

В. В. Демидов, Г. И. Киреев

**РАСЧЁТ
И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК**

Ульяновск 2006

Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Ульяновский государственный технический университет

В. В. Демидов, Г. И. Киреев

РАСЧЁТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК

Допущено Федеральным агентством по образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров «Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств» и направлению подготовки дипломированных специалистов «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

Ульяновск 2006

УДК 621.919.2.001.2

ББК

Т64

Рецензенты: Президент группы компаний «Волга – ЭКОПРОМ», доктор технических наук, профессор Булыжев Е. М.

Демидов В. В., Киреев Г. И.

Т64 Расчет и проектирование протяжек: Учебное пособие / В. В. Демидов, Г. И. Киреев. Часть 1. – Ульяновск: УлГТУ, 2006. - 95 с..

ISBN 5 – 89146 –

Предназначено для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 151001 «Технология машиностроения» и изучающих дисциплину «Режущий инструмент» в соответствии с государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования (регистрационный № 513 тех/дс, утверждена 28.02.2001 г.). Информация, изложенная в учебном пособии, может быть использована при выполнении курсовых и дипломных проектов, содержащих задачи проектирования внутренних круглых протяжек.

В учебном пособии приведены методика расчёта и конструирования внутренних круглых протяжек с конкретными примерами, необходимые сведения для проектирования внутренних круглых и примеры выполнения их рабочих чертежей.

УДК 621.919.2.001.2

ББК 34.63 - 5

Т 64

.

ISBN 5 – 89146 –

© Демидов В. В., Киреев Г. И., 2006
© Оформление. УлГТУ, 2006

1. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ КРУГЛЫХ ПРОТЯЖЕК

1.1. Введение.....	
1.2. Методика и примеры расчета внутренних круглых протяжек.....	
1.2.1. Методика и пример №1 расчета внутренней круглой протяжки	
1.2.2. Пример №2 расчета внутренней круглой протяжки.....	
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	

1. РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ВНУТРЕННИХ КРУГЛЫХ ПРОТЯЖЕК

1.1. Введение

Внутренние круглые протяжки (круглые протяжки) предназначены для обработки цилиндрических отверстий с неизменными формой и размерами по длине обрабатываемой заготовки. Для обработки таких поверхностей в заготовках эти протяжки имеют стержневую форму с прямолинейным поступательным главным движением резания D_r по направлению, совпадающему с осью протяжки (рис. 11.1).

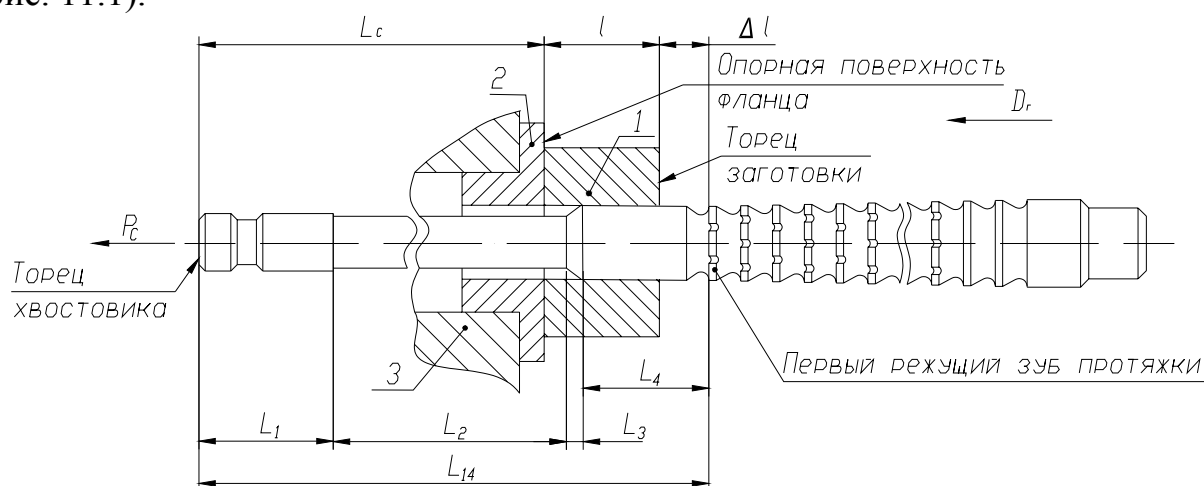


Рис. 11. 1. Положение протяжки на станке перед началом протягивания: 1 – заготовка (обрабатываемая деталь); 2 – опорный фланец; 3 – опорная планшайба станка; P_c – тяговая сила протяжного станка

Круглая протяжка – это многолезвийный инструмент с рядом последовательно выступающих одно над другим лезвий в направлении, перпендикулярном к направлению скорости главного движения, предназначенный для обработки при поступательном главном движении лезвия и

отсутствии движения подачи (ГОСТ 25751-83). В связи с этим говорят, что протяжка имеет конструктивную подачу.

Геометрические параметры режущего лезвия круглой протяжки одинаковы в инструментальной, статической и кинематической системах координат. Круглые протяжки применяют для обработки цилиндрических отверстий диаметром от 6 до 100 и более мм на горизонтальных и вертикальных станках при сравнительно невысоких скоростях резания 6...10 м/мин. Применение круглых протяжек обеспечивает высокую производительность обработки и качество обработанной поверхности детали при относительно высокой стойкости протяжек.

Высокая производительность обработки обеспечивается следующими факторами:

- большая суммарная длина режущих кромок, одновременно участвующих в резании;
- черновая, чистовая и окончательная обработка осуществляется за один ход протяжки.

Высокое качество обработанной поверхности детали обеспечивается следующими факторами:

- обработка осуществляется с одного установа заготовки при последовательном проходе точно центрированных относительно оси протяжки её черновой, чистовой и калибрующей частей;
- высокая точность формы и размеров режущих и особенно калибрующих зубьев, а также жесткость самой протяжки;
- относительно невысокая толщина срезаемого каждым режущим зубом слоя обрабатываемого материала;
- относительно невысокая скорость резания;
- точность расположения протягиваемого отверстия определяется точностью расположения отверстия под протягивание, так как обрабатываемая заготовка самоустанавливается относительно протяжки по этому отверстию.

Круглые протяжки относятся к специальным режущим инструментам, так как они предназначены для обработки одной или редко нескольких деталей с одинаковыми протягиваемыми отверстиями. Поэтому из-за высокой стоимости протяжек их применение эффективно только в массовом и крупносерийном производствах или редко в мелкосерийном производстве для обработки различных деталей с одинаковыми протягиваемыми отверстиями (одинаковы форма и размеры этих отверстий).

Вопросы расчёта и проектирования круглых протяжек рассмотрены в нескольких работах [2, 8, 9, 10, 11]. За основу излагаемой ниже методики расчёта и проектирования круглых протяжек принята методика, изложенная в работе [11], как, по нашему мнению, наиболее строгая и логичная с элементами оптимизации, относительно легко поддающаяся алгоритмизации (базовая методика).

В предлагаемой методике расчета круглых протяжек (п.1.2) учтены недостатки известной базовой методики, наиболее полно реализована возможность принятия окончательных решений самим проектировщиком, введено определение некоторых дополнительных конструктивно–геометрических параметров протяжки, неучтенных в базовой методике. Принятые обозначения основных размеров круглой протяжки показаны на рис. 1.2, где L_1 и D_1 , L_2 и D_2 ,

L_3 и D_3 , L_4 и D_4 , L_5 и D_5 , L_6 и D_6 , L_7 и D_7 , L_8 и D_8 , L_9 и D_9 , L_{10} и D_{10} длины и диаметры соответственно хвостовой части, шейки, направляющего конуса, передней направляющей части, черновой части, переходной части, чистовой части, калибрующей части, задней направляющей части, цапфы.

Рис. 11.2. Основные части круглой протяжки

1.2. Методика и примеры расчета внутренних круглых протяжек

1.2.1. Методика и пример №1 расчета внутренней круглой протяжки

1. Исходные данные для примера №1

1.1. Номинальный диаметр получаемого после протягивания отверстия детали d_0 с верхним ВО и нижним НО отклонениями в мм и его квалитет:

$d_0 = 40$; ,

ВО = 0,025;

НО = 0,000;

квалитет 7.

1.2. Длина отверстия обрабатываемой детали l_d , мм:

$l_d = 50$.

1.3. Количество одновременно обрабатываемых деталей n_d , шт:

$n_d = 1$.

1.4. Материал обрабатываемой заготовки, его твердость НВ и его порядковый номер N_3 по табл. 11.1:

Сталь 45;

190НВ;

$N_3 = 1$.

1.5. Значение коэффициента C_p , МПа (табл. 1.1):

$C_p = 2170$.

1.6. Модель протяжного станка, его номинальная тяговая сила P_c в Н и наибольший рабочий ход ползуна станка L_{PXC} в мм (табл. 1.2):

модель: горизонтальный 7520:

$P_c = 204000$;

$L_{PXC} = 1600$.

1.7. Материал рабочей части протяжки и его предел прочности на растяжение σ_1 , МПа (табл. 1.3):

P6M5;

$\sigma_1 = 400$.

2. Методика и расчет примера №1

2.1. Общая длина отверстия одновременно обрабатываемых деталей l , мм:

$$l = l_d \cdot n_d = 50 \cdot 1 = 50.$$

2.2. Величина разбивки или усадки отверстия на диаметр RU , мм:

$$RU = (0,20 \dots 0,30) \cdot (BO - HO) = (0,20 \dots 0,30) \cdot (0,025 - 0,000) = 0,005 \dots 0,0075;$$

принимаем разбивку отверстия с величиной $RU = 0,005$.

2.3. Номинальный (максимальный) диаметр калибрующих зубьев D_8 , мм (“–” при разбивке, “+” при усадке):

$$D_8 = d_0 + BO \mp RU = 40 + 0,025 - 0,005 = 40,020.$$

2.4. Рекомендуемые минимальный $A_{\min}$ и максимальный $A_{\max}$ расчетные припуски на диаметр под протягивание, мм:

$$A_{\min} = 0,005 \cdot d_0 + 0,1 \cdot \sqrt{l} = 0,005 \cdot 40 + 0,1 \cdot \sqrt{50} = 0,907;$$

$$A_{\max} = 0,005 \cdot d_0 + 0,2 \cdot \sqrt{l} = 0,005 \cdot 40 + 0,2 \cdot \sqrt{50} = 1,614.$$

2.5. Рекомендуемый и принятый припуск на диаметр под протягивание A , мм:

$$A = \{A_{\min} \dots A_{\max}\} = \{0,907 \dots 1,614\};$$

принимаем $A = 1,270$.

2.6. Диаметр отверстия под протягивание в заготовке d_3 , мм:

$$d_3 = D_8 - A = 40,020 - 1,270 = 38,750.$$

2.7. Номинальный диаметр передней направляющей части D_4 , мм:

$$D_4 = d_3 = 38,750.$$

2.8. Длина передней направляющей части L_4 , мм:

$$\text{рекомендуемая } L_4 = (0,6 \dots 1,0) \cdot l = (0,6 \dots 1,0) \cdot 50 = 30 \dots 50;$$

принимаем $L_4 = 50$.

2.9. Номинальный диаметр задней направляющей части D_9 , мм:

$$D_9 = D_8 = 40,020.$$

2.10. Длина задней направляющей части L_9 , мм:

$$\text{рекомендуемая } L_9 = (0,6 \dots 1,0) \cdot l = (0,6 \dots 1,0) \cdot 50 = 30 \dots 50;$$

принимаем $L_9 = 50$.

2.11. Тип и исполнение хвостовой части (хвостовика) (рис. 11.3, 11.4):

принимаем тип. 2, исполнение 1.

2.12. Материал хвостовой части и его предел прочности на растяжение σ_x , МПа (табл. 11.3):

Сталь 40;

$\sigma_x = 250$.

2.13. Наружный диаметр D_1 в мм, длина L_1 в мм, и площадь опасного сечения F_x в мм² хвостовой части (табл. 11.4, 11.5):

для принятого по п. 2.11 типа и исполнения хвостовика по табл. 11.5

(D_1 должен быть максимальным, но меньше d_3):

$$D_1 = 36; \quad L_1 = 140; \quad F_x = 615,7.$$

2.14. Наибольшая сила резания по условию прочности хвостовой части P_x , Н:

$$P_x = F_x \cdot y_x = 615,7 \cdot 250 = 153925.$$

2.15. Длина направляющего конуса L_3 , мм:

рекомендуемая $L_3 = 10 \dots 25$;

принимаем $L_3 = 15$.

2.16. Расстояние от торца заготовки до первого режущего зуба Δl , мм

(рис. 11.1):

рекомендуемое $\Delta l = 5 \dots 10$;

принимаем $\Delta l = 5$.

2.17. Расстояние от торца хвостовика до опорной поверхности фланца протяжного станка L_c , мм (рис. 11.1):

по паспорту станка $L_c = 250$.

2.18. Расстояние от торца хвостовика до первого режущего зуба L_{14} , мм (рис. 11.1):

$$L_{14} = L_c + l + \Delta l = 250 + 50 + 5 = 305.$$

2.19. Диаметр шейки D_2 , мм:

рекомендуемый $D_2 = D_1 - (0,5 \dots 1,0) = 36 - (0,5 \dots 1,0) = 35,5 \dots 35,0$;

принимаем $D_2 = 35$.

2.20. Длина шейки L_2 , мм (рис. 11.1):

$$L_2 = L_{14} - L_1 - L_3 - L_4 = 305 - 140 - 15 - 50 = 100.$$

2.21. Наибольшая сила резания по условию прочности шейки $P_{ш}$, Н:

$$P_{ш} = \pi \cdot (D_2)^2 \cdot y_x / 4 = \pi \cdot (35)^2 \cdot 250 / 4 = 240528.$$

2.22. Примерная длина режущей части протяжки с одинарной схемой резания L_{p0} определяется по пп. 2.22.1 – 2.22.9.

2.22.1. Шаг зубьев на черновой части для одинарной схемы резания t_{p0} в мм и соответствующие ему остальные основные параметры профиля зубьев (рис. 11.5 и табл. 11.6):

рекомендуемый $t_{p0} = (1,25 \dots 1,50) \cdot \sqrt{l} = (1,25 \dots 1,50) \cdot \sqrt{50} = 8,8 \dots 10,6$;

принимаем **профиль №7 по табл. 11.6**: $t_{p0} = t = 10$ мм; $h_{k0} = h_k = 4$ мм; $r_0 = r = 2$ мм; $C_0 = C = 3,5$ мм; $R_0 = R = 6$ мм; $F_{k0} = F_k = 12,6$ мм².

2.22.2. Наибольшее количество одновременно режущих зубьев для одинарной схемы резания z_{max0} , шт

$$z_{max0} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{1}{t_{p0}} + 1 \right\} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{50}{10} + 1 \right\} = 6;$$

если $z_{max0} < 3$, то нужно уменьшить шаг t_{p0} или протягивать одновременно большее количество деталей; если $t_{p0} > l_d$, то детали между собой нужно жестко крепить так как иначе возможны провал деталей между зубьями и поломка протяжки; при обработке прерывистых отверстий нужно выбрать шаг режущих зубьев так, чтобы на каждом пояске работало не менее одного зуба.

2.22.3. Коэффициент заполнения стружечной канавки для одинарной схемы резания K_0 (табл. 11.7):

$$K_0 = K = 4.$$

2.22.4. Подача на зуб допустимая по размещению стружки в стружечной канавке для одинарной схемы резания S_{zk0} , мм/зуб:

$$S_{zk0} = F_{k0} / (K_0 \cdot l) = 12,6 / (4 \cdot 50) = 0,063.$$

2.22.5. Наибольшая сила резания по условию прочности протяжки с одинарной схемой резания в сечении по дну стружечной канавки первого режущего зуба P_{10} , Н:

$$P_{10} = \pi \cdot (D_4 - 2h_{k0})^2 \cdot y_1 / 4 = \pi \cdot (38,750 - 2 \cdot 4)^2 \cdot 400 / 4 = 297057.$$

2.22.6. Максимально допустимая сила резания для протяжки с одинарной схемой резания P_p , Н (выберите минимальное значение из сил: $0,9 \cdot P_c$; P_x ; $P_{ш}$; P_{10}):

$$P_p = \min \{0,9 \cdot P_c; P_x; P_{ш}; P_{10}\} = \min \{0,9 \cdot 204000; 153925; 240528; 297057\} = 153925.$$

2.22.7. Подача на зуб допустимая по силе резания для одинарной схемы резания S_{zp0} , мм/зуб:

$$S_{zp0} = \left(\frac{P_p}{C_p \cdot p \cdot d_0 \cdot z_{max0}} \right)^{1,25} = \left(\frac{153925}{2170 \cdot p \cdot 40 \cdot 6} \right)^{1,25} = 0,052.$$

2.22.8. Максимально допустимая подача на зуб для одинарной схемы резания S_{z0max} , мм/зуб (выбираем минимальное значение из двух подач S_{zp0} и S_{zk0}):

$$S_{z0max} = \min \{S_{zp0}; S_{zk0}\} = \min \{0,052; 0,063\} = 0,052.$$

2.22.9. Примерная длина режущей части протяжки с одинарной схемой резания L_{p0} , мм:

$$L_{p0} = \frac{A \cdot t_{p0}}{2 \cdot S_{z0max}} = \frac{1,270 \cdot 10}{2 \cdot 0,052} = 122,11.$$

2.23. Примерная минимально возможная длина режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p1} и соответствующее ей количество зубьев в группе $n_{гр}$, определяются по пп. 2.23.1 – 2.23.6, начиная с количества зубьев в группе $n_{гр} = 2$.

