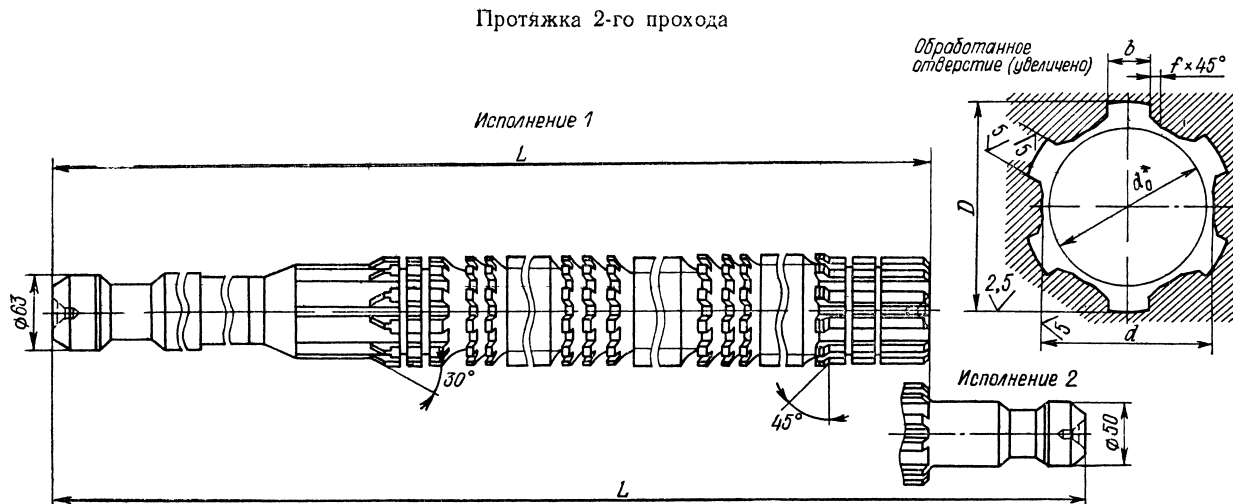
ГОСТ 25160—82:  $D = 45 \div 90$  мм;  $L = 1175 \div 1500$  мм;  $m = 3 \div 5$  мм;  $z = 12 \div 28$ ;  $l_{\text{СТ}} = 30 \div 157$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 30 \div 190$  мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

## Протяжка 1-го прохода



Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



Протяжки для шлицевых отверстий с прямоугольным профилем с центрированием по наружному диаметру, комбинированные, переменного резания двухпроходные, с сочетанием полей допусков на  $D$  и  $b$  — Н7—D9, Н7—F10; Н8—F8, Н8—D9

ГОСТ 24819—81:  $D = 14 \div 22$  мм;  $d = 11 \div 18$  мм;  $b = 3,0 \div 5$  мм;  $z = 6$ ;  $d_0 = 11,0 \div 17,65$  мм;  $l = 12 \div 42$  мм

ГОСТ 24819—81:  $D = 25 \div 34$  мм;  $d = 21 \div 28$  мм;  $b = 5 \div 7$  мм;  $z = 6$ ;  $d_0 = 20,65 \div 27,5$  мм;  $l = 32 \div 80$  мм

ГОСТ 24821—81:  $D = 38 \div 72$  мм;  $d = 32 \div 62$  мм;  $b = 6 \div 12$  мм;  $z = 8$ ;  $d_0 = 31,5 \div 61,5$  мм;  $l_{\text{СТ}} = 45 \div 140$  мм;  $l_{\text{ЧГТ}} = 45 \div 190$  мм

ГОСТ 24823—81:  $D = 78 \div 92$  мм;  $d = 72 \div 82$  мм;  $b = 12$  мм;  $d_0 = 71,5 \div 81,5$  мм;  $z = 10$ ;  $l_{\text{СТ}} = 50 \div 150$  мм;  $l_{\text{ЧГТ}} = 50 \div 200$  мм

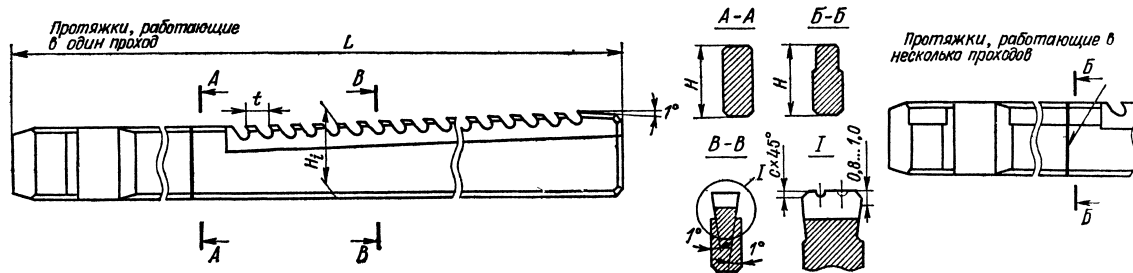
## Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок

Протяжки для шлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру, комбинированные, переменного резания, однопроходные, с сочетанием полей допусков на  $D$  и  $b$  — H7—D9, H7—F10, H8—F8, H8—D9

ГОСТ 24818—81:  $D = 25 \div 34$  мм;  $L = 750 \div 1125$  мм;  $d = 21 \div 28$  мм;  $b = 5 \div 7$  мм;  $z = 6$ ;  $d_0 = 20,65 \div 27,5$  мм;  $l = 23 \div 55$  мм

ГОСТ 24820—81:  $D = 36 \div 68$  мм;  $L = 925 \div 1625$  мм;  $d = 32 \div 62$  мм;  $b = 6 \div 12$  мм;  $z = 8$ ;  $d_0 = 31,5 \div 61,5$  мм;  $l_{CT} = 30 \div 124$  мм;  $l_{чуг} = 30 \div 149$  мм

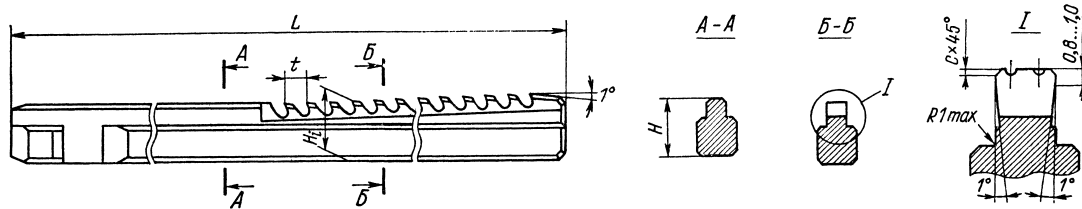
ГОСТ 24822—81:  $D = 78; 88$  мм;  $L = 1325 \div 1525$  мм;  $d = 72; 82$  мм;  $b = 12$  мм;  $z = 10$ ;  $d_0 = 71,5; 81,5$  мм;  $l_{CT} = 45 \div 105$  мм;  $l_{чуг} = 45 \div 130$  мм



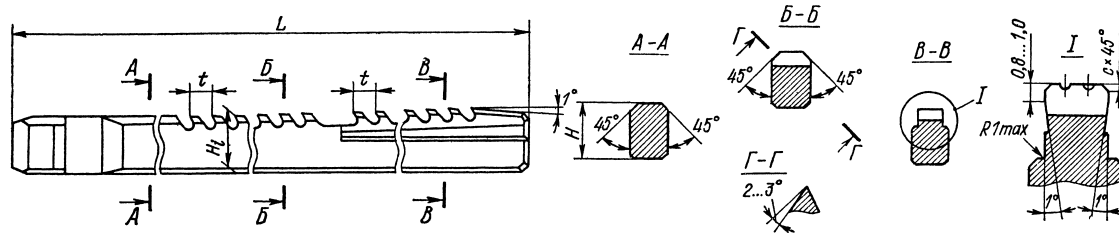
Протяжки шпоночные для обработки шпоночных пазов с полями допусков  $j_s9$ ; D10

ГОСТ 18127—80:  $b = 6 \div 50$  мм;  $H = 15 \div 60$  мм;  $L = 565 \div 1550$  мм;  $A = 3,58 \div 21,09$  мм — максимальный припуск на протягивание;  $d = 18 \div 230$  мм;  $\Delta = 0,3 \div 0,7$  мм — припуск на шлифование отверстия;  $s = 1,17 \div 18,23$  мм — толщина подкладки;  $t_{max} = 2,8 \div 17,4$  мм;  $l_{CT} = 20 \div 260$  мм;  $l_{чуг} = 20 \div 340$  мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



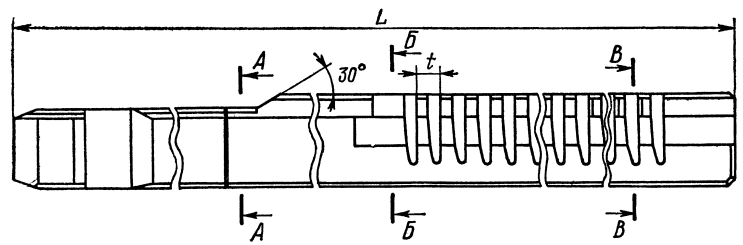
Протяжки шпоночные с утолщенным телом для обработки за один проход шпоночных пазов с полями допусков  $j_s9$ ; D10  
 ГОСТ 18218—80:  $b = 3 \div 10$  мм;  $H = 6 \div 22$  мм;  $b_2 = 4 \div 15$  мм;  $L = 475 \div 1150$  мм;  $d = 8,5 \div 38,0$  мм;  $A = 1,89 \div 5,07$  мм;  $\Delta = 0,2 \div 0,4$  мм;  $t_{\max} = 1,4 \div 3,8$  мм;  $l_{\text{СТ}} = 11 \div 115$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 11 \div 160$  мм



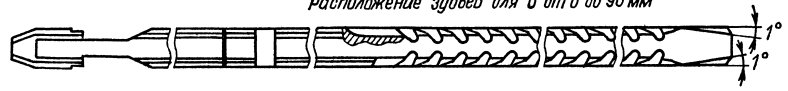
Протяжки шпоночные с фасочными зубьями для обработки шпоночных пазов со снятием заусенцев и с полями допусков  $j_s9$ ; D10

ГОСТ 18129—80:  $b = 3 \div 10$  мм;  $H = 6 \div 22,0$  мм;  $L = 495 \div 1255$  мм;  $d = 8,5 \div 38,0$  мм;  $A = 2,04 \div 5,42$  мм;  $\Delta = 0,2 \div 0,4$  мм;  $t_{\max} = 1,4 \div 3,8$  мм;  $l_{\text{СТ}} = 11 \div 115$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 11 \div 160$  мм;  $f = 0,15 \div 0,5$  мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



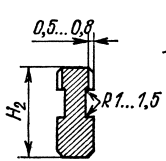
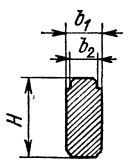
Расположение зубьев для  $b$  от 6 до 90 мм



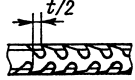
A-A

Б-Б

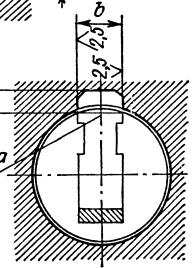
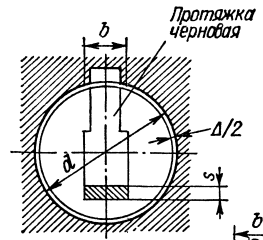
В-В



Вариант расположения зубьев для  $b = 6$  и 8 мм

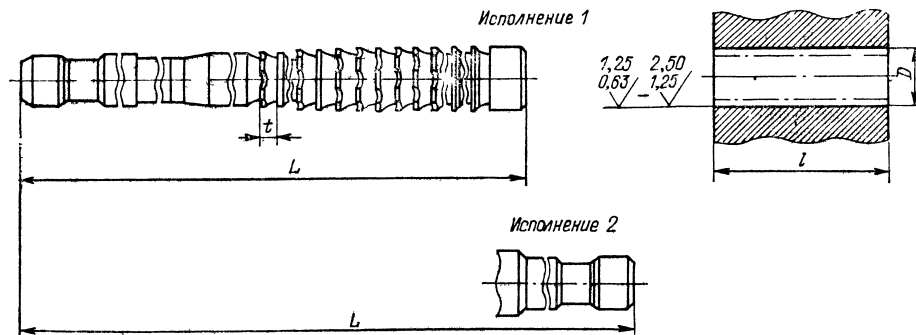


Обработанное отверстие (увеличено)



Протяжки шпоночные для пазов повышенной чистоты  
 ГОСТ 18220—80: тип 1 — черновые —  $b = 6 \div 50$  мм;  $H = 15 \div 60$  мм;  $L = 565 \div 1550$  мм; тип 2 — чистовые —  $b = 6 \div 50$  мм;  $H = 15 \div 60$  мм;  $H_2 = 16,26 \div 62,82$  мм;  $L = 475$  мм;  $d = 18 \div 230$  мм;  $A = 3,58 \div 21,09$  мм;  $\Delta = 0,3 \div 0,7$  мм;  $t_1$  наиб =  $2,8 \div 17,4$  мм;  $s = 1,17 \div 18,23$  мм;  $l_{от} = 20 \div 260$  мм;  $l_{чур} = 20 \div 340$  мм

Наименование, основные параметры и размеры протяжки и обрабатываемых заготовок



Протяжки круглые переменного резания универсальные для обработки цилиндрических отверстий с полями допусков Н7; Н8; Н9

ГОСТ 20364—74\*:  $D = 10 \div 13$  мм;  $L = 360 \div 430$  мм;  $\Delta = 0,6 \div 0,16$  мм;  $l_{\text{СТ}} = 10,5 \div 34$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 10,5 \div 40$  мм

ГОСТ 20365—74\*:  $D = 14 \div 90$  мм;  $L = 460 \div 1380$  мм;  $l_{\text{СТ}} = 15 \div 230$  мм;  $l_{\text{ЧУГ}} = 15 \div 250$  мм

$D$ , мм	14—18	18—20	20—30	30—40	40—50	50—75	75—90
$\Delta$ , мм	0,6—0,66	0,9—0,92	1,1—1,12	1,16—1,2	1,26—1,3	1,4	1,5

Примечание.  $\Delta$  — припуск на протягивание,  $l$  — длина изделия



На рис. 12.3 представлены основные элементы протяжек и прошивок. В некоторых случаях, чтобы легче было извлечь прогряжку из зоны резания, хвостовик выполняется и со стороны калибрующей части (задняя хвостовая часть), а при необходимости ориентации протяжки относительно обрабатываемой заготовки на хвостовой и задней хвостовой частях выполняются ориентирующие элементы.

Технические условия на протяжки как стандартные, так и специальные, изготавливаемые централизованно, приведены в ГОСТ 9126—76\* (протяжки для цилиндрических отверстий),

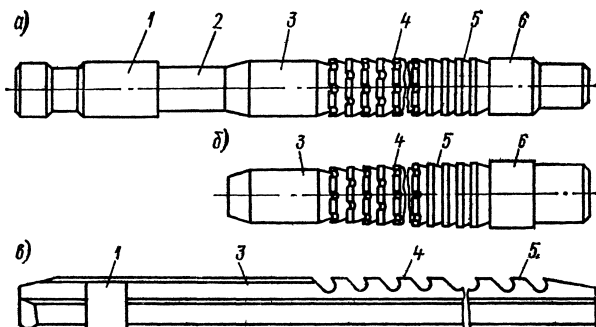


Рис. 12.3. Основные элементы протяжек и прошивок: а — круглая протяжка; б — круглая прошивка; в — шпоночная протяжка;

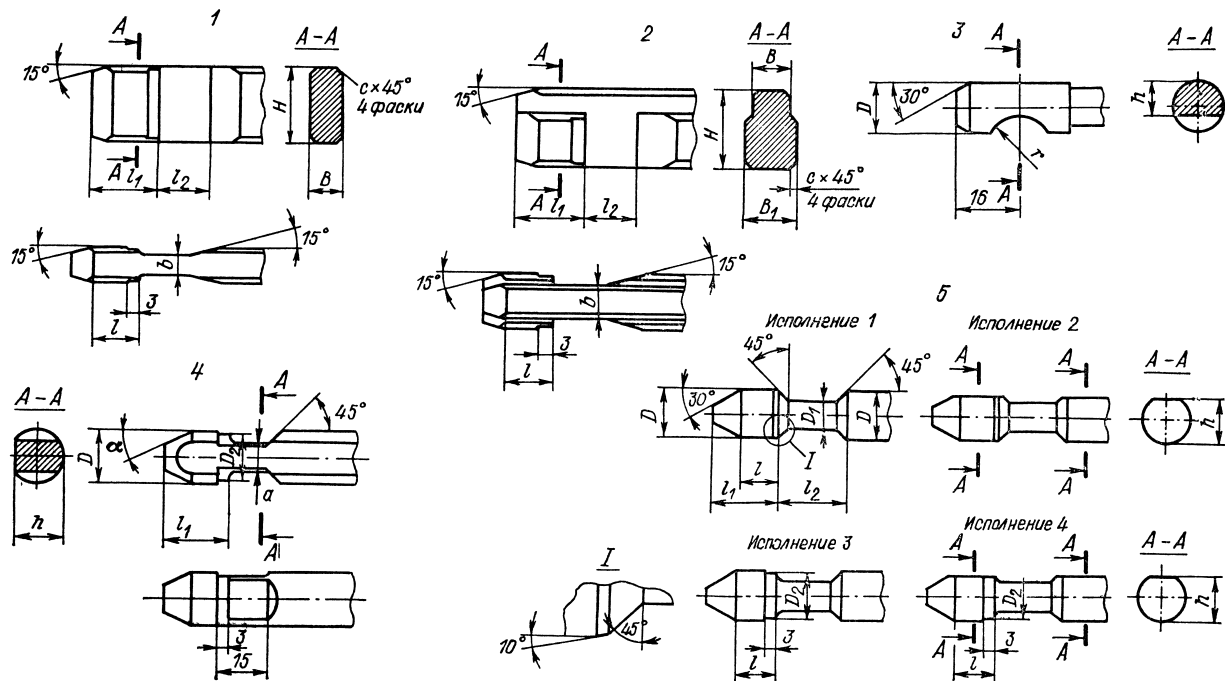
1 — хвостовик; 2 — шейка; 3 — передняя направляющая часть; 4 — режущая часть; 5 — калибрующая часть; 6 — задняя направляющая часть

ГОСТ 16491—80\* Е (протяжки шпоночные), ГОСТ 16492—70\* (протяжки для гранных отверстий), ГОСТ 6767—79\* (протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем), ГОСТ 7943—78\* (протяжки для шлицевых отверстий с прямоугольным профилем).

Типы и основные размеры хвостовиков протяжек приведены в табл. 12.4. Хвостовики (передние и задние) могут выполняться заодно с протяжкой (цельные протяжки), привариваться к ней (сварные протяжки) или крепиться механически. Цельными выполняются протяжки из стали ХВГ и быстрорежущей стали для цилиндрических шлицевых отверстий диаметром до 18 мм, для гранных отверстий с диаметром описанной окружности до 18 мм, шпоночные — шириной до 20 мм. Допускается протяжка из быстрорежущей стали для цилиндрических и шлицевых отверстий диаметром свыше 60 мм и протяжки для заготовок массового производства также выполнять цельными.

Материал хвостовика сварных протяжек — сталь 40Х, материал хвостовика протяжек с механическим креплением хвостовика — конструкционная сталь по ГОСТ 4543—71\* или инструментальная сталь по ГОСТ 5950—73\*. Твердость замковой части

## 12.4. Основные размеры хвостовиков протяжек, мм



Тип, основные размеры хвостовика																								
1. Хвостовики плоские типа 1 (ГОСТ 4043—70 *)																								
<i>B</i>	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20	22	24	25	28	32	36	40	45	50				
<i>b</i>	2,4	3,2	4	4,5	5	7	8	10	12	13	15	16,5	18	19	21	24	28	32	36	40				
<i>H</i>	7	11	15	16	18	22	28	30	36	40	45		50		55	60								
<i>l</i>	14						17						20			28								
<i>l<sub>1</sub></i>	20						25						30			40								
<i>l<sub>2</sub></i>	16						18			22			28			36								
2. Хвостовики плоские типа 2 (ГОСТ 4043--70 *)																								
<i>B</i>	2		(2,5) 3				4		5		6		7		8		10							
<i>B<sub>1</sub></i>	3		4				6		8		10				12		15							
<i>b</i>	1,5		2,5				4		5		6		7		8		10							
<i>H</i>	4		5		6		7		11		15		16		18		22							
<i>l</i>	14																							
<i>l<sub>1</sub></i>	20																							
<i>l<sub>2</sub></i>	16																							
3. Хвостовики круглые типа 1 (ГОСТ 4044—70 *)																								
<i>D</i>	5		5,5			6			7			8			9			10			11			
<i>d</i>	3,4		3,8			4,0			4,7			5,4			6,0			6,8			7,5			
<i>r</i>	3						4						5			6			8					
<i>F</i> , мм <sup>2</sup>	14,3		17,6				20,1			27,6			36,3			45,3			57,2			69,4		