2.23.1. Шаг зубьев на черновой и переходной частях для групповой схемы резания t_{p1} в мм и соответствующие ему остальные основные параметры профиля зубьев (рис. 11.5 и табл. 11.6):

$$\text{рекомендуемый } t_{p1} = (1,45 \dots 1,90) \cdot \sqrt{l} = (1,45 \dots 1,90) \cdot \sqrt{50} = 10,2 \dots 13,4;$$

$$\text{принимает профиль №7 по табл. 11.6: } t_{p1} = t = 12 \text{ мм; } h_{k1} = h_k = 4 \text{ мм; } r_1 = r = 2 \text{ мм; } C_1 = C = 5,5 \text{ мм; } R_1 = R = 6 \text{ мм; } F_{k1} = F_k = 12,6 \text{ мм}^2.$$

2.23.2. Наибольшее количество одновременно режущих зубьев для групповой схемы резания Z_{max1} , шт:

$$Z_{max1} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{1}{t_{p1}} + 1 \right\} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{50}{12} + 1 \right\} = 5;$$

если $Z_{max1} < 3$, нужно уменьшить шаг t_{p1} или протягивать одновременно большее количество деталей; если $t_{p1} > l_d$, то детали между собой нужно жестко крепить

так как иначе возможны провал деталей между зубьями и поломка протяжки; при обработке прерывистых отверстий нужно выбрать шаг режущих зубьев так, чтобы на каждом пояске работало не менее одного зуба.

2.23.3. Коэффициент заполнения стружечной канавки для групповой схемы резания K_1 (табл. 1.7):

$$K_1 = K = 3.$$

2.23.4. Подача **на группу зубьев** допускаемая по размещению стружки в стружечной канавке для групповой схемы резания S_{zk1} , мм/гр.зуб.:

$$S_{zk1} = F_{k1} / (K_1 \cdot l) = 12,6 / (3 \cdot 50) = 0,084.$$

2.23.5. Наибольшая сила резания по условию прочности протяжки с групповой схемой резания в сечении по дну стружечной канавки первого режущего зуба P_{11} , Н:

$$P_{11} = \pi(D_4 - 2 \cdot h_{k1})^2 \cdot \sigma_1 / 4 = \pi (38,750 - 2 \cdot 4)^2 \cdot 400 / 4 = 297057.$$

2.23.6. Максимально допускаемая сила резания для протяжки с групповой схемой резания P_p , Н (выберите минимальное значение из сил $0,9 \cdot P_c$; P_x ; $P_{ш}$; P_{11}):

$$P_p = \min \{0,9 \cdot P_c; P_x; P_{ш}; P_{11}\} = \\ = \min \{0,9 \cdot 204000; 153925; 240528; 297057\} = 153925.$$

2.23.7. Примерная минимально возможная длина режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p1} и соответствующее ей количество зубьев в группе $n_{гр}$:

длина L_{p1} и соответствующее ей количество зубьев в группе $n_{гр}$ определяются по алгоритму в виде блок-схемы на рис. 1.6, в соответствии с которой выполняются действия, приведенные в пп. А.1 – А10.

А.1. Количество зубьев в группе $n_{гр}$ в шт для протяжки с групповой схемой резания в начале расчета:

$$n_{гр} = 2.$$

А.2. Подача на группу зубьев, допускаемая по силе резания для групповой схемы резания S_{zp1} , мм/гр.зуб.:

$$S_{zp1} = \left(\frac{P_p \cdot n_{гр}}{C_p \cdot p \cdot d_0 \cdot z_{max1}} \right)^{1,25} = \left(\frac{153925 \cdot 2}{2170 \cdot p \cdot 40 \cdot 5} \right)^{1,25} = 0,155.$$

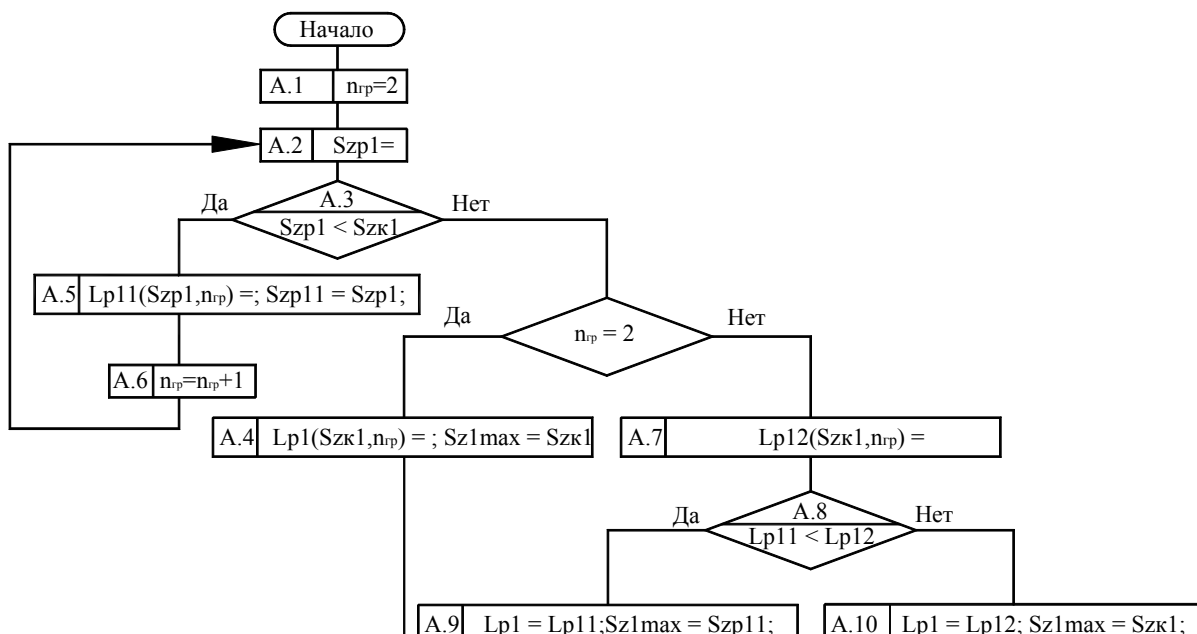


Рис.1.6. Блок – схема алгоритма определения примерной минимально возможной длины режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p1} и соответствующего ей количества зубьев в группе $n_{гр}$

А.3. Сравниваем по величине подачи S_{zp1} и S_{zk1} :

Если $S_{zp1} < S_{zk1}$, то выполняются пп. А.5, А.6 и повторно п. А2 до тех пор, пока не станет $S_{zp1} \geq S_{zk1}$, после чего выполняются пп. А.7 и А.8, так как $n_{гр} \neq 2$. Если $S_{zp1} \geq S_{zk1}$ и $n_{гр} = 2$ то выполняют только п. А.4, а остальные пп. А.5 – А.10 не выполняют.

Так как $S_{zp1} = 0,155 \geq S_{zk1} = 0,084$ и $n_{гр} = 2$, то выполняем только п. А4, а остальные пп. А.5 – А.10 не выполняем.

А.4. Примерная минимально возможная длина режущей части протяжки с групповой схемой резания $L_{p1}(S_{zk1}, n_{гр})$ в мм при подаче на группу зубьев, равной S_{zk1} в мм/гр. зуб., и количестве зубьев в группе $n_{гр} = 2$:

$$L_{p1}(S_{zk1}, n_{гр}) = \frac{A \cdot t_{p1} \cdot n_{гр}}{2 \cdot S_{zk1}} = \frac{1,27 \cdot 12 \cdot 2}{2 \cdot 0,084} = 181,43;$$

при этом максимально допускаемая подача на группу зубьев для групповой схемы резания S_{z1max} , мм/гр. зуб.:

$$S_{z1max} = S_{zk1} = 0,084.$$

А.5. Возможный вариант №1 значения примерной длины режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p11} в мм при подаче на группу зубьев, равной S_{zp1} в мм/гр. зуб., и количестве зубьев в группе $n_{гр} \geq 2$:

$$L_{p11} = \frac{A \cdot t_{p1} \cdot n_{гр}}{2 \cdot S_{zp1}};$$

сохраняем текущее значение подачи S_{zp1} как S_{zp11} :

$$S_{zp11} = S_{zp1}.$$

А.6. Увеличиваем количество зубьев в группе $n_{гр}$ на единицу, шт:

$$n_{гр} = n_{гр} + 1.$$

А.7. Возможный вариант №2 значения примерной длины режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p12} в мм при подаче на группу зубьев, равной S_{zk1} в мм/гр. зуб., и количестве зубьев в группе $n_{гр} \neq 2$, так как $n_{гр} \geq 3$:

$$L_{p12} = \frac{A \cdot t_{p1} \cdot n_{гр}}{2 \cdot S_{zk1}}.$$

А.8. Из двух возможных вариантов №1 (см. п. А.5) и №2 (см. п. А.7) значений примерной длины режущей части протяжки с групповой схемой резания L_{p11} и L_{p12} выбираем вариант с меньшей длиной при соответствующей ей подаче на группу зубьев (она же – максимально допускаемая подача на группу зубьев для выбранного варианта S_{z1max}) и количестве зубьев в группе $n_{гр}$:

$$L_{p1} = \min \{L_{p11}; L_{p12}\};$$

если $L_{p11} < L_{p12}$, то выполняем п. А.9;

если $L_{p11} \geq L_{p12}$, то выполняем п. А.10.

$$\text{А.9. } L_{p1} = L_{p11}; \quad S_{z1max} = S_{zp11}; \quad n_{гр} = n_{гр} - 1.$$

$$\text{А.10. } L_{p1} = L_{p12}; \quad S_{z1max} = S_{zk1}; \quad n_{гр} = n_{гр}.$$

2.24. Если $L_{p1} < L_{p0}$, то принимают на черновой и переходной частях протяжки групповую схему резания с количеством зубьев в группе равном $n_{гр}$ и с максимально допускаемой подачей на группу зубьев $S_{max} = S_{z1max}$.

Если $L_{p1} \geq L_{p0}$, то принимают на всей режущей части протяжки одинарную схему резания с максимально допускаемой подачей на зуб $S_{max} = S_{z0max}$.

Так как $L_{p0} = 122,11 < L_{p1} = 181,43$, то принимаем на всей режущей части протяжки одинарную схему резания с максимально допускаемой подачей на зуб $S_{max} = S_{z0max} = 0,052$ мм/зуб.

2.25. Подача на зуб или группу зубьев на черновой части S_{he} в мм/зуб или мм/гр.зуб.:

S_{he} должна быть максимальной, но не больше S_{max} , т. е. $S_{he} \leq S_{max} = 0,052$;
принимаем $S_{he} = 0,050$.

При групповой схеме резания на черновой и переходной частях протяжки определяют параметры её переходной части по пп. 2.26 – 2.29; при одинарной схеме резания на черновой части протяжки переходной части нет и пп. 2.26 – 2.29 не выполняют, приняв значения параметров S_{pe} , z_{pe} , A_{pe} , L_6 равными нулю;

принимаем $S_{pe} = 0$, $z_{pe} = 0$, $A_{pe} = 0$, $L_6 = 0$.

2.26. Подача на группу зубьев на переходной части S_{pe} , мм/гр.зуб.:

рекомендуемая $S_{pe} = (0,6 \dots 0,8) \cdot S_{he}$.

2.27. Количество групп зубьев на переходной части z_{pe} , шт:

рекомендуемое $z_{pe} = 1 \dots 3$.

2.28. Припуск на диаметр, срезаемый переходной частью A_{pe} , мм:

$$A_{pe} = 2 \cdot S_{pe} \cdot z_{pe}.$$

2.29. Длина переходной части L_6 , мм:

$$L_6 = t_{p1} \cdot z_{pe} \cdot n_{гр}.$$

2.30. Припуск на диаметр срезаемый чистовой частью A_{hi} , мм (предварительно):

рекомендуемый $A_{hi} = 0,200 \dots 0,500$;

принимаем $A_{hi} = 0,200$.

2.31. Припуск на диаметр, срезаемый черновой частью A_{he} , мм (предварительно):

$$A_{he} = A - A_{pe} - A_{hi} = 1,270 - 0 - 0,200 = 1,070.$$

2.32. Количество зубьев или групп зубьев на черновой части z_{he} , шт:

$$\text{расчетное } z_{he} = A_{he} / (2 \cdot S_{he}) = 1,070 / (2 \cdot 0,050) = 10,700;$$

округляем расчетное z_{he} до целого **числа**: $z_{he} = 11$.

2.33. Припуск на диаметр, срезаемый черновой частью A_{he} , мм (окончательно):

$$A_{he} = 2 \cdot S_{he} \cdot z_{he} = 2 \cdot 0,050 \cdot 11 = 1,100.$$

2.34. Шаг буферных (шаг первого зуба при одинарной или шаги зубьев первой группы при групповой схемах резания) зубьев t_b и соответствующие ему остальные основные параметры профиля зубьев, мм (буферные зубья, как правило, выполняются только при групповой схеме резания):

а) при одинарной схеме резания:

рекомендуемый $t_b = (1,5 \dots 2) \cdot t_{p0}$ или $t_b = t_{p0}$; принимаем $t_b = t_{p0} = 10$;

б) при групповой схеме резания:

рекомендуемый $t_b = (1,5 \dots 2) \cdot t_{p1}$.

Остальные основные параметры профиля буферных зубьев такие же, как у черновых зубьев, за исключением размера S , который увеличивается на величину разности между шагом буферных и шагом черновых зубьев.

2.35. Длина черновой части L_5 , мм:

а) при одинарной схеме резания: $L_5 = t_{p0} (z_{he} - 1) + t_b$;

б) при групповой схеме резания: $L_5 = t_{p1} (z_{he} - 1) \cdot n_{гр} + t_b \cdot n_{гр}$;

в соответствии с пп. 2.24 и 2.34: $L_5 = t_{p0} (z_{he} - 1) + t_b = 10 \cdot (11 - 1) + 10 = 110$.

2.36. Припуск на диаметр, срезаемый чистовой частью A_{hi} , мм (окончательно):

$$A_{hi} = A - A_{he} - A_{pe} = 1,270 - 1,100 - 0 = 0,170.$$

2.37. Выбираем схему резания на чистовой части протяжки:

Если на черновой части протяжки выполнена одинарная схема резания, то и на чистовой части выполняют тоже одинарную схему резания.

Если на черновой части протяжки выполнена групповая схема резания, то при высоких требованиях к качеству получаемого после протягивания отверстия на чистовой части протяжки выполняют одинарную схему резания, иначе – групповую.

В соответствии с п. 2.24 принимаем на чистовой части протяжки одинарную схему резания.

2.38. Средняя подача на зуб или группу зубьев на чистовой части S_{hi} , мм/зуб или мм/гр.зуб. (предварительно):

рекомендуемая $S_{hi} = (0,250 \dots 0,600) \cdot S_{he} = (0,250 \dots 0,600) \cdot 0,050 = 0,012 \dots 0,030$, но не менее 0,010 мм;

принимаем $S_{hi} = 0,030$.

2.39. Количество чистовых зубьев или групп зубьев z_{hi}

$$\text{расчетное } z_{hi} = \frac{A_{hi}}{2 \cdot S_{hi}} = \frac{0,170}{2 \cdot 0,030} = 2,83;$$

рекомендуемое $z_{hi} = 2 \dots 5$;

принимаем $z_{hi} = 3$.

2.40. Распределяем припуск A_{hi} , срезаемый чистовой частью, между z_{hi} чистовыми зубьями или группами зубьев. При этом возможны следующие три

варианта выполнения подач S_{hi} на всех зубьях или группах зубьев чистовой части (выберите один из них):

Вариант 1. S_{hi} одинакова на всех зубьях или группах зубьев чистовой части:

$$S_{hi} = \frac{A_{hi}}{2 \cdot z_{hi}}.$$

Вариант 2. S_{hi} плавно изменяется на всех зубьях или группах зубьев чистовой части от максимального до минимально допускаемого ее значений, определенных по п. 2.38 (при одинарной схеме резания на чистовой части на последнем чистовом зубе рекомендуется выполнять подачу на зуб S_{hi} равную 0,010...0,020 мм/зуб), соблюдая условие:

$$A_{hi} = 2 \cdot \sum_1^{z_{hi}} S_{hi}.$$

Вариант 3. S_{hi} выполняют по варианту 1 в начале чистовой части и по варианту 2 в конце чистовой части, соблюдая условие по варианту 2.

Принимаем распределение припуска A_{hi} , срезаемого чистовой частью, между тремя чистовыми зубьями (так как количество чистовых зубьев $z_{hi} = 3$) по варианту 2.

$$S_{hi}(1) = 0,040;$$

$$S_{hi}(2) = 0,030;$$

$$S_{hi}(3) = 0,015;$$

условие по варианту 2 соблюдается:

$$A_{hi} = 2 \cdot \sum_1^{z_{hi}} S_{hi} = 2 \cdot (0,040 + 0,030 + 0,015) = 0,170.$$

2.41. Проверяем баланс снятия припуска A :

должно соблюдаться условие:

$$A = A_{he} + A_{pe} + A_{hi};$$

условие соблюдается: $A = A_{he} + A_{pe} + A_{hi} = 1,100 + 0 + 0,170 = 1,270$.

2.42. Шаги зубьев на чистовой части t_{hi} в мм и соответствующие остальные основные параметры профиля зубьев, длина чистовой части L_7 в мм.

Шаги зубьев на чистовой части t_{hi} неравномерные, зависят от шага зубьев на черновой части и устанавливаются в соответствии с рис.1.7 и табл.1.8 при известном значении шага t .

а) при одинарной схеме резания на чистовой части:

$t = t_{p0}$ при одинарной схеме резания на черновой части;

$t = t_{p1}$ при групповой схеме резания на черновой части.

В соответствии с пп. 2.37 и 2.24 $t = t_{p0} = 10$ мм; поэтому принимаем следующие значения неравномерных шагов трех чистовых зубьев (так как количество чистовых зубьев $z_{hi} = 3$):

$$t_{hi1} = t_3 = t_1 + 2 = 7 + 2 = 9; \quad t_{hi2} = t_2 = t_1 + 1 = 7 + 1 = 8; \quad t_{hi3} = t_1 = 7.$$

Все остальные основные параметры профиля всех чистовых зубьев одинаковы и в соответствии с примечанием к табл. 11.8 при $t = t_1 = 7$ мм принимаем **профиль №4 по табл. 1.6**:

$h_{k0} = h_k = 2,5$ мм; $r_0 = r = 1,3$ мм; $C_0 = C = 3$ мм; $R_0 = R = 4$ мм. $F_{k0} = F_k = 4,90$ мм².

$$\text{Длина чистовой части } L_7 = \sum_1^{z_{hi}} t_{hii},$$

$$\text{т. е. } L_7 = t_{hi1} + t_{hi2} + t_{hi3} = 9 + 8 + 7 = 24.$$

б) при групповой схеме резания на черновой и чистовой частях $t = t_{p1}$:
в этом случае неравномерные шаги зубьев на чистовой части t_{hi} устанавливаются для всех зубьев в последовательности их расположения независимо от их места в группе по аналогии с п. 2.42, а.

$$\text{Длина чистовой части } L_7 = \sum_1^{z_{hi} \cdot n_{gp}} t_{hii}.$$

2.43. Количество калибрующих зубьев z_k , шт (табл. 1.9):

рекомендуемое $z_k = 7$;

принимаем $z_k = 7$.

2.44. Шаги зубьев на калибрующей части t_k в мм и соответствующие остальные основные параметры профиля зубьев.

Шаги зубьев на калибрующей части t_k неравномерные, зависят от шага зубьев на черновой части и устанавливаются в соответствии с рис. 1.7 и табл. 1.8 при известном значении шага t .

а) $t = t_{p0}$ при одинарной схеме резания на черновой части.

В соответствии с п. 2.24 $t = t_{p0} = 10$ мм; поэтому, используя **сведения** п. 2.42(а), принимаем следующие значения неравномерных шагов семи калибрующих зубьев (так как количество калибрующих зубьев $z_k = 7$):

$$t_{k1} = 9; \quad t_{k2} = 8; \quad t_{k3} = 7; \quad t_{k4} = 9; \quad t_{k5} = 8; \quad t_{k6} = 7; \quad t_{k7} = 9.$$

Все остальные основные параметры профиля всех калибрующих зубьев одинаковы и в соответствии с примечанием к табл. 1.8 при $t = t_1 = 7$ мм принимаем **профиль №4 по табл. 1.6**:

$$h_{kk} = h_k = 2,5 \text{ мм}; \quad r_k = r = 1,3 \text{ мм}; \quad C_k = C = 3 \text{ мм}; \quad R_k = R = 4 \text{ мм}. \quad F_{kk} = F_k = 4,90 \text{ мм}^2.$$

б) $t = t_{p1}$ при групповой схеме резания на черновой части.

2.45. Длина калибрующей части L_8 , мм:

$$L_8 = \sum_1^{z_k} t_{ki},$$

$$\text{т. е. } L_8 = t_{k1} + t_{k2} + t_{k3} + t_{k4} + t_{k5} + t_{k6} + t_{k7} = 9 + 8 + 7 + 9 + 8 + 7 + 9 = 57.$$

2.46. Диаметр 1-го режущего зуба протяжки D_1 , мм

$$D_1 = D_4 + 2 \cdot S_{he} = 38,750 + 2 \cdot 0,050 = 38,850.$$

2.47. Диаметры режущих и калибрующих зубьев протяжки $D(i)$, мм:

1. Диаметры режущих зубьев

1.1. Диаметры черновых зубьев:

а) при одинарной схеме резания на черновой части:

$$\text{диаметр первого чернового зуба } D(1) = D_1, \text{ то есть } D(1) = D_1 = 38,850;$$

диаметры последующих черновых зубьев больше диаметров предыдущих зубьев на $2 \cdot S_{he}$:

$$D(i) = D(i - 1) + 2 \cdot S_{he},$$

то есть:

D(1) = 38,850;	D(4) = 39,150;	D(7) = 39,450;	D(10) = 39,750;
D(2) = 38,950;	D(5) = 39,250;	D(8) = 39,550;	D(11) = 39,850
D(3) = 39,050;	D(6) = 39,350;	D(9) = 39,650;	-

б) при групповой схеме резания на черновой части:

диаметр первого чернового зуба $D(1) = D_1$;

диаметры последующих черновых зубьев:

диаметры зубьев одной группы одинаковы, кроме диаметра последнего зуба этой группы, который уменьшен на величину $\Delta D = 0,02 \dots 0,04$ мм; диаметры первых зубьев в группах увеличивают для каждой последующей группы на $2 \cdot S_{he}$.

1.2. Диаметры переходных зубьев:

а) при одинарной схеме резания на черновой части переходных зубьев нет.

б) при групповой схеме резания на черновой части:

диаметр первого переходного зуба больше диаметра предпоследнего чернового зуба на $2 \cdot S_{pe}$;

диаметры последующих переходных зубьев:

диаметры зубьев одной группы одинаковы, кроме диаметра последнего зуба этой группы, который уменьшен на величину $\Delta D = 0,02 \dots 0,04$ мм; диаметры первых зубьев в группах увеличивают для каждой последующей группы на $2 \cdot S_{pe}$.

1.3. Диаметры чистовых зубьев при одинарной схеме резания на чистовой части:

а) при одинарной схеме резания на черновой части:

диаметр первого чистового зуба больше диаметра последнего чернового зуба на удвоенную величину подачи на первом чистовом зубе $2 \cdot S_{hi}(1)$, то есть

$$D(12) = D(11) + 2 \cdot S_{hi}(1) = 39,850 + 2 \cdot 0,040 = 39,930;$$

диаметры последующих чистовых зубьев больше диаметров предыдущих зубьев на $2 \cdot S_{hi}(i)$:

$$D(i) = D(i - 1) + 2 \cdot S_{hi}(i),$$

то есть:

$$D(13) = 39,990; D(14) = 40,020.$$

б) при групповой схеме резания на черновой и переходной частях диаметр первого чистового зуба больше диаметра предпоследнего переходного зуба на удвоенную величину подачи на первом чистовом зубе $2 \cdot S_{hi}(1)$;

диаметры последующих чистовых зубьев больше диаметров предыдущих зубьев на $2 \cdot S_{hi}(i)$:

$$D(i) = D(i - 1) + 2 \cdot S_{hi}(i).$$

1.4. Диаметры чистовых зубьев при групповой схеме резания на чистовой части (в этом случае на черновой и переходной частях только групповая схема резания):

диаметр первого чистового зуба больше диаметра предпоследнего переходного зуба на удвоенную величину подачи на первом чистовом зубе $2 \cdot S_{hi}$ (1);

диаметры последующих чистовых зубьев:

диаметры зубьев одной группы одинаковы, кроме диаметра последнего зуба этой группы, который уменьшен на величину $\Delta D = 0,02 \dots 0,04$ мм; диаметры первых зубьев в группах увеличивают для каждой последующей группы на $2 \cdot S_{hi}$ (i).

2. Диаметры калибрующих зубьев

Диаметры всех калибрующих зубьев одинаковы и равны диаметру последнего режущего (чистового) зуба, то есть:

$$D(15) = D(16) = D(17) = D(18) = D(19) = D(20) = D(21) = D(14) = 40,020 \text{ мм.}$$

2.48. Общая длина протяжки без цапфы $L'_{пр}$, мм:

$$\begin{aligned} L'_{пр} &= L_{14} + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 = \\ &= 305 + 110 + 0 + 24 + 57 + 50 = 546, \end{aligned}$$

где значение величины L_{14} см. в п. 2.18 или $L_{14} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4 = 140 + 100 + 15 + 50 = 305$.

2.49. Наличие цапфы в конце протяжки:

Цапфу выполняют только у длинных нежестких протяжек при работе на горизонтально – протяжных станках.

Протяжку считают нежесткой при ее длине без цапфы больше $20d_0$.

В соответствии с п. 1.6 выбрана модель горизонтально - протяжного станка, а длина протяжки без цапфы $L'_{пр} = 546$ мм меньше $20d_0 = 20 \cdot 40 = 800$ мм; поэтому протяжку считаем жесткой и цапфу не выполняем (п. 2.50 не выполняются), принимая диаметр цапфы D_{10} и ее длину L_{10} равными нулю, т. е. $D_{10} = 0$ и $L_{10} = 0$.

При наличии цапфы выполняют п. 2.50.

2.50. Определение номинального диаметра D_{10} и длины L_{10} цапфы, мм:

рекомендуемый $D_{10} = D_9 - (1,0 \dots 2,0)$;

рекомендуемая $L_{10} \approx D_{10}$.

2.51. Общая длина протяжки $L_{пр}$, мм:

а) с цапфой $L_{пр} = L'_{пр} + L_{10}$;

б) без цапфы $L_{пр} = L'_{пр} = 546$.

2.52. Проверяем условие: $L_{пр} \leq \min \{40d_0; 2000\}$. Так как $L_{пр} = 546 \leq \min \{40 \cdot 40; 2000\} = 1600$, то условие выполняется.

2.53. Необходимая длина рабочего хода ползуна протяжного станка $L_{рх}$, мм:

$$L_{рх} = (L_{пр} - L_{14}) + 2 \cdot \Delta l + l = (546 - 305) + 2 \cdot 5 + 50 = 301.$$

Проверяем условие: $L_{рх} \leq L_{рхс}$. Так как $L_{рх} = 301 < L_{рхс} = 1600$, то условие выполняется.

2.54. Группу заточки, форму передней поверхности (рис. 1.8) и величину переднего угла черновых, переходных, чистовых и калибрующих зубьев круглых протяжек определяем по табл. 1.10:

для всех зубьев протяжки принимаем первую группу заточки их передней поверхности по форме А с величиной переднего угла $\gamma = 20^\circ$.

2.55. Для зубьев протяжки с выкружками, работающих по групповой схеме резания, выполните пп. 2.55.1 – 2.55.8.

2.55.1. Диаметр шлифованного круга для обработки выкружек $D_{\text{КВ}}$, мм:

Выбираем $D_{\text{КВ}}$ из нормального ряда диаметров: 80, 100, 125, 160.

2.55.2. Глубина выкружек $h_{\text{В}}$, мм:

рекомендуемая $h_{\text{В}} \geq (2...5) \cdot S_{\text{не}}$.

2.55.3. Задний угол на выкружках $\alpha_{\text{выкр}}$, градус:

рекомендуемый $\alpha_{\text{выкр}} = 4...8$;

2.55.4. Расстояние между осями шлифовального круга и протяжки a , мм (при параллельных осях круга и протяжки):

$$a = \frac{d_0 + D_{\text{КВ}}}{2} - h_{\text{В}}.$$

2.55.5. Вспомогательный угол θ , радиан:

$$\theta = \arccos \left(\frac{d_0^2 + 4 \cdot a^2 - D_{\text{КВ}}^2}{4 \cdot a \cdot d_0} \right).$$

2.55.6. Максимально допустимая расчетная длина режущей кромки зуба между выкружками по дуге окружности $\cup b$, мм:

$$\cup b = 1,7 \cdot \sqrt{d_0}.$$

Проверить длину $\cup b$ на выполнение условия $S_{\text{не}} \leq S_{\text{max}}(\cup b, h_{\text{к}})$ по табл. 1.13; если условие не выполняется, то уменьшить длину $\cup b$ до выполнения условия.

2.55.7. Количество выкружек i , шт (угол θ в радианах):

расчетное $i = \pi \cdot d_0 / (\cup b + \theta \cdot d_0)$;

округляем i до большего целого числа (лучше четного).

2.55.8. Фактическая длина режущей кромки зуба между выкружками по дуге окружности, мм (угол θ в радианах):

$$\cup b = d_0 \left(\frac{\pi}{i} - \theta \right).$$

2.56. На зубьях протяжки, работающих по одинарной схеме резания, при обработке материалов, дающих сливную стружку (например, при обработке сталей), необходимо выполнить **стружкоделительные** канавки, расположенные на зубьях в шахматном порядке. В этом случае выполните пп. 2.56.1 - 2.56.4.

В п. 2.24 на черновой части и в п. 2.37 на чистовой части протяжки выбрана одинарная схема резания. Обрабатываемый материал - Сталь 45 при резании образует сливную стружку. Поэтому на черновой и чистовой частях протяжки выполняем стружкоразделительные канавки, расположенные на зубьях в шахматном порядке, т.е. выполняем пп. 2.56.1 – 2.56.4.

2.56.1. Расчетная длина режущей кромки зуба между стружкоделительными канавками по дуге окружности $\cup b$, мм:

$$\cup b = 1,7 \cdot \sqrt{d_0} = 1,7 \cdot \sqrt{40} = 10,75.$$

Проверить длину $\cup b$ на выполнение условия $S_{he} \leq S_{max}(\cup b, h_k)$ по табл. 1.13; если условие не выполняется, то уменьшить длину $\cup b$ до выполнения условия.

При $\cup b = 10,75$ мм и $h_k = h_{k0} = 4$ мм; $S_{he} = 0,050 < S_{max}(\cup b, h_k) = 0,100$, т.е. условие выполняется.

2.56.2. Количество стружкоделительных канавок n_c , шт:

$$\text{расчетное } n_c = \frac{p \cdot d_0}{\cup b} = \frac{p \cdot 40}{10,75} = 11,68;$$

округляем n_c до большего целого числа (лучше четного): $n_c = 12$.

2.56.3. Основные параметры стружкоделительных канавок:

Глубина стружкоделительных канавок $h_{срк}$, мм:

рекомендуемая $h_{срк} = 0,4 \dots 1,0$;

принимаем $h_{срк} = 0,60$.

Ширина стружкоделительных канавок $b_{срк}$, мм:

рекомендуемая $b_{срк} = 0,6 \dots 1,2$;

принимаем $b_{срк} = 0,80$.

Угол профиля стружкоделительных канавок $\phi_{срк}$, градус:

рекомендуемый $\phi_{срк} = 45 \dots 90$;

принимаем $\phi_{срк} = 60$.

Радиус скругления дна стружкоделительных канавок $R_{срк}$, мм:

рекомендуемый $R_{срк} = 0,2 \dots 0,5$;

принимаем $R_{срк} = 0,2$.

Задний угол на боковых режущих кромках стружкоделительных канавок в главной секущей плоскости $\alpha_{б\text{ срк}}$, градус:

рекомендуемый $\alpha_{б\text{ срк}} = 1 \dots 2$;

принимаем $\alpha_{б\text{ срк}} = 2$.

2.56.4. Диаметр шлифовального круга D_γ для образования стружкоделительных канавок на задней поверхности зуба протяжки и величина его смещения e за вершинную плоскость зуба:

По технологическим соображениям желательно заточить переднюю поверхность зубьев протяжки одним и тем же по размерам и форме шлифовальным кругом, максимально допускаемый диаметр $D_\gamma^{\max}$ которого определяется по формуле:

$$D_r^{\max} = \frac{(t - h_{срк} \cdot \text{tgr})^2 + (h_{срк} + S_z)^2}{(t - h_{срк} \cdot \text{tgr}) \sin \bar{\phi}_{срк} + (h_{срк} + S_z) \cdot \cos \bar{\phi}_{срк}},$$

$$\text{где } \bar{\phi}_{срк} = \arctg \left[\frac{\text{tg } \alpha_{б\text{ срк}}}{\sin\left(\frac{\phi_{срк}}{2}\right)} \right];$$

t – осевой шаг зубьев протяжки;

$h_{\text{срк}}$ – глубина стружкоделительной канавки;

γ – передний угол зуба протяжки;

S_z – подача на зуб;

$\alpha_{\text{б срк}}$ – задний угол на боковых режущих кромках стружкоделительных канавок в главной секущей плоскости;

$\varphi_{\text{срк}}$ – угол профиля стружкоделительных канавок.