Тип, основные размеры хвостовика

4. Хвостовики круглые типа 2 (ГОСТ 4044—70 *)																					
$D$	4	5	5,5	6	7	8	10	12	14	16	18										
$D_2$	3,8	4,8	5,3	5,8	6,8	7,8	9,8	11,7	13,7	15,7	17,7										
$a$	2	3	3,3	4	4,2	5	6	8	8	10	12										
$d$	3,7	4,6	5,1	5,6	6,5	7,5	9,5	11,5	13,5	15,5	17,5										
$l_1$	16						20														
$F, \text{мм}^2$	6,6	13,2	15,8	20,9	23,8	35,4	61,5	85,2	96,1	145	193										
5. Хвостовики круглые типа 3 (ГОСТ 4044—70 *)																					
$D$	12	14	16	18	20	22	25	28	32	36	40	45	50	(55)	56	(60)	63	70	80	90	100
$D_1$	8	9,5	11	13	15	17	19	22	25	28	32	34	38	42	42	45	48	53	60	70	75
$l$	12			16				20					25				32				
$l_1$	17			21				32					40				50				
$l_2$	20			25				32					40				50				
$h$ . . . . .					10,5	12,5	14,0	16,0	17,0	19,0	21,5	24,0	27,5	31,0	34,5	39,0					
$F, \text{мм}^2$ . . . . .					50,3	70,9	95,0	132,7	176,7	227,0	283,5	380,1	490,9	615,7	804,2	907,9					
$h$ . . . . .					43,5	48,5	48,5	55,0	55,0	61,0	69,5	78,5	87,0								
$F, \text{мм}^2$ . . . . .					1134,1	1385,4	1385,4	1590,4	1809,6	2206,2	2827,4	3848,4	4417,9								

переднего хвостовика цельных протяжек из быстрорежущей стали 42—56 HRC<sub>9</sub> (у протяжек для обработки заготовок массового производства 50—56 HRC<sub>9</sub>), твердость замковой части переднего хвостовика сварных протяжек 42—50 HRC<sub>9</sub>, протяжек с механическим креплением 42—56 HRC<sub>9</sub>.

Параметр шероховатости верхней и боковых поверхностей хвостовика (у шлицевых протяжек), цилиндрической части хвостовика и конической поверхности под кулачки —  $R_a \leq 1,25$  мкм.

Шейка 2 (см. рис. 12.3) выполняется диаметром на 0,5—1 мм меньше диаметра хвостовика и служит для облегчения установки протяжки при закреплении ее в тяговом патроне. Длина шейки при протягивании с применением приспособлений для закрепления заготовок на предметном столе должна быть на 10—15 мм больше суммы размеров толщины предметного стола и высоты приспособления (у специальных протяжек). При протягивании без использования приспособления длина шейки на 10—15 мм превышает толщину предметного стола. На шейке располагается маркировка протяжки, в зоне шейки у сварных протяжек находится сварной шов.

Рабочая часть протяжки состоит из направляющих (передней и задней), режущей и калибрующей частей, а у протяжек режуще-деформирующих — деформирующей части (или частей). Рабочая часть выполняется из стали ХВГ (ГОСТ 5950—73\*), быстрорежущих сталей по ГОСТ 19265—73\*, твердых сплавов. У сборных протяжек из перечисленных материалов выполняются режущие, калибрующие и деформирующие элементы, а у специальных протяжек, оснащаемых режущими пластинами, последние могут выполняться из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, минералокерамики и сверхтвердых материалов.

Твердость зубьев и задней направляющей из быстрорежущих сталей 62—65 HRC<sub>9</sub>, зубьев из стали ХВГ 61—64 HRC<sub>9</sub>, передней направляющей из быстрорежущей стали 60—65 HRC<sub>9</sub>, передней и задней направляющих из стали ХВГ 56—64 HRC<sub>9</sub>.

Передняя направляющая часть 3 служит для направления и центрирования протяжки во время начала протягивания. Переходный конический участок облегчает центрирование протяжки при ее продевании через заготовку во время установки и закреплении. Двойной угол конуса переходного участка равен 20—90°.

Длина передней направляющей (от начала конуса на шейке до первого зуба) на 0,5 шага зуба превышает длину протягивания (для специальных протяжек). Для стандартных протяжек это соотношение не соблюдается в связи с большими пределами значений длины протягивания и неопределенными условиями эксплуатации

Форма направляющей соответствует форме обрабатываемой поверхности. Для цилиндрических протяжек направляющие — цилиндрические, для шлицевых и гранных протяжки 1-го прохода — цилиндрические (отверстие в заготовке цилиндрическое),

у протяжки 2-го прохода — шлицевые (или гранные), у плоских протяжки — плоские.

Диаметр передней цилиндрической направляющей принимается равным диаметру отверстия в заготовке. Диаметр передней шлицевой (2-го и последующих проходов) направляющей принимается на 0,1—0,3 мм меньше наружного диаметра калибрующих зубьев 1-й протяжки. Ширина шлицев передней направляющей на 0,05—0,1 мм меньше ширины калибрующего шлица 1-й протяжки.

Рабочая часть протяжки предназначена для съема всего припуска (при обработке одной протяжкой). При обработке комплектом протяжек припуск соответственно распределяется. Число зубьев режущей и калибрующей частей протяжек рассчитывают по формулам:

$$z = z_1 + z_2 + z_3; \quad z_1 = \frac{A_1}{a_1}; \quad z_2 = \frac{A_2}{a_2}; \quad z_3 = 4 \div 8;$$

$$z = \frac{A_1}{s_{z_1}} + \frac{A_2}{s_{z_2}} + (4 \div 8),$$

где  $A_1$  и  $A_2$  — припуски на черновое и чистовое протягивание соответственно;  $z_3$  — число калибрующих зубьев;  $s_{z_1}$  и  $s_{z_2}$  — толщина срезаемого слоя (условная подача за зуб) при черновом и чистовом протягивании соответственно.

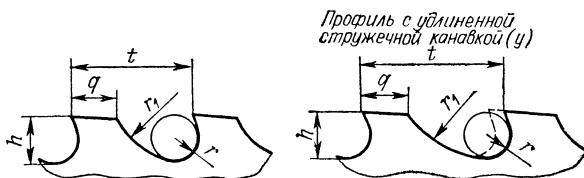
При генераторной, прогрессивной и комбинированной схемах протягивания число зубьев протяжки определяется суммой зубьев каждой группы (секции). Для обеспечения запаса на переточку затупившихся зубьев предусматриваются резервные 1—3 зуба, которые после переточек становятся основными. Общая длина режущей и калибрующей частей  $l_p = z_1 t + (z_2 + z_3) t_1$ .

У протяжек свободного протягивания число зубьев, одновременно участвующих в обработке, должно быть не меньше 2, т. е.  $l_n/t \geq 2$ . Шаг между зубьями, выполняющими однотипные операции (черновые, чистовые, калибрующие), определяется из отношения  $t = (1,25 \div 1,5) \sqrt{l_n}$ . Для чистовых и калибрующих зубьев его значения уменьшаются, а для зубьев протяжек, обрабатывающих заготовки с длиной  $l_n$ , больших  $5H$  ( $5d$ ), увеличиваются (удлиненные профили).

Профиль стружечных канавок обеспечивает размещение стружки при обработке, оказывает влияние на прочность протяжки и характеризуется высотой зуба  $h$ , шириной спинки  $q$ , формой и размерами переходных участков. Высота зуба  $h = (0,3 \div 0,6) t$ ; радиус закругления впадины зуба со стороны передней поверхности  $r = 0,5h$ , со стороны спинки  $r_1 = (0,65 \div 0,8) t$ . Ширина спинки зуба  $q = (0,2 \div 0,35) t$ . У протяжек для глубоких отверстий  $l_n/d \geq 5$ ;  $h = (0,15 \div 0,2) d$ ;  $r = (0,5 \div 0,55) h$ ;  $q = (1,5 \div 1,6) \sqrt[3]{d}$ ;

Стандартные профили зубьев протяжек приведены в табл. 12.5, 12.6 (круглые протяжки), табл. 12.7 (шпоночные протяжки).

## 12.5. Форма и размеры профиля зубьев круглых протяжек, мм



Номер профиля	$t$	$h$	$r$	$q$	$r_1$	Активная площадь, мм <sup>2</sup>
1	4,0	1,6	0,8	1,5	2,5	1,77
2		1,8	0,9	1,2	2,8	2,54
1	4,5	1,6	0,8	2,0	2,5	1,77
2		1,8	0,9	1,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	1,5	3,0	3,14
1У	5,0	1,6	0,8	2,2	2,5	1,77
2		1,8	0,9		2,8	2,54
3		2,0	1,0	2,0	3,0	3,14
1У	5,5	1,6	0,8	2,5	2,5	1,77
2		1,8	0,9	2,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	2,5	3,0	3,14
2У	6,0	1,8	0,9	2,7	2,8	2,54
3		2,0	1,0	3,0	3,0	3,14
4		2,5	1,3	2,0	4,0	4,90
3У	7,0	2,0	1,0	3,5	3,0	3,14
4		2,5	1,3	3,0	4,0	4,90
5		3,0	1,5	2,3	5,0	7,10
4	8,0	2,5	1,3	4,0	4,0	4,90
5		3,0	1,5	3,3	5,0	7,10
6		3,6	1,8	2,5	5,5	9,60
4У	9	2,5	1,3	4,0	4,0	4,9
5		3,0	1,5	4,3	5,0	7,1
6		3,6	1,8	3,5	5,5	6,6
5У	10	3,0	1,5	4,3	5,0	7,1
6		3,6	1,8	4,5	5,5	9,6
7		4,0	2,0	3,5	6,0	12,6

Номер профиля	$t$	$h$	$r$	$q$	$r_1$	Активная площадь, мм <sup>2</sup>
6У	11	3,6	1,8	4,5	5,5	9,6
7		4,0	2,0		6,0	12,6
8		4,5	2,3	4,0	7,0	15,9
7	12	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6
8		4,5	2,3	5,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	4,0	8,0	19,6
7У	13	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6
8		4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	5,0	8,0	19,6
8У	14	4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5		8,0	19,6
10		6,0	3,0	4,5	10,0	28,3
8У	15	4,5	2,3	6,0	7,0	15,9
9		5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	5,5	10,0	28,3
9У	16	5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	6,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	5,0	11,0	38,5
9У	17	5,0	2,5	7,0	8,0	19,6
10		6,0	3,0	7,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	6,0	11,0	38,5
10	18	6,0	3,0	8,5	10,0	28,3
11		7,0	3,5	7,0	11,0	38,5
12		8,0	4,0	6,0	12,0	50,3
10У	19	6	3,0	8,5	10	28,3
11		7	3,5	8,0	11	38,5
12		8	4,0	7,0	12	50,3
11	20	7	3,5	9,0	11	38,5
12		8	4,0	8,0	12	50,3
13		9	4,5	6,0	14	63,6
11У	21	7	3,5	9,0	11	38,5



Номер профиля	$t$	$h$	$r$	$q$	$r_1$	Активная площадь, мм <sup>2</sup>
12	21	8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	7,0	14	63,6
11У	22	7	3,5	9,0	11	38,5
12У		8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	8,0	14	63,6
12У	24	8	4,0	9,0	12	50,3
13		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	8,5	16	78,5
12У	25	8	4,0	10,0	12	50,3
13У		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	9,5	16	78,5
12У	26	8	4,0	10,5	12	50,3
13У		9	4,5	10,0	14	63,6
14		10	5,0	10,5	16	78,5
13У	28	9	4,5	10,5	14	63,6
14У		10	5,0	10,5	16	78,5
15		12	6,0	9,5	20	113,0
13У	30	9	4,5	12	14	63,6
14У		10	5,0		16	78,5
15		12	6,0	11,5	20	113,1
13У	32	9	4,5	12,0	14	63,6
14У		10	5,0		16	78,5
15У		12	6,0		20	113,1

Примечания: 1. Удлиненная форма профиля У выполняется тем же резцом при его продольном перемещении. 2. Шаги чистовых и калибрующих зубьев ( $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ) неравномерные и устанавливаются в соответствии с табл. 12.6.

## 12.6. Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев круглых протяжек, мм

$t$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t$	$t_1$	$t_2$	$t_3$	$t$	$t_1$	$t_2$	$t_3$				
4,0	4,0	—	—	9,0 10,0 11,0 12,0 13,0	6,0 7,0	$t_1+1$	$t_1+2$	18,0	13,0						
4,5	4,0										19,0	14,0			
5,0	4,0											20,0	14,0		
												21,0	15,0		
												22,0	16,0		
								24,0	17,0						
5,5	4,0	$t+0,5$	$t_1+1$	14,0	9,0			25,0	18,0						
6,0	4,5			15,0	10,0			26,0	19,0						
7,0	5,0			16,0	11,0			28,0	20,0						
8,0	5,5			17,0	12,0			30,0							
								32,0	22,0	$t_1+2$	$t_1+4$				

Примечания: 1. Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев  $h, q, r, r_1$  устанавливаются в зависимости от шага  $t$  для всех трех шагов одинаковые. 2. Форма профиля зубьев протяжек для шагов  $t_2$  и  $t_3$  удлиненная.

## 12.7. Форма и размеры профиля зубьев шпоночных протяжек, мм

Форма 1. Профиль с удлиненной стругочной канавкой (У)							Форма 2						
1	4,5	2,0	1,5	1,0	3	3,1	8	12,0	4,0	2,5	8	19,	
1У	5,0		1,2				6,0	3,0					10
2	6,0	2,5	2,0	1,3	4	4,9	9	14,0	5,0	3,5	11	38,5	
3	7,0	3,0	2,2	1,5	5	7,1	10У	16,0	7,0	4,5	4,0	12	50,3
4	8,0	2,7	3,0				11	18,0	8,0	6,0			
5	9,0	4,0	2,5	2,0	6	12,6	11У	20,0	9,0	5,5	4,5	14	63,6
5У			3,5				3,0	12	24,0	10,0	7,0	5,0	16
6	10,0	4,5	2,5	2,3	7	15,9	13	26,0	12,0	6,5	6,0	18	113,1
7			14				32,0	14,0	9,0	7,0	22	153,9	

Площадь активного сечения профиля  $F_a$ , приведенная в таблице, соответствует площади окружности с радиусом, равным радиусу закругления впадины зуба  $r$ . Значение  $F_a$  должно быть достаточным для размещения стружки, т. е.  $F_a \geq F_c$ . Площадь, занимаемая стружкой,  $F_c = l_n s_z k$ . Учитывая, что  $h = 2r$ ,  $F_a = \pi h^2/4$ , условие размещения стружки может быть выражено через  $h$ :

$$h \geq \sqrt{\frac{l_n s_z k}{\pi}} \quad \text{или} \quad h \geq 1,13 \sqrt{l_n s_z k}.$$

В зарубежных справочниках условие размещения стружки выражается через  $t$ :  $t \geq 2,5 \sqrt{l_n s_z k}$ , где  $k$  — минимально допустимый коэффициент размещения стружки,  $k = 4,0$  для вязких сталей,  $k = 3,5$  для сталей средней твердости,  $k = 3,0$  для сталей повышенной твердости и  $k = 1,3$  для чугунов.

При использовании стандартных профилей (что целесообразно с точки зрения унификации инструмента 2-го порядка, оснастки, шаблонов, контрольно-измерительных приборов) с определенными значениями  $t$ ,  $h$  и  $z$  из условия размещения стружки можно определить подачу на зуб

$$s_z = \frac{\pi h^2}{4 l_n k} \quad \text{или} \quad s_z = \frac{\pi r^2}{l_n k}.$$

Для протяжек с удлиненным профилем ( $t_y > t$ ) при постоянных значениях  $h$ ,  $r$ ,  $q$  активная площадь  $F_{a,y} = F_a + \Delta t h$  ( $\Delta t = t_y - t$ );

$$s_z = \frac{\pi h^2/4 + \Delta t h}{l_n k} \quad \text{или} \quad s_z = \frac{\pi r^2 + \Delta t h}{l_n k}.$$

Значение  $s_z$  можно определять по номограммам, приведенным на рис. 12.4, *a* — для сливных стружек (сталь, алюминий и т. д.) и рис. 12.4, *б* — для стружек надлома (чугун, бронза). В зависимости от определяемой величины обозначены три пути выбора: *I* — выбор  $s_z$  при известных  $l_n$ ,  $k$  и  $h$ , *II* — выбор  $h$  при заданных  $l_n$ ,  $k$  и  $s_z$  и *III* — проверка по  $k$  при заданных  $l_n$ ,  $s_z$  и  $h$ .

Значение  $s_{zч}$  для чистовых зубьев круглых протяжек выбирается в зависимости от группы качества и числа секций (0,02; 0,01 и 0,005 мм). Для получения поверхности 1-й группы качества рекомендуется следующая разбивка: две секции из двух зубьев с  $s_{zч} = 0,02$  мм; две секции из двух зубьев с  $s_{zч} = 0,01$  мм и две секции из двух зубьев с  $s_{zч} = 0,005$  мм; для получения поверхности 2-й группы число секций с  $s_{zч} = 0,02$  мм сокращается до 1; для получения поверхности 3-й группы исключаются еще и секции с  $s_{zч} = 0,005$  мм, а 4-й группы — число секций по одной с  $s_{zч} = 0,02$  мм и  $s_{zч} = 0,01$  мм.

Существуют следующие группы качества обработанной поверхности: 1 —  $R_a < 1,25$  мкм, квалитет точности не ниже 5; 2 —  $R_a \leq 2,5$  мкм, квалитеты 7, 8; 3 —  $R_a \leq 20$  мкм, квалитет 9; 4 —  $R_a > 40$  мкм, квалитет 11 и ниже.

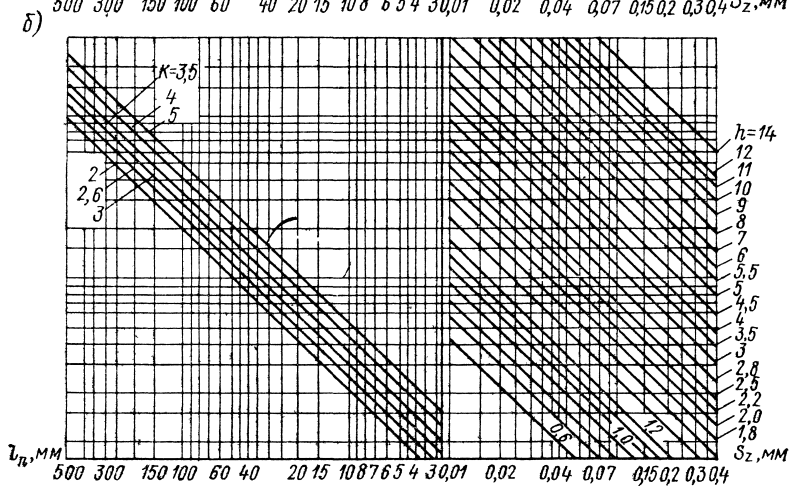
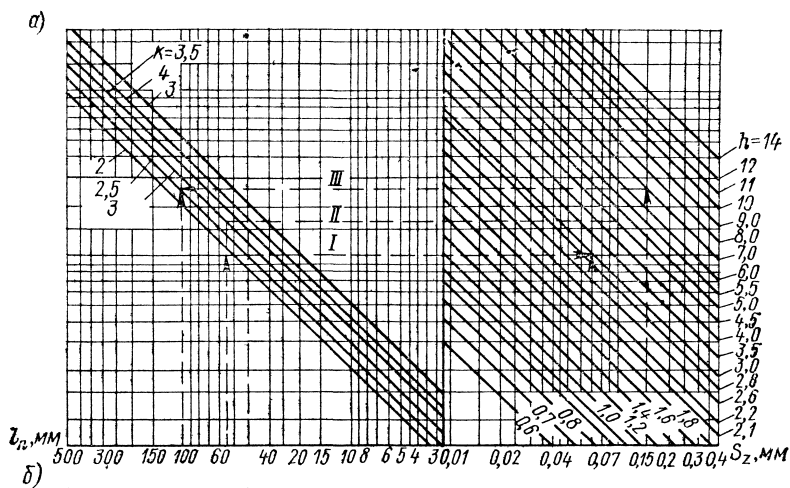


Рис. 12.4. Номограммы зависимости  $s_z$  от  $l_n$ ,  $k$  и  $h$

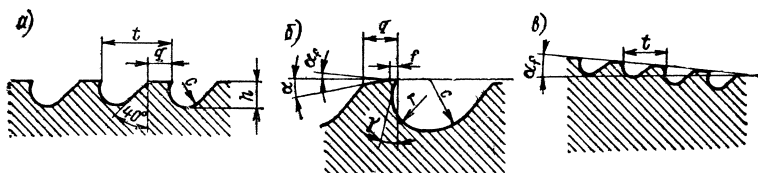


Рис. 12.5. Профили канавок протяжек фирмы «Клингельберг» (ФРГ)

В зарубежной практике применяют отличные от стандартных отечественных профили канавок как по форме (рис. 12.5), так и по размерам (рис. 12.6 и табл. 12.8). Основные размеры профиля и активная площадь построены на рядах чисел  $R 20$  (множитель 1,12) — для размеров профиля и  $R 40$  (множитель 1,06) — для активной площади. Соотношения между размерами профиля по табл. 12.8 и рис. 12.6 (линия 1):  $h = 0,355t$ ;  $r = 0,224t$ ;  $q = 0,315t$ ; размер принимается ближайший из ряда. Профили отличаются большими значениями  $r$  в сравнении со стандартными, меньшими значениями  $q$  и  $h$ . С помощью графика можно определить параметры профиля  $t$ ,  $h$  и  $F_a$  для протяжек с удлиненным профилем канавок (линии 2—4).