Выбранный диаметр шлифовального круга D_γ должен быть не более D_γ^{max} , т. е. $D_\gamma \leq D_\gamma^{\text{max}}$.

Величина смещения e шлифовального круга за вершинную плоскость зуба:

$$e = \frac{D_\gamma}{2} \cdot \sin \alpha_{\text{б срк}} + h_{\text{срк}} \cdot \operatorname{tg} \gamma.$$

В выбранном варианте исполнения протяжки:

на черновой части: $t = t_{p0} = 10$ мм; $h_{\text{срк}} = 0,60$ мм; $\gamma = 20^\circ$; $S_z = S_{\text{he}} = 0,050$ мм/зуб; $\alpha_{\text{б срк}} = 2^\circ$; $\varphi_{\text{срк}} = 60^\circ$.

При этих значениях:

$$\alpha_{\text{б срк}} = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} \alpha_{\text{б срк}}}{\sin \left(\frac{\varphi_{\text{срк}}}{2} \right)} \right] = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2^\circ}{\sin \left(\frac{60^\circ}{2} \right)} \right] = 3,99^\circ;$$

$$D_\gamma^{\text{max}} = \frac{(t - h_{\text{срк}} \cdot \operatorname{tg} \gamma)^2 + (h_{\text{срк}} + S_z)^2}{(t - h_{\text{срк}} \cdot \operatorname{tg} \gamma) \sin \alpha_{\text{б срк}} + (h_{\text{срк}} + S_z) \cdot \cos \alpha_{\text{б срк}}} =$$
$$\frac{(10 - 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ)^2 + (0,60 + 0,050)^2}{(10 - 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) \cdot \sin 3,99^\circ + (0,60 + 0,050) \cdot \cos 3,99^\circ} = 72,3;$$

Принимаем $D_\gamma = 72$ мм.

$$e = \frac{D_\gamma}{2} \cdot \sin \alpha_{\text{б срк}} + h_{\text{срк}} \cdot \operatorname{tg} \gamma = \frac{72}{2} \cdot 3,99^\circ + 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 2,72 \text{ мм.}$$

2.57. Угол правки шлифовального круга β_k для заточки передней поверхности зуба под углом γ , градус (рис. 1.9):

рекомендуемый: $\beta_k = 30 \dots 60$;

принимаем: $\beta_k = 45$.

2.58. Угол установки оси шпинделя шлифовального круга φ_k для заточки передней поверхности зуба протяжки под углом γ , градус (рис. 1.9):

$$\varphi_k = \beta_k + \gamma = 45 + 20 = 65.$$

2.59. Максимально допускаемый диаметр шлифованного круга для заточки зубьев протяжки по передней поверхности $D_{\text{кз}}$, мм:

$$D_{\text{кз}} = \frac{d_0 - h_{\text{к0}}}{\sin \gamma} \cdot \sin \beta_k = \frac{40 - 4}{\sin 20^\circ} \cdot \sin 45^\circ = 74,4.$$

2.60. Задний угол зубьев протяжки α , градус:

задний угол зубьев протяжки должен быть:

на черновых и переходных зубьях..... 3° ;

на чистовых зубьях.....2°;
на калибрующих зубьях.....1°;

2.61. Допуск на диаметр режущих зубьев, мм (верхнее отклонение равно нулю):

$$0,010...0,020, \text{ но не более } 0,4 \cdot S_{he} = 0,4 \cdot 0,050 = 0,020;$$

принимаем допуск равным 0,015.

2.62. Допуск на диаметр калибрующих зубьев, мм (верхнее отклонение равно нулю):

$$\left(\frac{1}{3}... \frac{1}{2}\right) \cdot (BO - HO) = \left(\frac{1}{3}... \frac{1}{2}\right) \cdot (0,025 - 0) = 0,008...0,012;$$

Принимаем допуск равным 0,008.

По результатам расчета примера №1 с использованием технических требований по ГОСТ 28442 – 90 на протяжки для цилиндрических отверстий (приложение 2) выполнен рабочий чертеж внутренней круглой протяжки, приведенный в **приложении 3**.

1.2.2. Пример №2 расчета внутренней круглой протяжки

1. Исходные данные для примера №2

1.1. $d_0 = 20$;

$BO = 0,021$;

$HO = 0,000$;

квалитет 7.

1.2. $l_d = 40$.

1.3. $n_d = 1$.

1.4. Сталь 60;

210HB;

$N_3 = 2$.

1.5. $C_p = 2400$.

1.6. модель: горизонтальный 7A510:

$P_c = 102000$;

$L_{PXC} = 1250$.

1.7. P6M5;

$\sigma_1 = 400$.

2. Расчет примера №2

2.1. $l = l_d \cdot n_d = 40 \cdot 1 = 40$.

2.2. Рекомендуемая: $RU = (0,20...0,30) \cdot (BO - HO) = (0,20...0,30) \cdot (0,021 - 0,000) = 0,004...0,006$;

принимаем разбивку отверстия с величиной $RU = 0,005$.

2.3. $D_8 = d_0 + BO \mp RU = 20 + 0,021 - 0,005 = 20,016$.

$$2.4. A_{\min} = 0,005 \cdot d_0 + 0,1 \cdot \sqrt{1} = 0,005 \cdot 20 + 0,1 \cdot \sqrt{40} = 0,732;$$

$$A_{\max} = 0,005 \cdot d_0 + 0,2 \cdot \sqrt{1} = 0,005 \cdot 20 + 0,2 \cdot \sqrt{40} = 1,365.$$

$$2.5. \text{Рекомендуемый: } A = \{A_{\min} \dots A_{\max}\} = \{0,732 \dots 1,365\};$$

принимаем $A = 1,100$.

$$2.6. d_3 = D_8 - A = 20,016 - 1,100 = 18,916.$$

$$2.7. D_4 = d_3 = 18,916.$$

$$2.8. \text{Рекомендуемая } L_4 = (0,6 \dots 1,0) \cdot l = (0,6 \dots 1,0) \cdot 40 = 24 \dots 40;$$

принимаем $L_4 = 40$.

$$2.9. D_9 = D_8 = 20,016.$$

$$2.10. \text{Рекомендуемая } L_9 = (0,6 \dots 1,0) \cdot l = (0,6 \dots 1,0) \cdot 40 = 24 \dots 40;$$

принимаем $L_9 = 40$.

2.11. Принимаем тип. 2, исполнение 1.

2.12. Сталь 40;

$$y_x = 250.$$

$$2.13. D_1 = 18; \quad L_1 = 100; \quad F_x = 132,7.$$

$$2.14. P_x = F_x \cdot y_x = 132,7 \cdot 250 = 33175.$$

$$2.15. \text{Рекомендуемая } L_3 = 10 \dots 25;$$

принимаем $L_3 = 15$.

$$2.16. \text{Рекомендуемое } \Delta l = 5 \dots 10;$$

принимаем $\Delta l = 5$.

$$2.17. \text{по паспорту станка } L_c = 200.$$

$$2.18. L_{14} = L_c + l + \Delta l = 200 + 40 + 5 = 245.$$

$$2.19. \text{Рекомендуемый } D_2 = D_1 - (0,5 \dots 1,0) = 18 - (0,5 \dots 1,0) = 17,5 \dots 17,0;$$

принимаем $D_2 = 17$.

$$2.20. L_2 = L_{14} - L_1 - L_3 - L_4 = 245 - 100 - 15 - 40 = 90.$$

$$2.21. P_{\text{ш}} = \pi \cdot (D_2)^2 \cdot y_x / 4 = \pi \cdot (17)^2 \cdot 250 / 4 = 56745.$$

2.22.

$$2.22.1. \text{Рекомендуемый: } t_{p0} = (1,25 \dots 1,50) \cdot \sqrt{1} = (1,25 \dots 1,50) \cdot \sqrt{40} = 7,9 \dots 9,4;$$

принимаем **профиль №5 по табл. 11.6:** $t_{p0} = t = 8 \text{ мм}$; $h_{k0} = h_k = 3 \text{ мм}$; $r_0 = r = 1,5 \text{ мм}$; **$C_0 = C = 3,3 \text{ мм}$** ; $R_0 = R = 5 \text{ мм}$; **$F_{k0} = F_k = 7,10 \text{ мм}^2$** .

$$2.22.2. z_{\max 0} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{1}{t_{p0}} + 1 \right\} =$$

$$= \text{целая часть числа } \left\{ \frac{40}{8} + 1 \right\} = 6;$$

$$2.22.3. K_0 = K = 4.$$

$$2.22.4. S_{zk0} = F_{k0} / (K_0 \cdot l) = 7,10 / (4 \cdot 40) = 0,044.$$

$$2.22.5. P_{10} = \pi \cdot (D_4 - 2h_{k0})^2 \cdot y_1 / 4 = \pi \cdot (18,916 - 2 \cdot 3)^2 \cdot 400 / 4 = 52409.$$

$$2.22.6. P_p = \min \{0,9 \cdot P_c; P_x; P_{\text{ш}}; P_{10}\} = \{0,9 \cdot 102000; 33175; 56745; 52409\} = 33175.$$

$$2.22.7. S_{zp0} = \left(\frac{P_p}{C_p \cdot p \cdot d_0 \cdot z_{\max 0}} \right)^{1,25} = \left(\frac{33175}{2400 \cdot p \cdot 20 \cdot 6} \right)^{1,25} = 0,016.$$

$$2.22.8. S_{z0\max} = \min \{S_{zp0}; S_{zk0}\} = \min \{0,016; 0,044\} = 0,016.$$

$$2.22.9. L_{p0} = \frac{A \cdot t_{p0}}{2 \cdot S_{z0\max}} = \frac{1,1 \cdot 8}{2 \cdot 0,016} = 275.$$

2.23.

$$2.23.1. \text{Рекомендуемый: } t_{p1} = (1,45 \dots 1,90) \cdot \sqrt{l} = (1,45 \dots 1,90) \cdot \sqrt{40} = 9,17 \dots 12,016;$$

принимаем профиль №5У по табл. 11.6: $t_{p1} = t = 10$ мм; $h_{k1} = h_k = 3$ мм; ; $r_1 = r = 1,5$ мм; $C_1 = C = 4,3$ мм; $R_1 = R = 5$ мм; $F_{k1} = F_k = 7,10$ мм².

2.23.2.

$$z_{\max 1} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{1}{t_{p1}} + 1 \right\} = \text{целая часть числа } \left\{ \frac{40}{10} + 1 \right\} = 5;$$

$$2.23.3. K_1 = K = 3.$$

$$2.23.4. S_{zk1} = F_{k1} / (K_1 \cdot l) = 7,10 / (3 \cdot 40) = 0,059.$$

$$2.23.5. P_{11} = \pi(D_4 - 2 \cdot h_{k1})^2 \cdot \sigma_1 / 4 = \pi(18,916 - 2 \cdot 3)^2 \cdot 400 / 4 = 52409.$$

$$2.23.6. P_p = \min \{0,9 \cdot 102000; 33175; 56745; 52409\} = 33175.$$

2.23.7.

$$A.1. n_{rp} = 2.$$

$$A.2. S_{zp1} = \left(\frac{P_p \cdot n_{rp}}{C_p \cdot p \cdot d_0 \cdot z_{\max 1}} \right)^{1,25} = \left(\frac{33175 \cdot 2}{2400 \cdot p \cdot 20 \cdot 5} \right)^{1,25} = 0,048.$$

A.3. Так как $S_{zp1} = 0,048 < S_{zk1} = 0,059$, то выполняем пп. A.5, A.6 и повторно п. A.2.

$$A.5. L_{p11} = \frac{A \cdot t_{p1} \cdot n_{rp}}{2 \cdot S_{zp1}} = \frac{1,1 \cdot 10 \cdot 2}{2 \cdot 0,048} = 229,16;$$

$$S_{zp11} = S_{zp1} = 0,048.$$

$$A.6. n_{rp} = n_{rp} + 1 = 2 + 1 = 3.$$

$$A.2. S_{zp1} = \left(\frac{P_p \cdot n_{rp}}{C_p \cdot p \cdot d_0 \cdot z_{\max 1}} \right)^{1,25} = \left(\frac{33175 \cdot 3}{2400 \cdot p \cdot 20 \cdot 5} \right)^{1,25} = 0,079.$$

A.3. Так как $S_{zp1} = 0,079 > S_{zk1} = 0,059$ и $n_{rp} \neq 2$; ($n_{rp} = 3$), то выполняем пп. A.7 и A.8.

$$A.7. L_{p12} = \frac{A \cdot t_{p1} \cdot n_{rp}}{2 \cdot S_{zk1}} = \frac{1,1 \cdot 10 \cdot 3}{2 \cdot 0,059} = 279,66.$$

A.8. Так как $L_{p11} = 229,16 < L_{p12} = 279,66$, то выполняем п. A.9.

$$A.9. L_{p1} = L_{p11} = 229,16; S_{z1\max} = S_{zp11} = 0,048; n_{rp} = n_{rp} - 1 = 3 - 1 = 2.$$

2.24. Так как $L_{p1} = 229,16 < L_{p0} = 275$, то принимаем на черновой и переходной частях протяжки групповую схему резания с $n_{гр} = 2$ и $S_{max} = S_{z1max} = 0,048$.

2.25. Принимаем $S_{he} = 0,048$.

При групповой схеме резания на черновой и переходной частях протяжки определяем параметры её переходной части по пп. 2.26 – 2.29.:

2.26. Рекомендуемая: $S_{pe} = (0,6...0,8) S_{he} = (0,6...0,8) \cdot 0,048 = 0,029...0,038$;
принимаем $S_{pe} = 0,034$.

2.27. Рекомендуемое $z_{pe} = 1...3$;
принимаем $z_{pe} = 2$.

2.28. $A_{pe} = 2 \cdot S_{pe} \cdot z_{pe} = 2 \cdot 0,034 \cdot 2 = 0,136$.

2.29. $L_6 = t_{p1} \cdot z_{pe} \cdot n_{гр} = 10 \cdot 2 \cdot 2 = 40$.

2.30. Рекомендуемый $A_{hi} = 0,200...0,500$;
принимаем $A_{hi} = 0,200$.

2.31. $A_{he} = A - A_{pe} - A_{hi} = 1,100 - 0,136 - 0,200 = 0,764$.

2.32. $z_{he} = A_{he} / (2 \cdot S_{he}) = 0,764 / (2 \cdot 0,048) = 7,950$; округляем расчетное z_{he} до целого числа: $z_{he} = 8$.

2.33. $A_{he} = 2 \cdot S_{he} \cdot z_{he} = 2 \cdot 0,048 \cdot 8 = 0,768$.

2.34. Рекомендуемый: $t_b = (1,5...2) \cdot t_{p1} = (1,5...2) \cdot 10 = 15...20$;
принимаем $t_b = 16$.

2.35. $L_5 = t_{p1}(z_{he} - 1) \cdot n_{гр} + t_b \cdot n_{гр} = 10 \cdot (8 - 1) \cdot 2 + 16 \cdot 2 = 172$.

2.36. $A_{hi} = A - A_{he} - A_{pe} = 1,100 - 0,768 - 0,136 = 0,196$.

2.37. Принимаем на чистовой части протяжки одинарную схему резания, так как необходимо получить после протягивания отверстие детали по 7 качеству.

2.38. Рекомендуемая $S_{hi} = (0,250...0,600) S_{he} = (0,250...0,600) \cdot 0,048 = 0,012...0,029$;

принимаем $S_{hi} = 0,029$.

2.39. Расчетное $z_{hi} = \frac{A_{hi}}{2 \cdot S_{hi}} = \frac{0,196}{2 \cdot 0,029} = 3,37$;

рекомендуемое $z_{hi} = 2...5$;

принимаем $z_{hi} = 5$.

2.40. Принимаем вариант 2:

$S_{hi}(1) = 0,029$;

$S_{hi}(2) = 0,024$;

$S_{hi}(3) = 0,019$;

$S_{hi}(4) = 0,014$;

$S_{hi}(5) = 0,012$.

Условие $A_{hi} = 2 \cdot \sum_1^{z_{hi}} S_{hi} = 2 \cdot (0,029 + 0,024 + 0,019 + 0,014 + 0,012) =$

$0,196$ соблюдается.

2.41. Условие $A = A_{he} + A_{pe} + A_{hi} = 0,768 + 0,136 + 0,196 = 1,100$ соблюдается.

2.42. В соответствии с п. 2. 37 и п. 2.24 $t = t_{p1} = 10$ мм:

$t_{hi1} = t_3 = t_1 + 2 = 7 + 2 = 9$;

$t_{hi2} = t_2 = t_1 + 1 = 7 + 1 = 8$;

$$\begin{aligned}t_{hi3} &= t_1 = 7; \\t_{hi4} &= t_{hi1} = 9; \\t_{hi5} &= t_{hi2} = 8;\end{aligned}$$

при $t = t_1 = 7$ мм принимаем профиль №4 по табл. 1.6: $h_{K0} = h_K = 2,5$ мм; $r_0 = r = 1,3$ мм; $C_0 = C = 3$ мм; $R_0 = R = 4$ мм; $F_{K0} = F_K = 4,90$ мм²;

$$L_7 = t_{hi1} + t_{hi2} + t_{hi3} + t_{hi4} + t_{hi5} = 9 + 8 + 7 + 9 + 8 = 41.$$

2.43. Рекомендуемое $z_K = 7$;

принимаем $z_K = 7$.