Форма передней грани зубьев протяжек и группа их заточки приведены в табл. 12.9. Размер заднего угла у черновых и переходных зубьев —  $3^\circ \pm 30'$ , у чистовых —  $2^\circ \pm 30'$ , у калибрующих —  $1^\circ \pm 15'$ . Ширина зубьев  $b$  без дополнительных конструктивных решений может быть достаточно большой и стружка при внутреннем протягивании примет форму сплошного «чулка», завивание которого затруднено. Для создания стружки рациональной формы на поверхности кольцевых зубьев выполняют стружкоразделительные канавки, выкружки или используют схемы обработки,

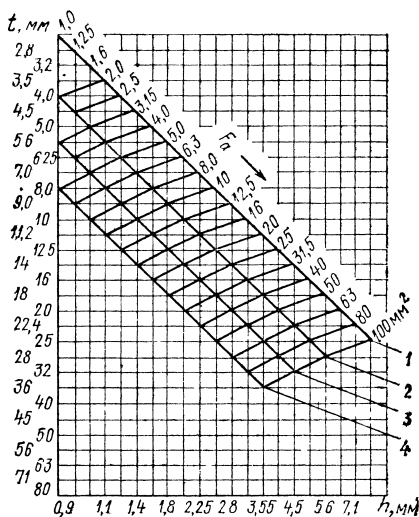

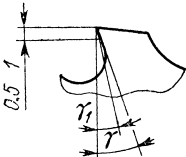
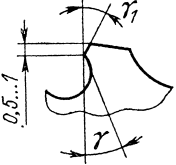


Рис. 12.6. Графики зависимости размеров  $F_a$ ,  $h$  и  $t$ , рекомендуемые фирмой «Клингельберг» (ФРГ)

12.8. Размеры профиля зубьев протяжек, мм

$F_a$ , мм <sup>2</sup>	$t$	$h$	$q$	$r$	$F_a$ , мм <sup>2</sup>	$t$	$h$	$q$	$r$
1	2,5	0,9	0,8	0,56	12,5	9,0	3,15	2,8	2,0
1,25	2,8	1,0	0,9	0,63	16,0	10,0	3,55	3,15	2,25
1,6	3,2	1,1	1,0	0,7	20,0	11,2	4,0	3,55	2,5
2,0	3,5	1,25	1,1	0,8	25,0	12,5	4,5	4,0	2,8
2,5	4,0	1,4	1,25	0,9	31,5	14,0	5,0	4,5	3,15
3,15	4,5	1,6	1,4	1,0	40,0	16,0	5,6	5,0	3,55
4,0	5,0	1,8	1,6	1,1	50,0	18,0	6,3	5,6	4,0
5,0	5,6	2,0	1,8	1,25	63,0	20,0	7,1	6,3	4,5
6,3	6,25	2,25	2,0	1,4	80,0	22,4	8,0	7,1	5,0
8,0	7,0	2,5	2,25	1,6	100,0	25,0	9,0	8,0	5,6
10,0	8,0	2,8	2,5	1,8					

## 12.9. Группы заточки и форма передней грани зубьев протяжек

<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Форма А</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Форма Б</p>  </div> <div style="text-align: center;"> <p>Форма В</p>  </div> </div>					
Группа заточки	Передний угол $\gamma$				Рекомендуемые материалы по группам обрабатываемости
	черновых и переходных зубьев		чистовых и калибрующих зубьев		
	Форма	Значение, °	Форма	Значение, °	
I	А	20	А	20	Стали I группы обрабатываемости, алюминиевые сплавы X группы обрабатываемости
II		15		18	Стали II и III групп обрабатываемости
III		10	10	Стали IV и V групп обрабатываемости	
IV		10	Б	10	Чугун ковкий VI и VII групп обрабатываемости
V		10	В	10	Чугун серый VI и VII групп обрабатываемости, бронза, латунь VIII и IX групп обрабатываемости
Примечание. Для IV и V групп заточки $\gamma_1 = 0 \div 5^\circ$ .					

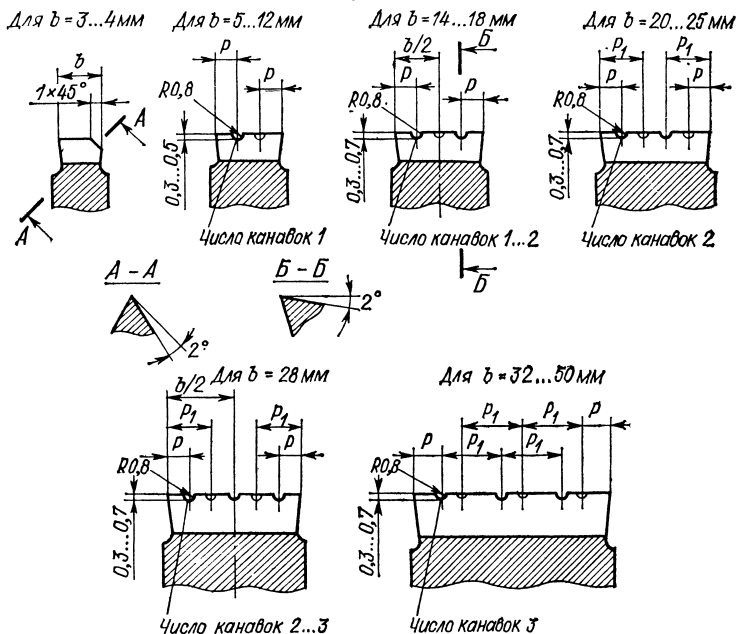
обеспечивающие разделение стружки по ширине. Наибольшая допустимая ширина стружки (длина дуги у круглых протяжек) не должна превышать 10—15 мм. Форма и размеры стружкоразделительных канавок и фасок на шпоночных протяжках приведены в табл. 12.10. Ширина срезаемого слоя может быть определена также по формуле  $b = (1 \div 1,5)\sqrt{D}$  при  $D < 100$  мм.

Форма и размеры зубьев стандартных комбинированных протяжек и их секций приведены в табл. 12.11. Комбинируя расположение секций, создают различные схемы протягивания, что особенно целесообразно при обработке шлицевых отверстий с пря-

## 12.10. Форма и размеры стружкоразделительных канавок и фасок на шпоночных протяжках, мм

Вид поотяжки, форма и размеры канавок и фасок

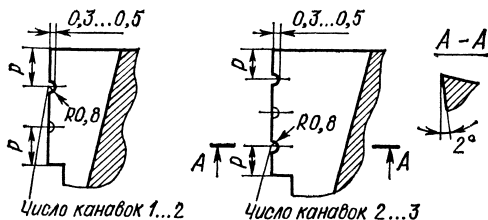
Протяжки общего назначения и черновые протяжки для пазов с малой шероховатостью



Номинальная ширина паза	5; 6	8	10	12	14	16; 18	20; 22	25	28	32	36	40	45	50
$P$	1,5	2	3	4	3	4	4	5	4	5	6	6,5	8	
$P_1$							8	10	9	10	12	13	14	

Чистовые протяжки для пазов с малой шероховатостью

Для  $b = 14 \dots 25$  мм      Для  $b = 28 \dots 50$  мм



Номинальная ширина паза $b$	6; 8; 10; 12	14; 16	18	20	22	25	28	32	36	40; 45	50
$P$	—	2,5	3	3,5	4	4,5	3,5	4,0	4,5	5	6

Примечание. Канавки и фаски на режущих зубьях следует выполнять в шахматном порядке.

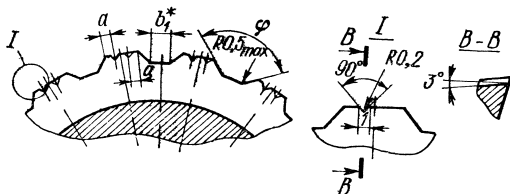
## 12.11. Форма и размеры зубьев стандартных протяжек, мм

Вид протяжки, ее размеры, эскиз

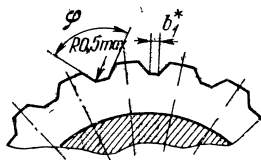
Протяжки для шлицевых отверстий с эвольвентным профилем с центрированием по наружному диаметру

Фасочные зубья

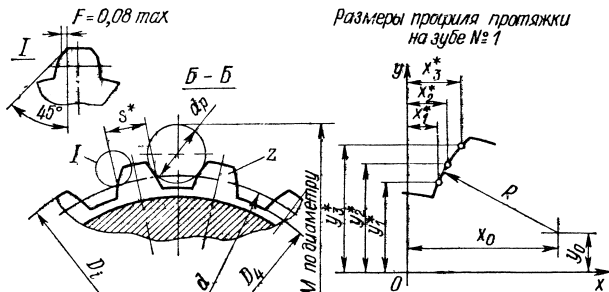
Для протяжек с модулем  $> 3$  мм  $a = 1,5 \div 3$  мм;  
 $b_1 = 1,33 \div 2,48$  мм;  $\varphi = 93 \div 120^\circ$



Для протяжек с модулем  $< 3$  мм  $b_1 = 0,08 \pm 1,55$  мм;  $\varphi = 92 \div 120^\circ$



Шлицевые зубья

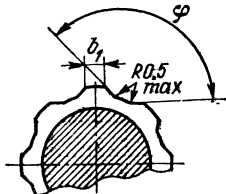
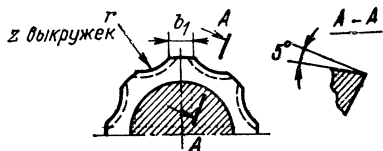


Протяжки для шлицевых отверстий с прямобочным профилем с центрированием по наружному диаметру

Фасочные зубья

Нечетные  $b_1 = 2 \div 8$  мм

Четные  $\varphi = 108; 120; 135^\circ$



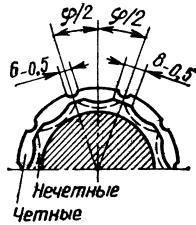
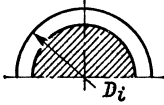


Вид протяжки, ее размеры, эскиз

Круглые зубья

Тип 1 и калибрующие  $D_i = 22,5 \div 85$  мм

Тип 2  $b_1 = b - (1 \div 4)$  мм;  
 $\varphi = 36; 43; 45^\circ$



Шлицевые зубья

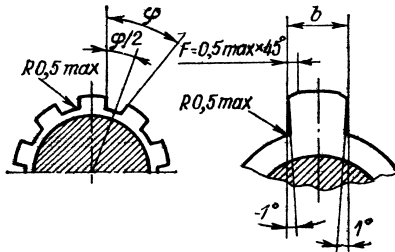
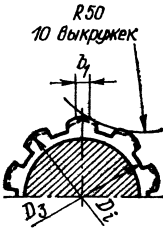
$\varphi = 58; 60^\circ$

Первые зубья  
секций

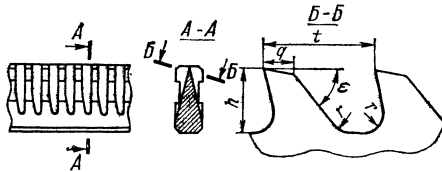
Вариант 1 (с боковой ленточкой)

Вторые зубья  
секций и несекцион-  
ный до зуба № j

Вторые зубья  
секций с зуба № j  
и несекционные  
зубья



Протяжки шпоночные для пазов повышенной чистоты



$t$	7	8	9	10	11	12	14	16	18	20
$h$	2,5	3,5	5	5,5	6	7	9	7,5	9,5	12
$q$		3		3,5		4		5		6
$r$	1,3	1,8		2	2,3	2	2,5		3,5	
$\epsilon, ^\circ$		45		50		55		45	55	
$F_{a3},$ мм <sup>2</sup>	4,9	9,6		19,6	23,7	28,3	38,5	63,6	44,2	63
										113,1

Вид протяжки, ее размеры, эскиз

Протяжки круглые переменного резания

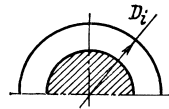
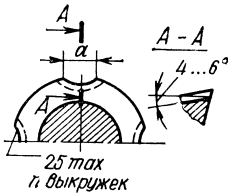
Форма зубьев

Нечетных черновых

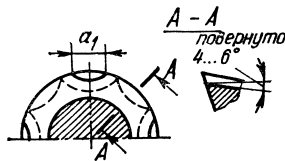
$$a = 4 \div 10$$

Четных черновых и калибрующих

$$a_1 = a - (0,5 \div 2); D_i = 22,5; 25$$



Переходных и чистовых



мобочным профилем. Так, однопроходные протяжки для обработки таких отверстий и протяжки 1-го прохода строятся по схеме Ф—К—Ш (фасочные — круглые — шлицевые зубья), протяжки малых размеров — по схеме Ш (шлицевые), протяжки 2-го прохода — по схеме Ш<sub>б</sub> — Ш<sub>д</sub> (шлицевые калибрующие по ширине, шлицевые калибрующие по диаметру), по схеме Ш<sub>б</sub> — Ш<sub>д</sub> — К—Ф и по схеме Ш<sub>б</sub> — Ш<sub>д</sub> — Ф. Секции стандартных протяжек двухзубые! На комбинированных протяжках с выкружками на всех круглых зубьях последующий зуб должен перекрывать выкружки предыдущего зуба не менее, чем на 0,5 мм с каждой стороны.

Шпоночные протяжки обычно строятся по генераторной схеме и могут работать в один, два или три прохода. В последних двух случаях после каждого прохода под протяжки устанавливают подкладку определенной толщины  $s$ .

Стандартные протяжки для получения точных пазов выполняются комплектными: 1-го прохода и чистовые. Повысить качество поверхности паза можно с помощью «бреющих» (с большими значениями углов  $\lambda$ ) зубьев или «выглаживателей» — участков с деформирующими зубьями.

Калибрующие зубья предназначены для окончательной отделки поверхности, обеспечения стабильности размеров и резерва для переточки. Размер калибрующих зубьев стандартных протяжек соответствует наибольшему размеру калибруемой поверхности (диаметру, ширине). Иногда этот размер выполняется с учетом

деформации  $\delta$ . Так, для круглых протяжек  $D = D_{\max} \pm \delta$ . Значения  $\delta$  при обработке толстостенных изделий следующие:  $-(0,005 \div 0,01)$  мм при длине протяжки до 800 мм и  $-(0,01 \div 0,015)$  мм при длине более 800 мм (знак «—» означает разбивку отверстий, знак «+» — их усадку). При обработке тонкостенных деталей из обычных углеродистых сталей  $\delta = +(0,3D - 1,4s)$  мкм, где  $D$  — диаметр, мм;  $s$  — толщина стенки, мм. Калибрующие зубья со стороны задней поверхности могут иметь фаски  $0,2-1$  мм с  $\alpha = 0$ .

Задний хвостовик стандартных протяжек имеет диаметр  $D_{x.п} = D_{x.з}$  ( $0,9 \div 1$ ) и длиной 125 мм. Рекомендуемые соотношения диаметра и длины, мм, заднего хвостовика для специальных протяжек  $D_{x.з} = 12 \div 22$ ,  $l_{x.з} = 100$ ;  $D_{x.з} = 25 \div 50$ ,  $l_{x.з} = 125$ ;  $D_{x.з} = 63 \div 70$ ,  $l_{x.з} = 140$ .

Параметры шероховатости поверхностей протяжек должны быть не более, мкм: передних и задних поверхностей, ленточек, зубьев  $R_z = 1,6$ ; радиуса округления дна канавки  $R_z = 3,2$ , спинки зубьев  $R_z = 6,3$ ; передней и задней направляющих  $R_a = 0,63$ .

Предельные отклонения диаметров черновых и переходных зубьев: диаметром (высотой) до 50 мм при подъеме на зуб ( $0,02 \div 0,08$ ) — 0,01 мм; ( $0,08 \div 0,16$ ) — 0,016 мм; св. 0,16 — 0,02 мм; диаметром (высотой) 50—120 мм при подъеме на зуб ( $0,02 \div 0,08$ ) — 0,016 мм; св. 0,08 — 0,02 мм.

Предельные отклонения передней цилиндрической части круглых и шлицевых протяжек — по е8, гладкой задней направляющей — по f7.

Предельные отклонения диаметров чистовых и калибрующих зубьев для полей допусков Н7: диаметр до 30 мм — 0,005 мм; диаметр от 30 до 50 — 0,007 мм; диаметр от 50 до 80 — 0,008 мм; диаметр от 80 до 150 — 0,01 мм.

Предельные отклонения размеров шпоночных протяжек: высоты режущей части чистовых протяжек для пазов с малой шероховатостью — 0,02 мм, расстояния от опорной поверхности до режущей кромки зуба, не более: при подъеме на зуб до 0,05 мм — 0,01 мм;  $0,05 \div 0,1$  — 0,015 мм; св. 0,1 мм — 0,02 мм.

Предельные отклонения ширины зубьев протяжек с подъемом на зуб на две стороны 0,05 мм и менее и калибрующих зубьев чистовых протяжек для полей допусков Р9 и  $j_s9$  — не менее — 0,01 мм при  $b = 3 \div 18$  мм и — 0,015 мм при  $b = 20 \div 50$  мм.

Допуск радиального биения относительно оси центров чистовых ( $s_z \leq 0,02$  мм) и калибрующих зубьев не должен превышать допусков на диаметр; остальных зубьев, хвостовиков и направляющих 0,004—0,005 мм на 100 мм длины. У протяжек с механическим креплением хвостовика радиальное биение проверяется без хвостовика. Допуск биения конической поверхности под кулачки в нормальном к ней направлении относительно оси — 0,1 мм.

Централизованно выпускаемые протяжки должны иметь маркировку на хвостовике, содержащую товарный знак изготовителя, обозначение протяжки, номер протяжки или номер прохода (если она входит в комплект), пределы длин протягивания, размеры, ширину паза для шпоночных протяжек, диаметр и обозначение поля допуска отверстия, марку материала рабочей части.

## 12.5. Протяжки и прошивки специальные

В табл. 12.12 приведены примеры типовых специальных протяжек и прошивок. Основные элементы спиральных шлицевых протяжек целесообразно выбирать по аналогии со стандартными.

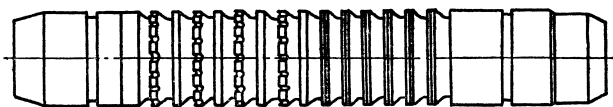
12.12. Специальные конструкции протяжек и прошивок

Вид протяжки, назначение. эскиз

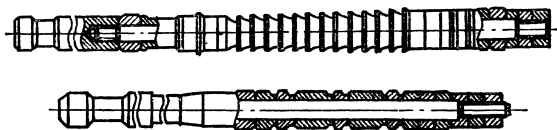
Протяжка спиральная шлицевая для обработки шлицевых пазов, идущих по винтовой линии



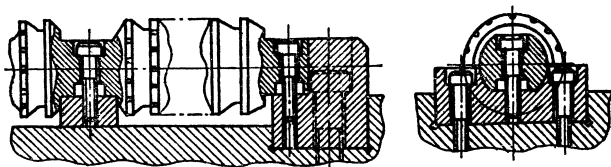
Прошивка цилиндрическая для калибровки и устранения деформаций отверстий



Деформирующе-режуще-деформирующая протяжка для обработки необработанных предварительно трубных заготовок за один проход с обеспечением точности 7—8-го качества



Протяжка для наружного протягивания радиусных вогнутых поверхностей, обработки вогнутых поверхностей с радиусом 15 мм. После затупления одной стороны протяжка может быть повернута на 180°



Протяжки для винтовых пазов с углом наклона до  $15^\circ$  могут иметь кольцевые стружечные канавки, как наиболее технологичные. При увеличении угла наклона винтовых канавок и кольцевой форме зубьев происходит, с одной стороны, ослабление зуба, с другой — ухудшение условий резания, перемещение и поджим стружки к одной стороне канавки. Для устранения этих недостатков у протяжек для винтовых пазов с углом наклона свыше  $15^\circ$  стружечные канавки располагаются по винтовой линии. Работают такие протяжки при свободном (за счет сил резания и трения) или принудительном провороте заготовки (или протяжки). Для получения точных пазов целесообразно принудительное вращение.

Прошивки цилиндрические содержат те же основные элементы, что и протяжки, отличаются формой хвостовика и уменьшенной длиной, что связано с необходимостью повышения жесткости на продольный изгиб. Уменьшенная длина прошивки ограничивает размер снимаемого припуска.