2.44. В соответствии с п. 2.24 $t = t_{p1} = 10$ мм: $t_{K1} = 9$; $t_{K2} = 8$; $t_{K3} = 7$; $t_{K4} = 9$; $t_{K5} = 8$; $t_{K6} = 7$; $t_{K7} = 9$ при $t = t_1 = 7$ мм принимаем профиль №4 по табл. 1.6:

$h_{KK} = h_K = 2,5$ мм; $r_K = r = 1,3$ мм; $C_K = C = 3$ мм; $R_K = R = 4$ мм; $F_{KK} = F_K = 4,90$ мм².

$$2.45. L_8 = t_{K1} + t_{K2} + t_{K3} + t_{K4} + t_{K5} + t_{K6} + t_{K7} = 9 + 8 + 7 + 9 + 8 + 7 + 9 = 57.$$

$$2.46. D_1 = D_4 + 2 \cdot S_{he} = 18,916 + 2 \cdot 0,048 = 19,012.$$

2.47. Диаметры режущих и калибрующих зубьев протяжки $D(i)$, мм:

1. Диаметры режущих зубьев

1.1. Диаметры черновых зубьев:

при групповой схеме резания на черновой части диаметр первого черного зуба: $D(1) = D_1$, то есть $D(1) = D_1 = 19,012$; величину уменьшения диаметра последнего зуба группы принимаем равной $\Delta D = 0,020$ мм.

Тогда:

$$\begin{aligned}D(1) &= 19,012; D(2) = 18,992; D(3) = 19,108; D(4) = 19,088; D(5) = 19,204; \\D(6) &= 19,184; D(7) = 19,300; D(8) = 19,280; D(9) = 19,396; D(10) = \\&19,376; D(11) = 19,492; D(12) = 19,472; D(13) = 19,588; D(14) = 19,568; \\D(15) &= 19,684; D(16) = 19,664.\end{aligned}$$

1.2. Диаметр переходных зубьев:

$$D(17) = 19,752; D(18) = 19,732; D(19) = 19,820; D(20) = 19,800;$$

1.3. Диаметр чистовых зубьев при одинарной схеме резания на чистовой части:

$$D(21) = D(19) + 2S_{hi}(1) = 19,820 + 2 \cdot 0,029 = 19,878.$$

Тогда диаметры последующих чистовых зубьев:

$$D(22) = 19,926; D(23) = 19,964; D(24) = 19,992; D(25) = 20,016.$$

2. Диаметры калибрующих зубьев:

$$\begin{aligned}D(26) &= 20,016; D(27) = 20,016; D(28) = 20,016; D(29) = 20,016; \\D(30) &= 20,016; D(31) = 20,016; D(32) = 20,016.\end{aligned}$$

$$2.48. L'_{пр} = L_{14} + L_5 + L_6 + L_7 + L_8 + L_9 = 245 + 172 + 40 + 41 + 57 + 40 = 595.$$

2.49. Длина протяжки без цапфы $L'_{пр} = 595$ мм больше $20d_0 = 20 \cdot 20 = 400$ мм; поэтому протяжку считаем нежесткой и цапфу выполняем, т. е. выполняем п. 2.50.

$$2.50. \text{Рекомендуемый } D_{10} = D_9 - (1,0 \dots 2,0) = 20,016 - (1,0 \dots 2,0) = 19,016 \dots 18,016;$$

принимаем $D_{10} = 18$;

рекомендуемая $L_{10} \approx D_{10} = 18$;

принимаем $L_{10} = 18$.

$$2.51. L_{\text{пр}} = L'_{\text{пр}} + L_{10} = 595 + 18 = 613;$$

2.52. Проверяем условие: $L_{\text{пр}} \leq \min \{ 40d_0; 2000 \}$. Так как $L_{\text{пр}} = 613 \leq \min \{ 40 \cdot 20; 2000 \} = 800$, то условие выполняется.

$$2.53. L_{\text{рх}} = (L_{\text{пр}} - L_{14}) + 2 \cdot \Delta l + l = (613 - 245) + 2 \cdot 5 + 40 = 418.$$

Проверяем условие: $L_{\text{рх}} \leq L_{\text{рхс}}$. Так как $L_{\text{рх}} = 418 < L_{\text{рхс}} = 1250$, то условие выполняется.

2.54. Для всех зубьев протяжки принимаем первую группу заточки их передней поверхности по форме А с величиной переднего угла $\gamma = 20^\circ$.

2.55. Групповая схема резания на черновой части протяжки реализуются зубьями с выкружками.

$$2.55.1. \text{Принимаем } D_{\text{КВ}} = 80.$$

$$2.55.2. \text{Рекомендуемая } h_B > (2 \dots 5) S_{\text{he}} = (2 \dots 5) \cdot 0,048 = 0,096 \dots 0,240;$$

принимаем $h_B = 0,15$.

$$2.55.3. \text{Задний угол на выкружках } \alpha_{\text{выкр}}, \text{ градус:}$$

$$\text{рекомендуемый } \alpha_{\text{выкр}} = 4 \dots 8;$$

$$\text{принимаем } \alpha_{\text{выкр}} = 6.$$

$$2.55.4.$$

$$a = \frac{d_0 + D_{\text{КВ}}}{2} - h_B = \frac{20 + 80}{2} - 0,15 = 49,85.$$

$$2.55.5. \text{и} = \arccos \left(\frac{d_0^2 + 4 \cdot a^2 - D_{\text{КВ}}^2}{4 \cdot a \cdot d_0} \right) = \arccos \left(\frac{20^2 + 4 \cdot 49,85^2 - 80^2}{4 \cdot 49,85 \cdot 20} \right) = 0,155 \text{ (рад)}.$$

$$2.55.6. \cup b = 1,7 \cdot \sqrt{d_0} = 1,7 \cdot \sqrt{20} = 7,60.$$

Проверяем условие: $S_{\text{he}} \leq S_{\text{max}}(\cup b, h_K)$ по табл. 1.13.

При $\cup b = 7,6$ мм и $h_K = h_{K1} = 3$ мм; $S_{\text{he}} = 0,048 < S_{\text{max}}(\cup b, h_K) = 0,050$, т.е. условие выполняется.

$$2.55.7 \text{ Расчетное } i = \pi \cdot d_0 / (\cup b + \theta \cdot d_0) = \pi \cdot 20 / (7,60 + 0,155 \cdot 20) = 5,87;$$

округляем: $i = 6$.

$$2.55.8. \cup b = d_0 \left(\frac{p}{i} - \text{и} \right) = 20 \cdot \left(\frac{\pi}{6} - 0,155 \right) = 7,37.$$

2.56. В п. 2.37 на чистовой части протяжки выбрана одинарная схема резания. Обрабатываемый материал - Сталь 60 при резании образует сливную стружку. Поэтому на чистовой части протяжки выполняем стружко делительные канавки, расположенные на зубьях в шахматном порядке, т. е. выполняем пп. 2.56.1 - 2.56.4.

$$2.56.1.$$

$$\cup b = 1,7 \cdot \sqrt{d_0} = 1,7 \cdot \sqrt{20} = 7,6.$$

Проверяем условие: $S_{hi}(1) \leq S_{\text{max}}(\cup b, h_K)$. При $\cup b = 7,6$ и $h_K = h_{K1} = 3$ мм;

$S_{hi}(1) = 0,029 < S_{\max}(\cup b, h_k) = 0,050$, т. е. условие выполняется.

$$2.56.2. \text{ Расчетное } n_c = \frac{p \cdot d_0}{\cup b} = \frac{p \cdot 20}{7,6} = 8,26;$$

округляем n_c до большего целого числа (лучше четного): $n_c = 10$.

2.56.3. Основные параметры стружкоделительных канавок:

Глубина стружкоделительных канавок $h_{срк}$, мм:

рекомендуемая $h_{срк} = 0,4 \dots 1,0$;

принимаем $h_{срк} = 0,60$.

Ширина стружкоделительных канавок $b_{срк}$, мм:

рекомендуемая $b_{срк} = 0,6 \dots 1,2$;

принимаем $b_{срк} = 0,80$.

Угол профиля стружкоделительных канавок $\phi_{срк}$, градус:

рекомендуемый $\phi_{срк} = 45 \dots 90$;

принимаем $\phi_{срк} = 60$.

Радиус скругления дна стружкоделительных канавок $R_{срк}$, мм:

рекомендуемый $R_{срк} = 0,2 \dots 0,5$;

принимаем $R_{срк} = 0,2$.

Задний угол на боковых режущих кромках стружкоделительных канавок в главной секущей плоскости $\alpha_{б\text{ срк}}$, градус:

рекомендуемый $\alpha_{б\text{ срк}} = 1 \dots 2$;

принимаем $\alpha_{б\text{ срк}} = 2$.

2.56.4.

В выбранном варианте исполнения протяжки:

на чистовой части: $t = t_{hi1} = 9$ мм; $h_{срк} = 0,60$ мм; $\gamma = 20^\circ$; $S_z = S_{hi}(1) = 0,029$ мм/зуб.; $\alpha_{б\text{ срк}} = 2^\circ$; $\phi_{срк} = 60^\circ$.

При этих значениях:

$$\beta_{срк} = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} \alpha_{б\text{ срк}}}{\sin\left(\frac{\phi_{срк}}{2}\right)} \right] = \arctg \left[\frac{\operatorname{tg} 2^\circ}{\sin\left(\frac{60^\circ}{2}\right)} \right] = 3,99^\circ;$$

$$D_{\Gamma}^{\max} = \frac{(t - h_{срк} \cdot \operatorname{tg} \gamma)^2 + (h_{срк} + S_z)^2}{(t - h_{срк} \cdot \operatorname{tg} \gamma) \sin \beta_{срк} + (h_{срк} + S_z) \cdot \cos \beta_{срк}} =$$

$$\frac{(9 - 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ)^2 + (0,60 + 0,029)^2}{(9 - 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ) \cdot \sin 3,99^\circ + (0,60 + 0,029) \cdot \cos 3,99^\circ} = 62,58 \text{ мм};$$

Принимаем $D_{\gamma} = 3,99$ мм.

$$e = \frac{D_{\Gamma}}{2} \cdot \sin \beta_{срк} + h_{срк} \cdot \operatorname{tg} \gamma = \frac{62}{2} \cdot \sin 3,99^\circ + 0,60 \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = 2,37 \text{ мм}.$$

2.57. Рекомендуемый: $\beta_k = 30^\circ \dots 60^\circ$;

принимаем: $\beta_k = 60^\circ$.

2.58. $\phi_k = \beta_k + \gamma = 60^\circ + 20^\circ = 80^\circ$.

$$2.59. D_{K3} = \frac{d_0 - h_{K1}}{\sin \gamma} \cdot \sin \alpha_K = \frac{20 - 3}{\sin 20^\circ} \cdot \sin 60^\circ = 43,0 \text{ мм.}$$

2.60. Задний угол зубьев протяжки α , градус:

на черновых и переходных зубьях3°;
на чистовых зубьях.....2°;
на калибрующих зубьях.....1°.

2.61. Допуск на диаметр режущих зубьев, мм (верхнее отклонение равно нулю):

$$0,010 \dots 0,020, \text{ но не более } 0,4 \cdot S_{he} = 0,4 \cdot 0,048 = 0,019;$$

принимаем допуск равным 0,015.

2.62. Допуск на диаметр калибрующих зубьев, мм (верхнее отклонение равно нулю):

$$\left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}\right) \cdot (BO - HO) = \left(\frac{1}{3} \dots \frac{1}{2}\right) \cdot (0,021 - 0,000) = 0,007 \dots 0,0105;$$

Принимаем допуск равным 0,008.

Таблица 1.1

Обрабатываемые материалы, их твердость HB, их порядковые номера и соответствующие им значения коэффициента C_p

Материал			C _p , МПа
№	Наименование	Твердость HB	
1	Углеродистые стали	До 197	2170
2		197-220	2400
3		Св. 220	2860
4	Легированные стали	До 197	2880
5		197-220	3110
6		Св.220	3610
7	Чугун серый	До 180	1850
8		Св.180	2040
9	Чугун ковкий	Св.200	1670

Таблица 1.2

Модели протяжных станков, их номинальная тяговая сила P_c
и наибольший рабочий ход ползуна станка L_{pxc}

Модель протяжного станка	P_c , Н	L_{pxc} , мм	Модель протяжного станка	P_c , Н	L_{pxc} , мм
Горизонтальный			Вертикальный		
7510;7510М	102000	1400	7705; 7705А;	51000	600
7А510	102000	1250	7705Б	51000	800
7520;7А520	204000	1600	7А705В	102000	1350
7530М	306000	1800	7710	102000	1200
7540	408000	2000	7А710	102000	1000
7551	714000	2000	7Б710; 7710В;	204000	1600
7552	1020000	2000	7А710Д	204000	1250
			7720		
			7Б720; 7720В;		
			7А720Д		

Таблица 1.3

Пределы прочности материалов круглых протяжек на растяжение, МПа

Материал протяжки – сталь	Части протяжки	
	хвостовая σ_x	режущая σ_1
Углеродистая качественная	250	–
Инструментальная легированная	250	300
Быстрорежущая диаметром, мм:		
до 15	300	450
св. 15	300	400

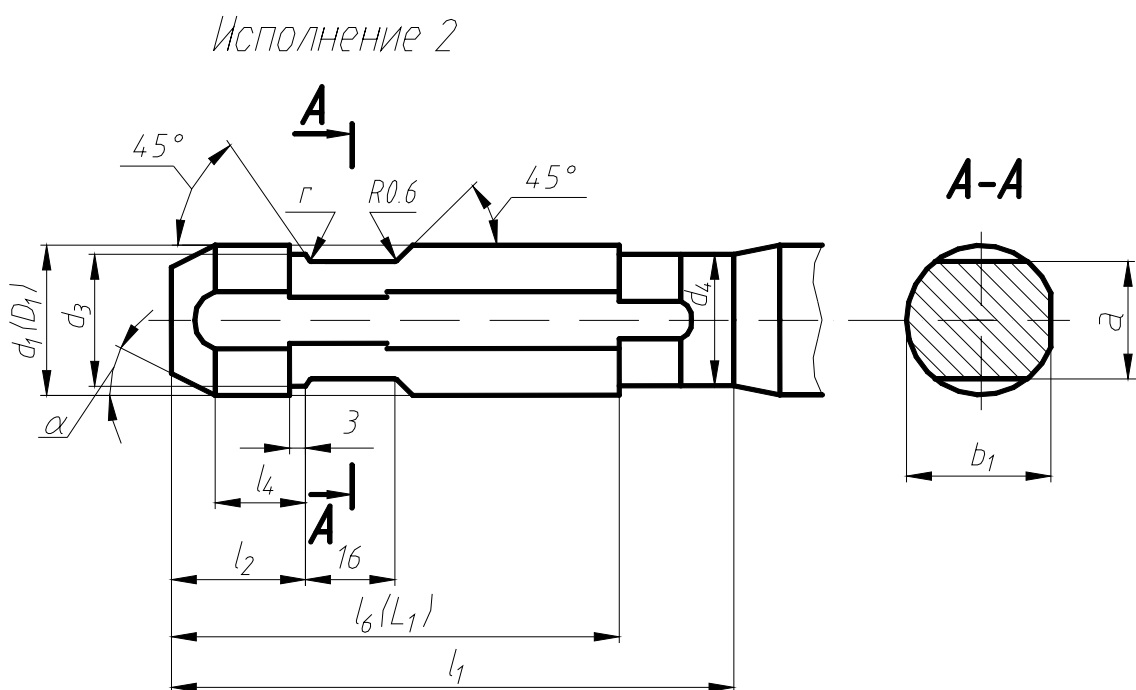
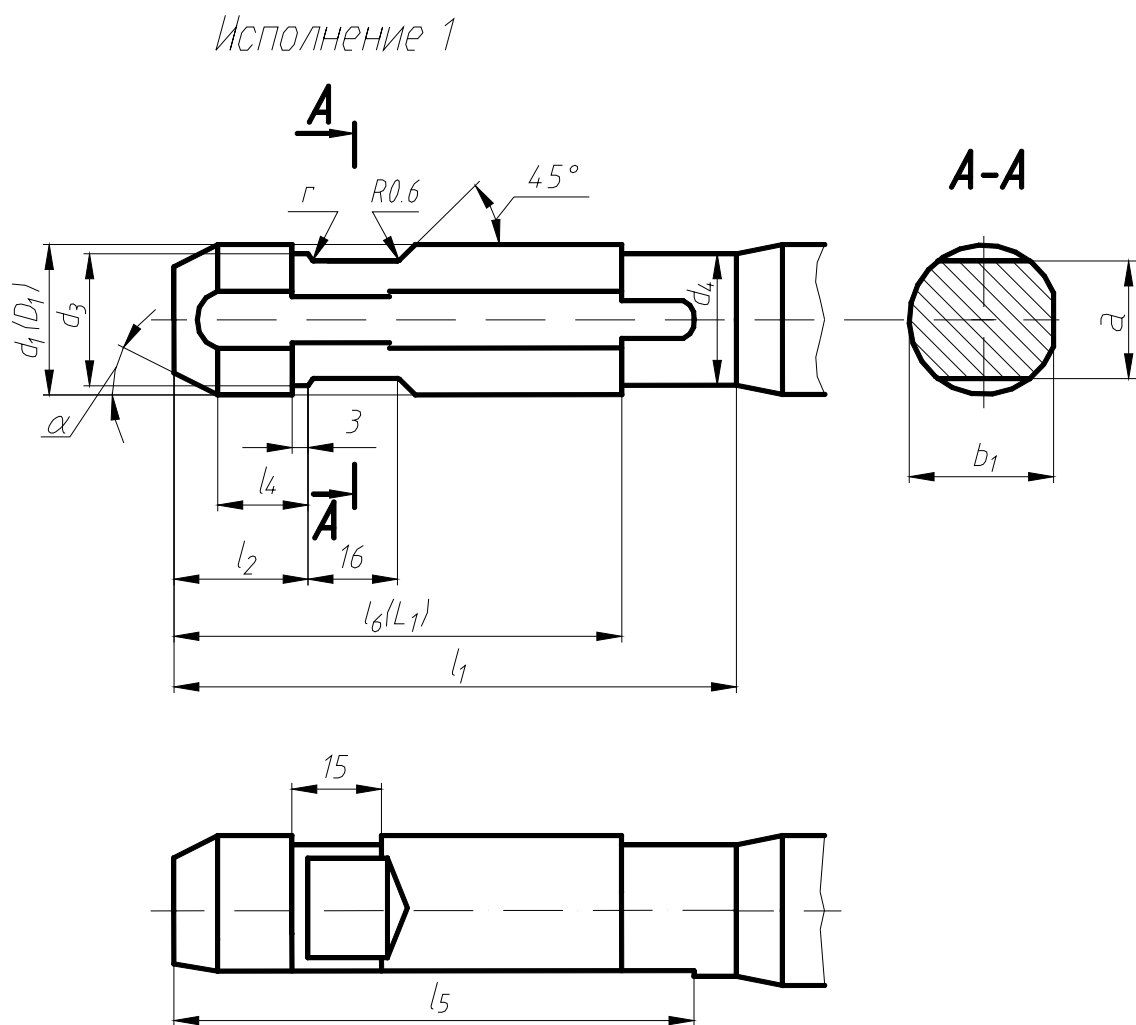