Режуще-деформирующие (деформирующе-режуще-деформирующие) протяжки кроме элементов рабочей части стандартных протяжек содержат деформирующие элементы. На рис. 12.7 представлен один из вариантов профиля конусного деформирующего элемента. Размеры элементов профиля ( $D_B$  — диаметр выглаживающего зуба):  $D_B = d_{oi} + a_n + \delta$ ;  $l_p = 2c + (a_n + \delta)/(2 \operatorname{tg} \alpha) + 2b_\phi$ ;  $b_\phi = 0,5 \div 2$  мм;  $c \geq 1,0$  мм при  $D_B < 45$  мм;  $c \geq 1,5$  мм при  $45 < D_B < 120$  мм и  $c \geq 2$  при  $D_B > 120$  мм. Здесь  $d_{oi}$  — диаметр отверстия под выглаживание (для каждого зуба изменяется на величину деформации отверстия предыдущим зубом);  $a_n$  — номинальный натяг на деформирующий элемент (разность между наружными диаметрами последующего и предыдущего деформирующих элементов), мм; при деформировании  $a_n = 0,05 \div 1,6$ , при тонком поверхностном деформировании  $a_n = 4K_1 R_a + K_2 \sigma_{вр} d_0 / E$ , где  $K_1 = 2,2 \div 1,2$ ;  $K_2 = 1,6 \div 0,5$  — при уменьшении параметра  $R_a$  на один класс;  $K_1 = 2,6 \div 1,4$ ;  $K_2 = 2,9 \div 0,9$  — при уменьшении  $R_a$  на два класса;  $\delta$  — усадка отверстия после прохода предыдущего деформирующего элемента, определяется опытным путем;  $\alpha = 3 \div 5^\circ$ ;  $b_\phi = 1,5 \div 3$  мм при обработке тонкостенных деталей из конструкционных и малолегированных сталей;  $b_\phi = 0,3 \div 0,5$  мм при обработке толстостенных ( $l_n > 0,3 D_B$ ) заготовок из этих же материалов;  $b_\phi = 0,5 \div 1,0$  мм при обработке тонкостенных заготовок из труднообрабатываемых сталей и сплавов (стали 30ХГСА, 40ХНМА, 38ХНМ10А, 12Х18Н10Т, титана, ниобия), сплавов на основе цветных металлов;  $b_\phi = 0,1 \div 0,3$  мм при обработке толстостенных заготовок из этих же материалов.

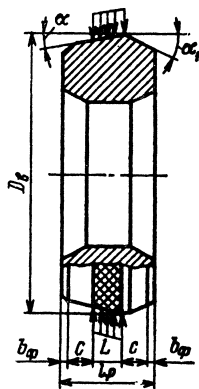
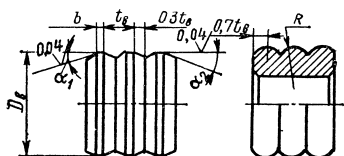


Рис. 12.7. Профиль конусного деформирующего элемента

Деформирующие элементы могут быть собраны в виде блоков, содержащих от двух до пяти элементов. В этом случае полный натяг  $a_H$  разделяется между зубьями блока неравномерно: первые зубья загружаются в большей мере, чем последние.

Выглаживающий блок со сферическими выглаживающими элементами приведен на рис. 12.8. Размеры элементов блока:  $R = (80 \div 70) a_H$ ,  $t_B = (70 \div 50) a_H$  для  $D_B < 30$  мм и  $R = (70 \div 60) a_H$ ,  $t_B = (50 \div 40) a_H$  при  $D_B > 30$  мм. Материал выглаживающих элементов — твердый сплав марок ВК8, ВК6М, ВК10М, ВК15, ВК20, ВК25. Все специальные протяжки необходимо проверять на прочность на растяжение по формуле



$$[\sigma_B] \geq \frac{P_z}{F_0}, \text{ МПа.}$$

Рис. 12.8. Конструктивные элементы выглаживающего блока

Для протяжек из быстрорежущих сталей  $[\sigma_B] = 250 \div 300$  МПа;  $P_z$  — осевое усилие, возникающее при резании, Н;  $F_0$  — площадь опасного сечения протяжки, мм<sup>2</sup> (обычно это площадь сечения по дну канавки 1-го и 2-го зубьев режущей части протяжки).

При использовании профилей стружечных канавок и длин протягивания, отличных от стандартных, протяжки проверяются на условие размещения стружки по формулам, приведенным выше.

Протяжки для наружного протягивания предназначены для координатного протягивания плоских или фасонных наружных поверхностей. Они выполняются цельными из быстрорежущих или легированных инструментальных сталей (закрепляются на ползуне станка) или сборными, состоящими из секций или зубьев (с механически закрепляемыми пластинами) и корпуса, который крепится на ползуне. Варианты крепления режущих элементов сборных плоских протяжек приведены на рис. 12.9.

Протяжки для наружного протягивания работают в более благоприятных условиях, чем протяжки для внутреннего протягивания, поэтому геометрические параметры режущей части могут быть близкими к оптимальным. Так, задние углы режущих зубьев увеличиваются до  $10\text{—}12^\circ$ , задние углы калибрующих зубьев до  $5\text{—}10^\circ$ , для обеспечения плавной работы за счет увеличения коэффициента перекрытия зубьев вводится угол наклона зубьев  $\lambda$ , достигающий значений  $15\text{—}30^\circ$ . Профиль и размеры стружечных канавок цельных наружных протяжек соответствуют профилю стандартных протяжек.

В связи с повышенными требованиями к точности и расположению протягиваемого профиля при наружном протягивании в конструкции крепежной части протяжки вводятся элементы регулировки, позволяющие обеспечить обработку профиля с заданной точностью.

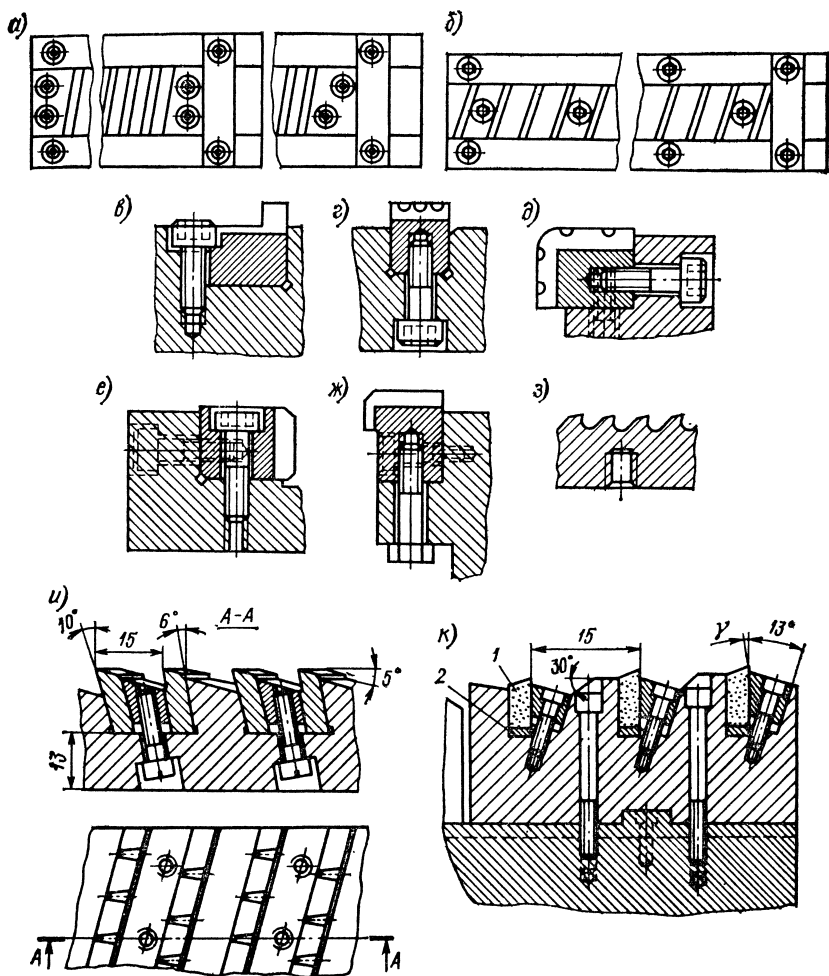


Рис. 12.9. Варианты крепления режущих элементов сборных плоских протяжек: *a* — винтами сверху по концам секции; *b* — то же, вдоль секций; *c* — краем головок винтов; *e* — винтом снизу; *d*—*ж* — одновременно с двух сторон; *в* — резьбовое отверстие с плоским дном; *и* — одновременное крепление двух твердосплавных пластин; *к* — крепление по одной твердосплавной пластине

## 12.6. Эксплуатация протяжек

Протягивание (прошивка) может осуществляться как на протяжных станках (вертикальных, горизонтальных, специальных непрерывного действия), так и на волочильных станах, прессах и другом оборудовании (табл. 12.13, 12.14).

Режим работы протяжек (скорость резания, подача) должен быть согласован с их конструкцией по следующим причинам:

### 12.13. Основные характеристики универсальных протяжных станков для внутреннего протягивания

Параметр	Модель станка							
	горизонтально-протяжного				вертикально-протяжного			
	7Б54	7Б55, 7Б55У	7Б56, 7Б56У	7Б57	7Б64, 7Б64У	7Б65	7Б66	7Б67
Номинальное тяговое усилие, кН	49	98	196	392	49	98	196	392
Наибольшая длина хода салазок (ползуна), мм	1000	1250	1600	2000	1000	1250	1250	1600
Рабочая поверхность опорной плиты, мм	360× ×360	450× ×450	450× ×450	560× ×560	320	450	450	710

### 12.14. Основные характеристики вертикально-протяжных станков для наружного протягивания

Параметр	Модель станка					
	7В1	774/7Б74	775/7Б75	776/7Б76	7Б77	7А720
Наибольшее тяговое усилие, кН	69	49	98	196	392	196
Рабочий ход ползуна (каретки), мм	1000	800/1000	1000/1250	1250	1600	1250
Скорость рабочего хода, м/мин	0—7,0	1,5— 11,0/1,5—	1,5— 9,0/1,5—	1,5— 8,5/1,5—	1,0—5,0	1,5—11,0
Мощность привода главного движения, кВт	10	10/11	17/22	22/30	40	20
Масса, т	3,0	3,5/4,75	6,5/7,5	9/10	16	—

1) подача на зуб протяжки  $s_z$  задается конструкцией и не может изменяться при эксплуатации;

2) стойкость (наработка на отказ) чистовых и черновых зубьев различна и зависит как от конструкции (соотношение  $s_{z \text{ чист}}$  и  $s_{z \text{ черн}}$ ), так и от режимов обработки ( $v$ );

3) стойкость, мин, подача на зуб и скорость резания связаны зависимостью

$$T = \frac{C_T}{v^n s_z^y}.$$

Значения коэффициента  $C_T$  и показателей степени  $n$  и  $y$  приведены в табл. 12.15.