Рис. 1.3. Исполнения хвостовой части типа 1 круглых протяжек

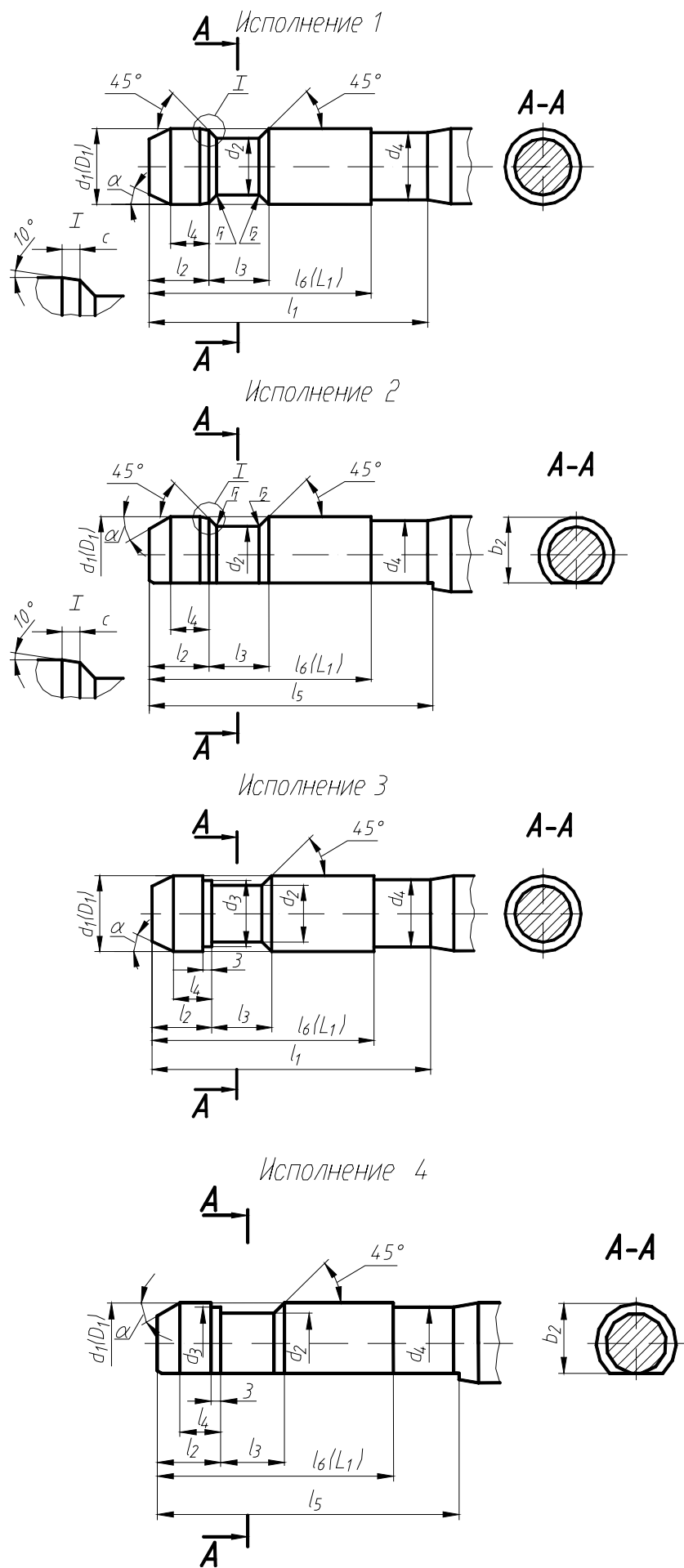


Рис. 1.4. Исполнения хвостовой части типа 2 круглых протяжек

Таблица 1.4

Размеры хвостовиков типа 1 круглых протяжек
по ГОСТ 4404-70, мм (рис. 1.3)

d_1 (пред.откл. по e8) $d_1(D_1)$	d_3	d_4 (пред.откл.-0,5 - 1мм)	A (пред.откл. по c11)	b_1 (пред.откл. по d9)	l_1	l_2	l_4	l_5	l_6 (L_1)	α , °	r	Площадь по сечению А-А (опасное сечение) F_X , мм ²
4,0	3,8	4,0	2,0	3,7	100	16	-	90	80	-	0,2	6,6
5,0	4,8	5,0	3,0	4,6								13,2
5,5	5,3	5,5	3,3	5,1								15,8
6,0	5,8	6,0	4,0	5,6								20,9
7,0	6,8	7,0	4,2	6,5								23,8
8,0	7,8	8,0	5,0	7,5								35,4
10,0	9,8	10,0	6,0	9,5	120	20	12	110	100	10	0,3	61,5
12,0	11,7	12,0	8,0	11,5						85,2		
14,0	13,7	14,0	8,0	13,5						96,1		
16,0	15,7	16,0	10,0	15,5						145,0		
18,0	17,7	18,0	12,0	17,5						193,0		

Таблица 1.5

Размеры хвостовиков типа 2 круглых протяжек
по ГОСТ 4404-70, мм (рис. 1.4)

d ₁ (D ₁) (пред, откл. по e8)	d ₂ , (пред, откл. по c11}	d ₃	d ₄ (пред. откл. 1 - 0,5 мм)	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅	l ₆ (L ₁)	b ₂ (пред, откл . по e8)	r ₁	r ₂	c	α, °	Площадь по сечению А-А (опасное сечение)
12	8,0	11,7	12	120	20	20	12	110	100	10,5	0.2	0,6	0,5	10	50,3
14	9,5	13,7	14							12,5	20			70,9	
16	11,0	15,7	16							14,0				95,0	
18	13,0	17,7	18							16,0				132,7	
20	15,0	19,7	20	140	25	25	16	120	120	17,0	0,3	1,0	1,0	30	176,7
22	17,0	21,7	22							19,0					227,0
25	19,0	24,7	25							21,5					283,5
28	22,0	27,6	28							160					140

32	25,0	31,6	32	180	32	32	20	160	160	27,5	0,5	2,5	1,5	490,9
36	28,0	35,6	36							31,0				615,7
40	32,0	39,5	40							34,5				804,2
45	34,0	44,5	45							39,0				907,9
50	38,0	49,5	50	210	40	40	25	190	190	43,5	0,6	4,0		1134,1
56	42,0	55,4	56							48,5				1385,4
63	48,0	62,4	63							55,0				1809,6
70	53,0	69,4	70							61,0				2206,2
80	60,0	79,2	80	240	50	50	32	220	220	69,5	0,8	6,0	2,0	2827,4
90	70,0	89,2	90							78,5				3848,4
100	75,0	99,2	100							87,0				4417,9

Профиль с удлиненной стружечной канавкой (У)

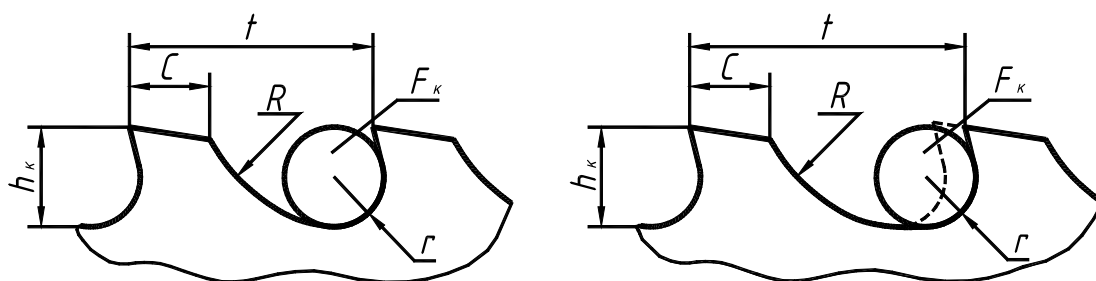


Рис. 1.5. Форма и основные параметры профиля зубьев круглых протяжек

Таблица 1.6

Основные параметры профиля зубьев круглых протяжек, мм

Номер профил я	t	h_{κ}	r	C	R	Актив ная площа дь F_{κ} , мм ²	Номер профил я	t	h_{κ}	r	C	R	Актив ная площа дь F , мм ²
1	4,0	1,6	0,8	1,5	2,5	1,77	2У	6,0	1,8	0,8	2,7	2,8	2,54
2		1,8	0,9	1,2	2,8	2,54	3		2,0	1,0	3,0	3,0	3,14
1	4,5	1,6	0,8	2,0	2,5	1,77	4		2,5	1,3	2,0	4,0	4,90
2		1,8	0,9	1,7	2,8	2,54	3У	2,0	1,0	3,5	3,0	3,14	
3		2,0	1,0	1,5	3,0	3,14	4	2,5	1,3	3,0	4,0	4,90	
1У	5,0	1,6	0,8	2,2	2,5	1,77	5	8,0	3,0	1,5	2,3	5,0	7,10
2		1,8	0,9		2,8	2,54	4		2,5	1,3	4,0	3,0	4,90
3		2,0	1,0	2,0	3,0	3,14	5		3,0	1,5	3,3	5,0	7,10
1У	5,5	1,6	0,8	2,5	2,5	1,77	6		3,6	1,8	2,5	5,5	9,60
2		1,8	0,9	2,7	2,8	2,54							
3		2,0	1,0	2,5	3,0	3,14							
4У	9	2,5	1,3	4,0	3,0	4,9	10У	19	6	3,0	8,5	10	28,3

5		3,0	1,5	4,3	5,0	7,1	11		7	3,5	8,0	11	38,5
6		3,6	1,8	3,5	5,5	9,6	12		8	4,0	7,0	12	50,3
5У		3,0	1,5	4,3	5,0	7,1	11		7	3,5	9,0	11	38,5
6	10	3,6	1,8	4,5	5,5	9,6	12	20	8	4,0	8,0	12	50,3
7		4,0	2,0	3,5	6,0	12,6	13		9	4,5	7,0	14	63,6
6У		3,6	1,8	4,5	5,5	9,6	11У		7	3,5	9,0	11	38,5
7	11	4,0	2,0		6,0	12,6	12	21	8	4,0	9,0	12	50,3
8		4,5	2,3		4,0	7,0	15,9		9	4,5	7,0	14	63,6
7		4,0	2,0	5,5	6,0	12,6	11У		7	3,5	9,0	11	38,5
8	12	4,5	2,3	5,0	7,0	15,9	12У	22	8	4,0	9,0	12	50,3
9		5,0	2,5	4,0	8,0	19,6	13		9	4,5	8,0	14	63,6
7У		4,0	2,0	5,5	6,0	12,6	12У		8	4,0	9,0	12	50,3
8	13	4,5	2,3	6,0	7,0	15,9	13	24	9	4,5	10,0	14	63,6
9		5,0	2,5	5,0	8,0	19,6	14		10	5,0	8,5	16	78,5
8У		4,5	2,3	6,0	7,0	15,9	12У		8	4,0	10,0	12	50,3
9	14	5,0	2,5		8,0	19,6	13У	25	9	4,5	10,0	14	63,6
10		6,0	3,0		10,0	28,3	14		10	5,0	9,5	16	78,5
8У		4,5	2,3	6,0	7,0	15,9	12У		8	4,0	10,5	12	50,3
9	15	5,0	2,5	7,0	8,0	19,6	13У	26	9	4,5	10,0	14	63,6
10		6,0	3,0	5,5	10,0	28,3	14		10	5,0	10,5	16	78,5
9У		5,0	2,5	7,0	8,0	19,6	13У		9	4,5	10,0	16	78,5
10	16	6,0	3,0	6,5	10,0	28,3	14У	28	10	5,0	10,0	16	78,5
11		7,0	3,5	5,0	11,0	38,5	15		12	6,0	9,5	20	113,1
9У		5,0	2,5	7,0	8,0	19,6	13У		9	4,5	12	14	63,6
10	17	6,0	3,0	7,5	10,0	28,3	14У	30	10	5,0		16	78,5
11		7,0	3,5	6,0	11,0	38,5	15		12	6,0		20	113,1
10		6,0	3,0	8,5	10,0	28,3	13У		9	4,5	12	14	63,6
11	18	7,0	3,5	7,0	11,0	38,5	14У	32	10	5,0		16	78,5
12		8,0	4,0	6,0	12,0	50,3	15У		12	6,0		20	113,1

П р и м е ч а н и е. удлиненная форма профиля У выполняется тем же резцом при его продольном перемещении.

Таблица 1.7

Коэффициент К заполнения стружечной канавки круглых протяжек

Обрабатываемый материал	Схема резания	
	Одинарная	Групповая
Сталь Чугун	4	3
	2,5	2

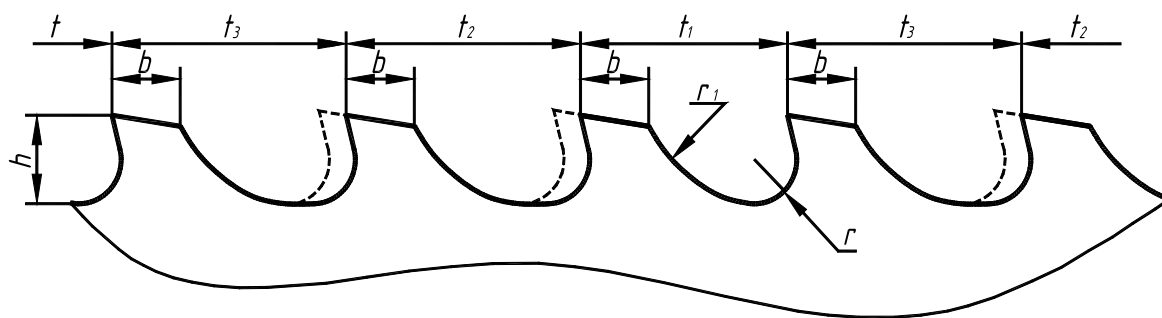


Рис. 1.7. Форма и основные размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев с неравномерными шагами круглой протяжки

Таблица 1.8

Неравномерные шаги чистовых и калибрующих зубьев круглых протяжек, мм

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

П р и м е ч а н и е . Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев с неравномерными шагами h , C , r , R устанавливаются для всех шагов одинаковые в зависимости от шага t_1 (см. размеры профиля на рис. 1.5 и в табл.1.6 при $t = t_1$). Форма профиля зубьев протяжек для шагов t_2 , t_3 удлиненная.

Таблица 1.9

Количество калибрующих зубьев круглых протяжек z_k

Квалитет отверстия детали, получаемого после протягивания	z_k , шт
6	8
7	7
8	6
9	5
10	4
Св. 10	2...3

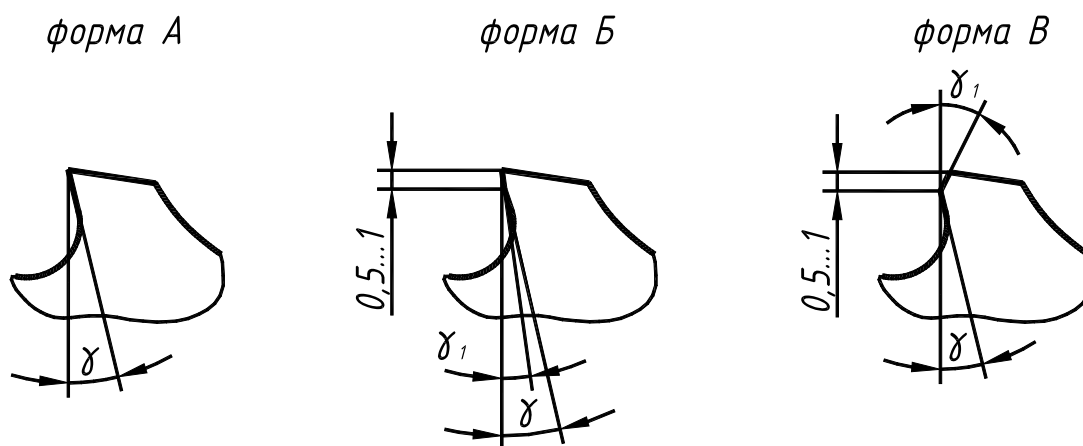


Рис. 1.8. Группа заточки и форма передней поверхности зубьев круглых протяжек. Группы заточки, форма передней поверхности и величина переднего угла черновых, переходных, чистовых и калибрующих зубьев круглых протяжек.

Таблица 1.10

Максимальные значения подач $S_{max} (\cup b, h_k)$ в зависимости от глубины стружечной канавки h_k (мм) при различной длине режущей кромки зуба по дуге окружности $\cup b$ в (мм), при превышении которых стружка не свертывается в спиральный валик

$S_{max} (\cup b, h_k)$, мм/зуб				
$h_k = 3$	$h_k = 4$	$h_k = 5$	$h_k = 6$	$h_k = 7$
$\cup b \leq 3$				
0,15	0,20	0,25	0,30	0,40

$3 < \cup b \leq 1,2\sqrt{d_0}$				
0,10	0,15	0,20	0,30	0,30
$1,2\sqrt{d_0} < \cup b \leq 1,7\sqrt{d_0}$				
0,05	0,10	0,15	0,20	0,25

Таблица 1.11.

Группа заточек и	Передний угол					Рекомендуемые материалы по группам обрабатываемости**
	черновых и переходных зубьев		чистовых и калибрующих зубьев			
	форма	γ	форма	γ	γ_1	
I	A	20°*	A	20°*	—	Стали I группы обра- батываемости, алюминевые сплавы X групп обрабатываемости
II		15°*		18°	—	Стали I и II групп обраба- тываемости
III		10°		10°	—	Стали IV и V групп обраба- тываемости
IV		10°	B	10°	0-5°	Чугун ковкий VI и VII групп обрабатываемости
V		10°	B	10°	0-5°	Чугун ковкий VI и VII групп обрабатываемости, бронза, латунь VIII и IX групп обраба-тываемости

* Для протяжек диаметром до 20 мм допускается передний угол $\gamma = 10^\circ$.

** Группы обрабатываемости материалов указаны в табл. П.1 и П.2 в приложении 1.

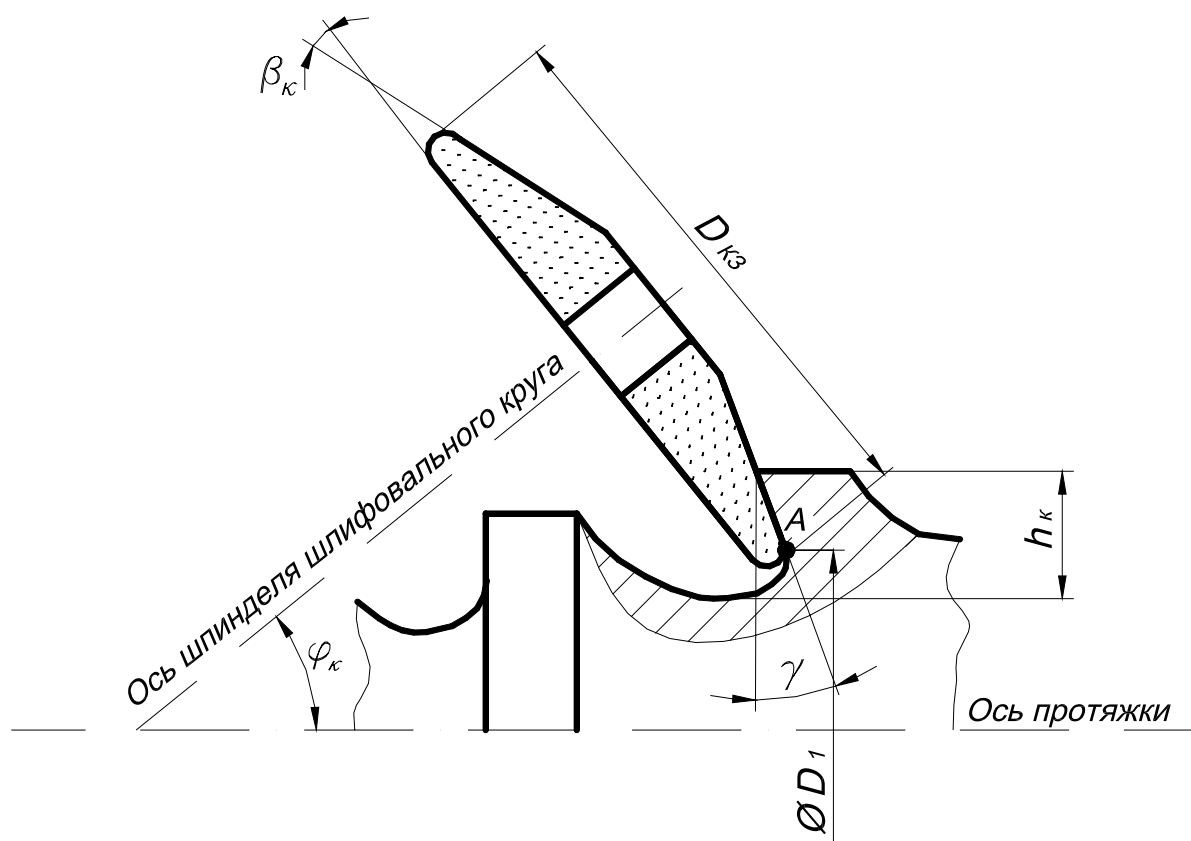


Рис. 1.9. Схема заточки передней поверхности зуба круглой протяжки под углом γ : т.А – точка перехода от прямолинейного участка передней поверхности зуба к дуге окружности дна стружечной канавки, расположенная на диаметре $D_1 \approx d_0 - h_k$.

Приложение 1.

Таблица П.1.1

Группы обрабатываемости сталей

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	I	II	III	IV	V
		Твердость HB				
Стали автоматные	A12, A20, A30	≤229	—	—	—	—
Стали углеродистые	10, 15, 20, 25 по ГОСТ 1050-74	≤229	—	—	—	—
	30, 35, 40, 45, 50 по ГОСТ 1050-74	≤255	255...285	285...321	321...364	—
	60, 70, 80 по ГОСТ 1050-74	≤229	229...255	255...285	285...321	321...364
Стали марганцовистые	15Г, 20Г, 30Г по ГОСТ 4543-71	≤241	241...269	269...302	—	—
	40Г, 45Г, 50Г, 35Г2, 45Г2, 50Г2 по ГОСТ 4543-71	≤229	229...255	255...285	285...321	321...364
	60Г, 65Г, 70Г по ГОСТ 1050-74	—	≤241	241...269	269...321	321...340

Продолжение табл. П.1.1

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	I	II	III	IV	V
		Твердость НВ				
Стали хромистые	15Х, 15ХА, 20Х, 30Х по ГОСТ 4543-71	≤255	255...302	—	—	—
	35Х, 30ХРА, 38ХА, 40Х, 45Х, 50Х по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...302	302...340	340...364
Стали хромокремни- стые	33Х, 38ХС, 40ХС по ГОСТ 4543-71	—	≤229	229...269	269...302	302...340
Стали марганцевые	18ХГ, 20ХГР, 40ХГТР по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...321	321...340	340...364
Стали хромоникеле- вые и хромоникелевые	12ХН2, 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН, 20ХНР, 20ХН3А, 20Х2Н4А, 30ХН3А, 40ХН, 45ХН, 50ХН по ГОСТ 4543-71	≤241	241...269	269...302	302...321	321...364
Стали хромованадие- вые	15ХФ по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...302	302...321	321...364
Стали хромованадие- вые	40ХФА по ГОСТ 4543-71	—	≤255	255...285	285...321	321...340
Стали хромолибдено- вые	15ХМ по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...302	302...340	—

	30ХМА, 35ХМ по ГОСТ 4543-71	—	≤229	229...269	269...321	321...340
--	--------------------------------	---	------	-----------	-----------	-----------

Продолжение табл. П.1.1

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	I	II	III	IV	V
		Твердость НВ				
Стали хромомарганцевые и хромомарганцовоникелевые	20ХГСА, 38ХГН по ГОСТ 4543-71	≤241	241...269	269...302	302...321	321...364
		≤229	229...255	255...285	285...302	302...321
Стали хромокремнемарганцевые	20ХГСА, 25ХГСА, 30ХГС, 35ХГС по ГОСТ 4543-71	—	≤229	229...269	269...321	321...340
Стали хромоникелеванадиевые	20ХН4ФА по ГОСТ 4543-71	—	—	≤255	255...285	285...321
Стали хромоникелевольфрамовые	25Х2Н4ВА, 18Х2Н4ВА по ГОСТ 4543-71	—	—	≤255	255...285	285...321
	40Х2Н2МА, 38Х2Н2МА по ГОСТ 4543-71	—	≤229	229...269	269...302	302...340
Стали хромоникелемолибденовые	14Х2Н3МА, 20ХН2М по ГОСТ 4543-71	—	—	≤255	255...269	269...321
	40ХН2МА по ГОСТ 4543-71	—	—	≤269	269...321	321...340
Стали хромоалюми-	38Х2МЮА, 38ХЮ	—	—	≤269	269...302	302...340

ниеые и хромоалюми- ниеые с молибденом	по ГОСТ 4543-71					
---	-----------------	--	--	--	--	--

Продолжение табл. П.1.1

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	I	II	III	IV	V
		Твердость НВ				
Стали хромомарган- цовистые с титаном	18ХГТ по ГОСТ 4543-71	≤255	255...302	302...321	—	—
	30ХГТ, 35ХГФ, 40ХГТР по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...302	302...321	321...340
Стали хромоникеле- марганцовые с титаном	15ХГНТА по ГОСТ 4543-71	≤229	229...269	269...302	302...321	—
Стали шарикопод- шипниковые	ШХ 15 по ГОСТ 801-60	—	—	—	≤229	—
Стали быстрорежущие	P9, P18 по ГОСТ 19265-73	—	—	—	—	207...255

Таблица П.1.2

Группы обрабатываемости чугуна, сплавов и цветных металлов.

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	VI	VII	VIII	IX	X
		Твердость НВ				
Чугун серый	СЧ12-28, СЧ15-32, СЧ18-36, СЧ21-40, СЧ24-44, СЧ28-48, СЧ32-52, СЧ35-56, СЧ38-60 по ГОСТ 1412-70	≤197	197...269	—	—	—
Чугун ковкий (ферритный)	КЧ30-6, КЧ33-8, КЧ35-10, КЧ37-12 по ГОСТ 1215-59	≤163	—	—	—	—
Чугун ковкий (со структурой зернистого перлита)	КЧ45-6 по ГОСТ 1215-59	≤217	—	—	—	—
Чугун ковкий	КЧ50-4, КЧ56-4 по ГОСТ 1215-59	—	179...269	—	—	—
Чугун серый антифрикционный	АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3 по ГОСТ 1585-70	160...229	—	—	—	—
Чугун ковкий антифрикционный	АЧК-1, АЧК-2 по ГОСТ 1585-70	167...217	—	—	—	—

Бронзы безоловянные	БрА5, БрА7, БрАЖ9-4, БрАЖ9-4Л, БрАЖН10-4-4Л, БрАЖМЦ-10-3-1,5, БрКМЦ3-1, БрКН1-3 по ГОСТ 493-54	—	—	65...140	140...200	—
---------------------	--	---	---	----------	-----------	---

Продолжение табл. П.1.2

Материал		Группы обрабатываемости				
Наименование	Марка	VI	VII	VIII	IX	X
		Твердость HB				
Бронзы оловянные	БрОЦС5-5-5, БрОЦС3-12-5, БрОЦСН3-7-5-1 по ГОСТ 613-65; БрОЦС4-4-2,5 по ГОСТ 5017-65;	—	—	<70	—	—
	БрОФ6,5-0,15, БрОФ4-0,25 по ГОСТ 5017-49	—	—	<130	130...200	—
Латунь	ЛК80-3Л, ЛС59-1Л, ЛКС80-3-3, ЛМцС58-2-2, ЛМцОС58-2-2-2 по ГОСТ 17711-72 Л63, Л68, Л70, ЛА77-2, ЛМц58-2, ЛМЦА57-3-1, ЛО62-1, ЛС59-1, ЛАЖ60-1-1 по ГОСТ 15527-70	—	—	—	<160	—
Алюминиевые сплавы	АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9,	—	—	—	—	50...100

	АЛ10В, АЛ11, АЛ13, АЛ14В, АЛ15В, АЛ16В, АЛ17В, АЛ18В по ГОСТ 2685-65; Д1, Д16, АВ, АД, АД1, АМц, В95, АК4, АК6, АК8 по ГОСТ 4784-65					
--	--	--	--	--	--	--

Технические требования для выполнения рабочих чертежа внутренних круглых протяжек

1. Протяжки должны изготавливаться из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265 или из других марок быстрорежущей стали, обеспечивающей стойкость протяжек не ниже изготовленных из быстрорежущей стали по ГОСТ 19265.

По согласованию с заказчиком допускается изготавливать протяжки из стали марки ХВГ по ГОСТ 5950.

Протяжки из быстрорежущей стали допускается изготавливать цельными, сварными, с механическими креплением хвостовика или сборными с насадными втулками.

2. Хвостовик сварных протяжек или механически прикрепляемый к протяжке и оправка сборных протяжек должны быть изготовлены из стали марки 40Х по ГОСТ 4543; гайки по ГОСТ 11871 к сборным протяжкам – из стали марки 35 по ГОСТ 1050.

Допускается применение других марок стали равной или большей прочности.

3. В месте сварки не допускаются раковины, непровар, пережог металла, трещины и другие дефекты, уменьшающие прочность протяжки.

4. Твердость протяжек и деталей к ним должна быть, НРСэ:

зубьев и задней направляющей	
из быстрорежущей стали	63 ... 66
зубьев из стали марки ХВГ	62 ... 65
передней направляющей из	
быстрорежущей стали	61 ... 66
передней и задней направляющей из	
стали марки ХВГ	57 ... 65
замковой части (от торца до нерабочего	
конуса замка) переднего хвостовика	
сварных протяжек;	
хвостовика (переднего и заднего) механически	
прикрепляемого к протяжке	43,5 ... 51,5
цельных протяжек	43,5 ... 57
цельных протяжек (по требованию заказчика)	51,5 ... 57,0
оправки сборных протяжек	32 ... 41,5
резьбы передней части протяжек с навертным	
хвостовиком на расстоянии не менее 2/3	
длины резьбы, считая от торца	32 ... 41,5

Твердость направляющей части протяжек с навертным хвостовиком на длине 50 мм от заходной части не регламентируется.

5. Зубья протяжек не должны иметь завалов, заусенцев и выкрошенных кромок.

Сопряжение радиусов впадины зуба, в том числе не стыке втулок сборных протяжек, не должно иметь видимых глазом уступов.

На протяжке допускаются следы от рихтовки.

6. Центровые отверстия – формы В, R или Т по ГОСТ 14034.

Протяжки с хвостовиком диаметром 18 мм и менее допускается изготавливать с центровыми отверстиями формы А.

Поле допуска длины конической поверхности центровых отверстий Н16.