12.15. Значения коэффициента  $C_T$  и показателей степени  $n$  и  $y$ 

Обрабатываемый материал	Группа обрабатываемости	Вид зубьев	Подача $s$ , мм	Охлаждение	$C_T$	$n$	$y$
Сталь	I	Чистовые	До 0,025	С охлаждением	62/5,1	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		235/13,1	0,67	0,27
			0,16—0,4		110/5,7	0,67	0,67
	II	Чистовые	До 0,025		51/4,5	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		158/8,1	0,67	0,27
			0,16—0,4		75/3,8	0,67	0,67
	III	Чистовые	До 0,025		42/3,7	0,54	0,31
		Черновые	$\leq 0,15$		115/5,9	0,67	0,27
			0,16—0,4		53/2,7	0,67	0,67
	IV	Чистовые	До 0,025		25/0,8	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$		58/1,1	0,79	0,36
			—		—	—	—
	V	Чистовые	До 0,025		12/0,4	0,67	0,4
		Черновые	$\leq 0,15$		21,7/0,4	0,79	0,36
			—		—	—	—
Чугун	VI	Чистовые	До 0,025	Без охлаждения	136/14,6	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		231/13,2	0,61	0,23
			0,16—0,4		147/9,7	0,61	0,47
	VII	Чистовые	До 0,025		84	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		133	0,61	0,23
			0,16—0,4		86	0,61	0,47
Бронза	VIII	Чистовые	До 0,025	С охлаждением	431	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		704	0,61	0,23
			0,16—0,4		443	0,61	0,47
	IX	Чистовые	До 0,025		220	0,49	0,13
		Черновые	$\leq 0,15$		339	0,61	0,23
			0,06—0,4		214	0,61	0,47
Алюминиевые сплавы, красная медь, баббит	X	Чистовые	До 0,025	128	0,33	0,21	
		Черновые	—	331	0,52	0,18	

Примечание. Значения  $C_T$  в числителе — для круглых протяжек, в знаменателе — для шлицевых.

### 12.16. Скорость резания при протягивании, м/мин

Тип производства	Группа качества протягиваемой поверхности	Обрабатываемый материал							
		Сталь					Чугун и бронза		Алюминиевые сплавы, медь, баббит
		Группа обрабатываемости							
		I	II	III	IV	V	VI, VIII, IX	VII	X
Массовое, крупносерийное, серийное	1	8	8	6	5	3	9	6	4
	2	9	9	8	6	4	12	8	6
	3	13	12	9	8	4	15	9	9
	4	15	13	12	—	—	15	13	12
Мелкосерийное, единичное	1—4	8	6	6	3	3	9	6	4

Примечания: 1. Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от марки инструментальной стали составляет: для сталей P18 P12Ф5М — 1,6; P6M5, P12Ф3 — 1,0; P9K10 — 1,8; P6M5K5 — 2,0; ХВГ — 0,7. 2. Для шлицевых протяжек скорости умножить на 0,8. 3. При протягивании сталей повышенной вязкости в случаях появления задиоров скорости резания следует снижать на 20—25 %. 4. При работе протяжками диаметром более 100 мм скорости резания могут быть снижены на 30 %. 5. Рекомендуемые скорости резания могут быть повышены при условии обеспечения требований качества.

### 12.17. Группы обрабатываемости сталей, подвергаемых протягиванию

Марка материала	Группа обрабатываемости				
	I	II	III	IV	V
	Твердость НВ				
<i>Стали</i>					
A12, A20, A30 (ГОСТ 1414—75*)	229	—	—	—	—
10, 15, 20, 25 (ГОСТ 1050—74**)	229	—	—	—	—
30, 35, 40, 45, 50 (ГОСТ 1050—74**)	255	255—285	285—321	321—364	—
65, 70, 80 (ГОСТ 14959—79*)	229	229—255	255—285	285—321	321—364
15Г, 20Г, 30Г (ГОСТ 4543—71)	241	241—269	269—302	—	—
40Г, 45Г, 50Г, 35Г2, 45Г2, 50Г2 (ГОСТ 4543—71)	229	229—255	255—285	285—321	321—364
60Г, 65Г, 70Г (ГОСТ 14959—79)	—	241	241—269	269—321	321—340
15Х, 15ХА, 20Х, 30Х (ГОСТ 4543—71*)	255	255—302	—	—	—
35Х, 30ХРА, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—340	340—364

Марка материала	Группа обрабатываемости				
	I	II	III	IV	V
	Твердость НВ				
33ХС, 38ХС, 40ХС (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—302	302—340
18ХГ, 20ХГР, 40ХГТР (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—321	321—340	340—364
12ХН2, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 20ХНР, 20ХН3А, 20Х2Н4А, 30ХН3А, 40ХН, 45ХН, 50ХН (ГОСТ 4543—71*)	241	241—269	269—302	302—321	321—364
15ХВ (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	321—364
40ХФА (ГОСТ 4543—71*)	—	255	255—285	285—321	321—340
15ХМ (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—340	—
30ХМА, 35ХМ (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—321	321—340
20ХГНР, 38ХГН (ГОСТ 4543—71*)	241	241—269	269—302	302—321	321—364
	229	229—255	255—285	285—302	302—321
20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 35ХГС (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—321	321—340
20ХН4ФА (ГОСТ 4543—71*)	—	—	255	255—285	285—321
25Х2Н4МА, 18Х2Н4МА (ГОСТ 4543—71*)	—	—	255	255—285	285—321
40Х2Н2МА, 38Х2Н2МА (ГОСТ 4543—71*)	—	229	229—269	269—302	302—340
14Х2Н3МА, 20ХН2М (ГОСТ 4543—71*)	—	—	255	255—269	269—321
40ХН2МА (ГОСТ 4543—71*)	—	—	269	269—321	321—340
38Х2МЮА, 38Х2Ю (ГОСТ 4543—71*)	—	—	269	269—302	302—340
18ХГТ (ГОСТ 4543—71*)	255	255—302	302—321	—	—
30ХГТ, 35ХГФ, 40ХГТР (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	321—340
15ХГН2ТА (ГОСТ 4543—71*)	229	229—269	269—302	302—321	—
ШХ15 (ГОСТ 801—78*)	—	—	—	229	—
P9, P18 (ГОСТ 19265—73*)	—	—	—	—	207—255

## 12.18. Группы обрабатываемости чугуна, сплавов и цветных металлов

Материал	Группа обрабатываемости				
	VI	VII	VIII	IX	X
	Твердость HB				
<i>Чугуны</i>					
Чугун серый СЧ15, СЧ18, СЧ21-40, СЧ24, СЧ40 (ГОСТ 1412—79**)	197	187— 269	—	—	—
Чугун ковкий (ферритный) КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12 (ГОСТ 1215—79*)	163	—	—	—	—
Чугун ковкий (со структурой зернистого перлита) КЧ45-7 (ГОСТ 1215—79**)	217	—	—	—	—
Чугун ковкий КЧ50-5, КЧ55-4 (ГОСТ 1215—79**)	—	179— 269	—	—	—
Чугун серый антифрикционный АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3 (ГОСТ 1585—79)	160— 229	—	—	—	—
Чугун ковкий антифрикционный АЧК-1, АЧК-2 (ГОСТ 1585—79**)	157— 217	—	—	—	—
<i>Цветные металлы</i>					
Бронзы безоловянные Бр.А5, Бр.А7, Бр.АЖ9-4, Бр.АЖМЦ-10-3-1,5, Бр.КМЦ3-1, Бр.КН1-3 (ГОСТ 18175—78*); Бр.А9ЖЗЛ, Бр.А10Ж4Н4Л (ГОСТ 493—79)	—	—	65— 140	140— 200	—
Бронзы оловянные Бр.05Ц5С5, Бр.03Ц12С5, Бр.03Ц7С5Н1 (ГОСТ 613—79); Бр.ОЦС4-4-2,5 (ГОСТ 5017—74*)	—	—	70	—	—
Бронзы оловянные Бр.ОФ6,5-0,15; Бр.ОФ4-0,25 (ГОСТ 5017—74*)	—	—	130	130— 200	—
Латунь ЛЦ16К4, ЛЦ40С, ЛЦ38Мц2С2 (ГОСТ 17711—80*); Л63, Л68, Л70, ЛА77-2, ЛМц58-2, ЛМЦА57-3-1, ЛО62-1, ЛС59-1, ЛАЖ60-1-1 (ГОСТ 15527—70*)	—	—	—	160	—
<i>Сплавы</i>					
Алюминиевые сплавы АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, АЛ10В, АЛ11, АЛ13, АЛ14В, АЛ15В, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18В (ГОСТ 2685—75*); Д1, Д16, АВ, АД, АД1, Амц., В95, АК4, АК6, АК8 (ГОСТ 4784—74*)	—	—	—	—	50— 100

При использовании стандартных протяжек, спроектированных из условия равной стойкости черновой и чистовой частей (при этом наработка на отказ или стойкость черновой части должна быть больше или равна стойкости чистовой части), выбор условий эксплуатации сводится к уточнению группы обрабатываемости обрабатываемого материала, группы качества протягиваемой

поверхности, назначению СОЖ, проверке возможности применения данной протяжки по длине протягивания, осевой силе, назначению скорости резания по условиям эксплуатации (табл. 12.16). Гарантийная стойкость протяжек приводится в стандартах на протяжки. Стойкость протяжек при 95 %-ной вероятности — 46—76 м (для круглых протяжек при крупносерийном производстве и обработке сталей I—III групп обрабатываемости). Группы обрабатываемости сталей и чугунов, подвергаемых протягиванию, приведены в табл. 12.17 и 12.18.

При проектировании протяжки на заданные условия эксплуатации эти условия учитываются и фиксируются в картах наладки станков.

Стойкость (или наработка на отказ) определяется исходя из параметров конструкции и элементов эксплуатации, заложенных при проектировании. Критерием стойкости протяжек обычно является износ по задним граням  $h_3$ . Допустимые значения  $h_3 = 0,4$  мм — для внутренних и  $h_3 = 0,25$  мм — для наружных протяжек.

Для рациональной эксплуатации необходима принудительная смена протяжек до достижения ими критического износа, поэтому критерием стойкости в данном случае должна быть гарантийная стойкость.

## 12.7. Сила резания и мощность при протягивании

Осевая сила резания,  $N$ , действующая на протяжку, определяется из зависимости

$$p_o = q_o \sum l_p k_p.$$

Здесь  $q_o$  — осевая сила, приходящаяся на 1 мм длины режущего лезвия, Н/мм;  $l_p$  — суммарная длина режущих кромок, участвующих в резании;  $k_p$  — коэффициент, равный  $k_p = k_{p.m} k_{p.o} k_{p.p} k_{p.k}$ , где  $k_{p.m}$  — коэффициент, учитывающий влияние обрабатываемого материала, для сталей I—V групп в отожженном состоянии  $k_{p.m} = 1$ ;  $k_{p.o}$  — коэффициент, учитывающий вид СОЖ,  $k_{p.o} = 1$ ;  $k_{p.p}$  — коэффициент, учитывающий способ разделения стружки (выкружки),  $k_{p.p} = 1$ ;  $k_{p.k}$  — коэффициент, учитывающий качество обработанной поверхности, для сталей I и II групп  $k_{p.k} = 1$ .

При обработке конструкционных углеродистых и легированных сталей подача на зуб  $s_z = 0,01 \div 0,4$  мм/зуб; при  $\gamma = 10^\circ$   $q_o = 55 \div 950$  Н/мм, при  $\gamma = 15^\circ$   $q_o = 42 \div 887$  Н/мм, при  $\gamma = 20^\circ$   $q_o = 34 \div 864$  Н/мм.

Мощность (эффективная), кВт, равна

$$N_a = \frac{p_o v}{61200}.$$