7. Параметры шероховатости поверхностей протяжек по ГОСТ 2789 должны быть, мкм, не более:

задней поверхности черновых, переходных, чистовых зубьев и калибрующих, выполненных с ленточкой;	
ленточек на черновых, переходных и чистовых зубьях протяжек для цилиндрических отверстий;	
передней поверхности зубьев протяжек для цилиндрических отверстий с полями допусков Н7 и Н8	Ra 0,4
Н9	Ra 0,8
задней поверхности калибрующих зубьев, выполненных без ленточки; ленточек на калибрующих зубьях протяжек для цилиндрических отверстий с полями допусков Н7 и Н8	Ra 0,2
Н9	Ra 0,4
поверхности криволинейной спинки зуба (по требованию заказчика)	Ra 1,6
гладких цилиндрических поверхностей передней и задней направляющих;	
посадочной поверхности под втулки и поверхности опорного торца оправки сборных протяжек, посадочной поверхности отверстия и поверхностей опорных торцов режущих втулок и направляющих	Ra 0,8
поверхностей нерабочих торцов протяжки, нерабочей шейки между посадочной поверхностью хвостовика и передней направляющей, нерабочей шейки и нерабочего конуса замка	Ra 6,3
остальных поверхностей	Ra 3,2

8. Ширина цилиндрической ленточки на калибрующих зубьях протяжек должна быть от 0,2 до 0,6 мм. Калибрующие зубья протяжек для цилиндрических отверстий допускается изготавливать без ленточек.

Допускается на задней поверхности черновых, переходных и чистовых зубьев цилиндрическая ленточка шириной не более 0,05 мм.

9. Предельные отклонения общей длины протяжек: до 1000 мм $\pm$ 3 мм; св. 1000 мм $\pm$ 4 мм.

Предельные отклонения расстояния до первого зуба ± 5 мм. Для протяжек с намертвым хвостовиком предельные отклонения относятся к размерам протяжки без хвостовика.

10. Общие допуски

11. Размеры и предельные отклонения хвостовиков – по ГОСТ 4044.

12. Предельные отклонения диаметров зубьев с подъемом на зуб свыше 0,02 мм по диаметру должны соответствовать значениям, указанным в табл. П.2.1.

Таблица П.2.1

Предельные отклонения диаметров зубьев при подъеме на зуб по диаметру, мм

Номинальный диаметр зубьев	Предельные отклонения диаметров зубьев при подъеме на зуб по диаметру			
	св. 0,02 до 0,04	св. 0,04 до 0,08	св. 0,08 до 0,16	св. 0,16
До 50	- 0,010	- 0,010	- 0,016	- 0,020
Св. 50 до 120	- 0,016	- 0,016	- 0,020	
Св. 120 до 180				
Св. 180		- 0,020		- 0,025

13. Предельные отклонения диаметров зубьев с подъемом на зуб по диаметру 0,02 мм и менее и калибрующих зубьев чистовых протяжек для цилиндрических отверстий должны соответствовать значениям, указанным в табл. П.2.2.

Таблица П.2.2

Предельные отклонения диаметров зубьев с подъемом на зуб по диаметру 0,02 мм и менее и калибрующих зубьев протяжек для полей допусков, мм

Номинальный диаметр зубьев	Предельные отклонения диаметров зубьев с подъемом на зуб по диаметру 0,02 мм и менее и калибрующих зубьев протяжек для полей допусков		
	H7	H8	H9
До 10	- 0,005	- 0,005	- 0,008
Св. 10 до 18		- 0,008	- 0,010
Св. 18 до 30			- 0,012
Св. 30 до 50	- 0,007	- 0,010	- 0,016
Св. 50 до 80	- 0,008	- 0,012	
Св. 80 до 120	- 0,010	- 0,014	- 0,020
Св. 120 до 180		- 0,016	
Св. 180	- 0,012		

14. Предельные отклонения диаметра круглой гладкой передней направляющей – по e8.

15. Предельные отклонения диаметра задней направляющей протяжек для цилиндрических отверстий – по f7.

16. Предельные отклонения диаметров сопрягаемых центрирующих поверхностей протяжки с навертным хвостовиком:

протяжки – по f7

хвостовика – по H9

17. Поле допуска резьбы протяжки с навертным хвостовиком – 8g, хвостовика – 7H.

18. Предельные отклонения ширины выкружек: $\pm 0,5$ мм, стружкоразделительных канавок + 0,5 мм.

19. Предельные отклонения радиусов профиля зуба, мм:

спинки при значении до 5 мм ± 1 ;

св. 5 мм ± 2 ;

на переходе от передней поверхности к спинке при значении:

до 1,5 мм минус 0,5;

св. 1,5 до 5 мм минус 1,0;

св. 5 мм минус 2,0.

По согласованию с заказчиком допускается исполнение профиля зубьев с прямолинейной спинкой и цилиндрическим дном впадины.

20. Допуск радиального биения относительно оси центров зубьев с подъемом на зуб по диаметру 0,02 мм и менее и калибрующих зубьев чистовых протяжек для цилиндрических отверстий не должен превышать:

при допуске на диаметр зубьев до 0,008 мм – 0,010 мм;

при допуске на диаметр зубьев св. 0,008 мм – в пределах допусков на диаметр, указанных в табл. 2.

21. Допуск радиального биения относительно оси центров:

зубьев с подъемом на зуб по диаметру более 0,02 мм, хвостовиков и направляющих протяжек для цилиндрических отверстий устанавливается в зависимости от общей длины из расчета протяжки на каждые 100 мм длины, мм:

протяжек для цилиндрических отверстий 0,004.

22. На участках протяжек, где выкружки выполняются на всех круглых зубьях, лезвие последующих зубьев должно перекрывать выкружку предыдущих зубьев не менее, чем на 0,5 мм с каждой стороны.

23. Предельные отклонения углов:

переднего угла всех зубьев от -1° до $+2^\circ$;

заднего угла черновых и переходных зубьев $\pm 30^\circ$

заднего угла чистовых зубьев $\pm 30^\circ$

заднего угла выкружек и стружкоразделительных канавок $\pm 1^\circ$

заднего угла калибрующих зубьев $\pm 15^\circ$

В случае, когда передний угол находится в пределах от 0° до 2° , предельное отклонение его устанавливается $\pm 1^\circ$.

24. Выкружки на переходных и чистовых зубья следует располагать в шахматном порядке друг к другу и к первому зубу последней черновой секции (группы).

25. Маркировка и упаковка

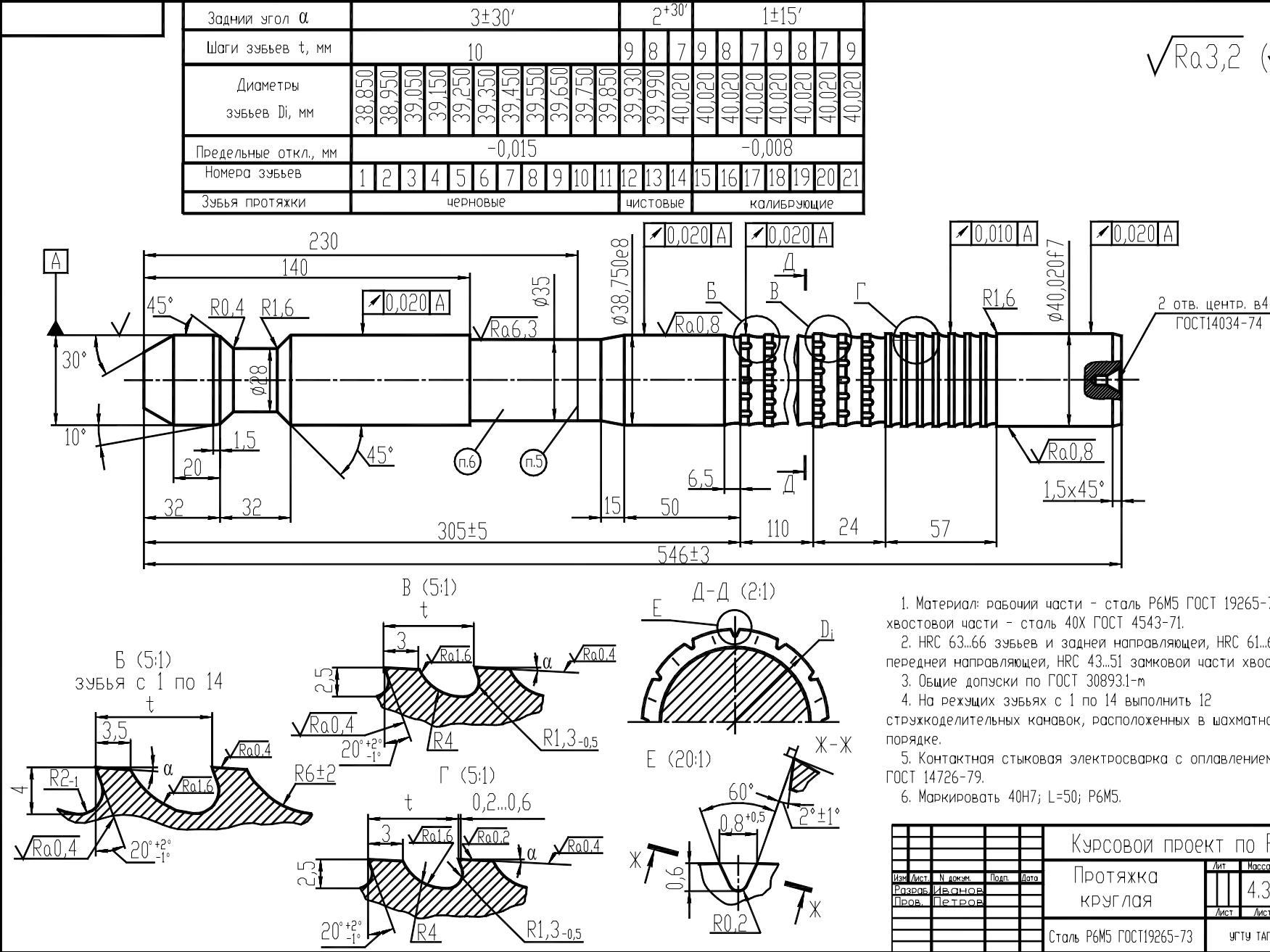
На хвостовике протяжки должны быть четко нанесены:

- 1) товарный знак предприятия-изготовителя;
- 2) обозначение протяжки (последние четыре цифры);
- 3) год изготовления;
- 4) марка стали рабочей части протяжки;
- 5) номер прохода протяжки, если протяжка предназначена для использования в комплекте.

По требованию заказчика дополнительно маркируются:

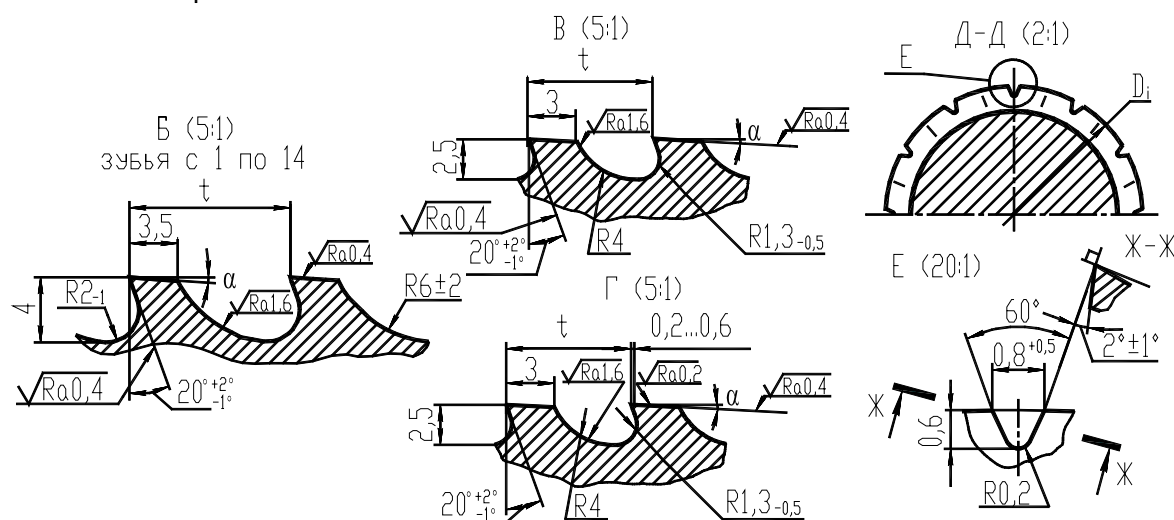
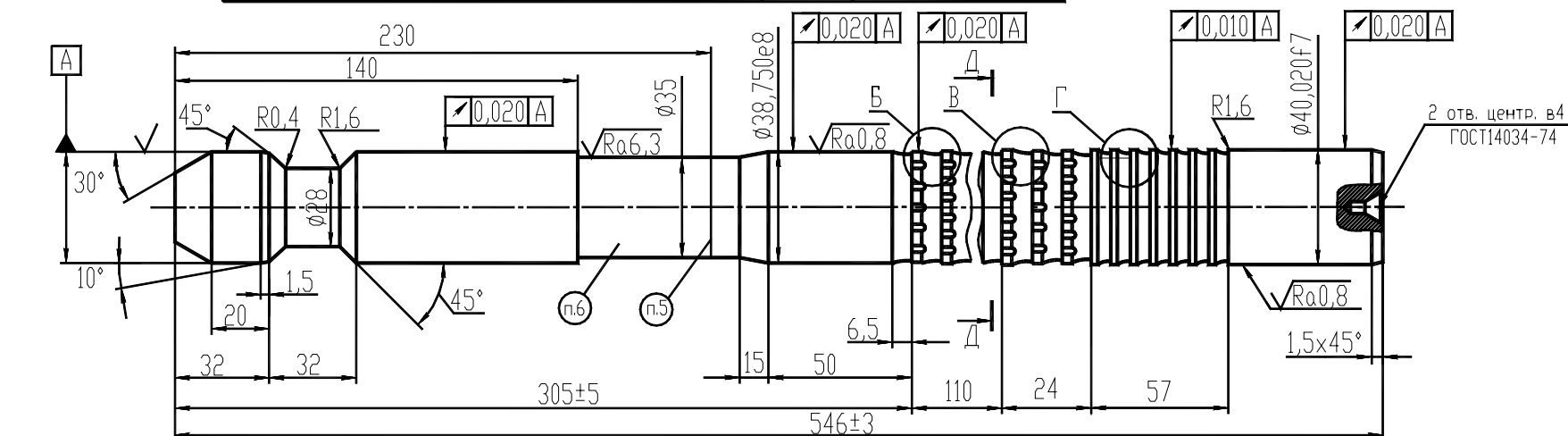
- 6) диаметр и обозначение поля допуска цилиндрического отверстия
- 7) пределы длин протягивания.

Допускается нанесение государственного Знака качества только на этикетке.



Задний угол α	$3 \pm 30'$											$2^{+30'}$			$1 \pm 15'$							
Шаги зубьев t , мм	10											9	8	7	9	8	7	9	8	7	9	
Диаметры зубьев D_i , мм	38,850	38,950	39,050	39,150	39,250	39,350	39,450	39,550	39,650	39,750	39,850	39,930	39,990	40,020	40,020	40,020	40,020	40,020	40,020	40,020		
Предельные откл., мм	-0,015														-0,008							
Номера зубьев	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		
Зубья протяжки	черновые											чистовые			калибрующие							

$\sqrt{Ra3,2}$ (✓)



1. Материал: рабочий части - сталь Р6М5 ГОСТ 19265-73, хвостовой части - сталь 40Х ГОСТ 4543-71.
2. HRC 63...66 зубьев и задней направляющей, HRC 61...66 - передней направляющей, HRC 43...51 замковой части хвостовика.
3. Общие допуски по ГОСТ 30893.1-м
4. На режущих зубьях с 1 по 14 выполнить 12 стружкоделительных канавок, расположенных в шахматном порядке.
5. Контактная стыковая электросварка с оплавлением ГОСТ 14726-79.
6. Маркировать 40Н7; L=50; Р6М5.

Курсовой проект по РИ				Лит	Масса	Маск
Протяжка круглая				4.3	1:1	
Сталь Р6М5 ГОСТ19265-73				Лист	Листов	
				УГТУ ТАПД-43		

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Щеголев А. В. Конструирование протяжек / А. В. Щеголев. – М.: Машиностроение, 1960. – 350 с.
2. Проектирование и расчет металлорежущего инструмента на ЭВМ: учебное пособие для втузов / О. В. Таратынов [и др.]; под ред. О. В. Таратынова, Ю. П. Тарамыкина. – М.: Высш. шк., 1991. – 423 с.
3. Справочник конструктора-инструментальщика / Под общ. ред. В. И. Баранчикова. – М.: Машиностроение, 1994. – 560 с.
4. Маргулис Д. К. Протяжки переменного резания / Д. К. Маргулис. – Свердловск: Машгиз, 1962. – 174 с.
11. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: учебное пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты» / Под общ. ред. Г. Н. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 1986. – 288 с.
12. Режущий инструмент. Курсовое и дипломное проектирование. Учебное пособие./ Под. ред. Е. Э. Фельдштейна. – МН.: Дизайн ПРО, 2002. – 320с.

Учебное издание

КИРЕЕВ Геннадий Иванович, ДЕМИДОВ Валерий Васильевич,
СМИРНОВ Максим Юрьевич

РАСЧЕТ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРОТЯЖЕК

Учебное пособие

Корректор М. В. Леонова

Подписано в печать 00.06.2005 . Формат 60 х 84/16

Бумага писчая. Печать трафаретная. Усл. п.л.

Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ

Ульяновский государственный технический университет

432027, г. Ульяновск, ул. Сев. Венец, 32

Типография УлГТУ, 432027, Ульяновск, ул. Северный Венец, 32