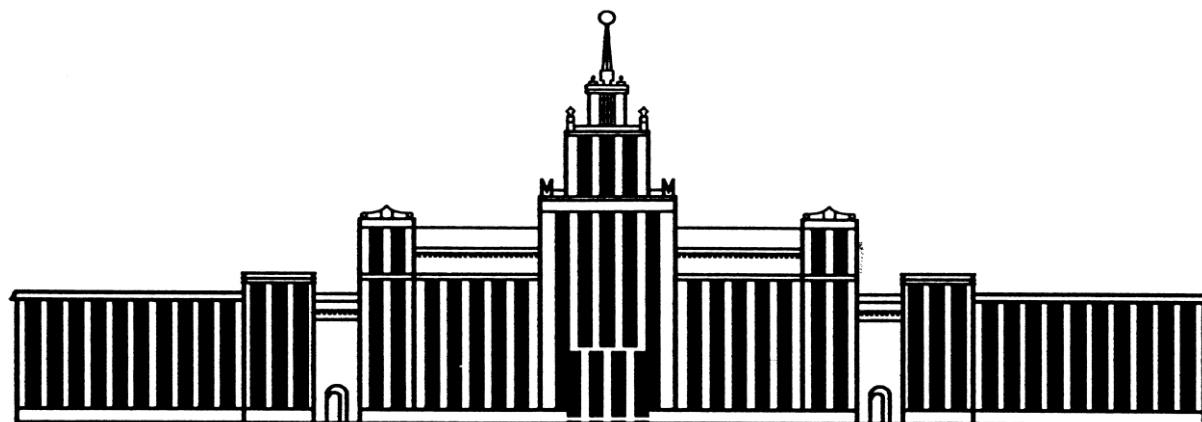

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ



ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

621.919(07)
K959

О.Б. Кучина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ

Учебное пособие

Челябинск
2019

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Южно-Уральский государственный университет
Филиал в г. Миассе
Машиностроительный факультет
Кафедра «Технология производства машин»

621.919(07)
К959

О.Б. Кучина

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ

Учебное пособие

Под редакцией Ю.Г. Микова

Челябинск
Издательский центр ЮУрГУ
2019

УДК 621.919.2(075.8)
К959

*Одобрено
учебно-методической комиссией филиала ЮУрГУ в г. Миассе*

*Рецензенты:
Г.Ф. Костин, Е.А. Крюков*

Кучина, О. Б.
К959 Проектирование круглой протяжки: учебное пособие / О.Б. Кучина; под ред. Ю.Г. Микова. – Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2019. – 81 с.

Учебное пособие предназначено для подготовки бакалавров по направлению 15.03.05. «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» очной и заочной форм обучения.

Учебное пособие содержит методику проектирования круглой протяжки с выглаживающим блоком, справочные материалы, пример проектного расчета. Рекомендуется к использованию на практических занятиях и в курсовом проектировании по дисциплине «Режущий инструмент».

УДК 621.919.2(075.8)

© Издательский центр ЮУрГУ, 2019

ВВЕДЕНИЕ

В результате изучения дисциплины «Режущий инструмент» студент должен:

знать общую классификацию режущих инструментов; конструктивные элементы и геометрию режущей части инструментов; требования, предъявляемые к рабочей части инструментов; принципы назначения основных геометрических параметров режущих инструментов и марки инструментального материала;

уметь выбирать стандартный и проектировать специальный режущий инструмент для заданной операции, назначать марку инструментального материала и геометрию его режущей части;

владеть навыками использования нормативной литературы, справочников, стандартов, нормалей и средств компьютерных технологий.

В данной работе рассматривается методика проектирования круглой протяжки переменного резания, конструкция режущей части которой определяется групповой схемой резания. По способу деления одного слоя припуска по ширине различают одинарную и групповую схемы резания. Одинарная схема резания характерна тем, что каждый зуб протяжки срезает припуск определенной толщины по всему периметру обрабатываемого отверстия за счет того, что диаметр каждого последующего зуба больше диаметра предыдущего на величину удвоенного подъема (подачи) на зуб $2S_z$. Деление стружки по ширине обеспечивают узкие стружкоразделительные канавки, которые располагают на всех зубьях в шахматном порядке. При групповой схеме резания режущие зубья делятся на группы (секции) из 2 – 5 штук. Зубья одной группы имеют одинаковый диаметр, кроме последнего. В круглых протяжках переменного резания деление стружки по ширине производится широкими радиусными выкружками, выполненными на соседних зубьях в шахматном порядке. Каждый зуб снимает часть припуска участками режущей кромки, где нет выкружки. Подъем зубьев назначают на группу. Последний зуб группы делают с занижением на 0,02...0,04 мм по диаметру относительно остальных зубьев секции, что дает возможность их изготовления без выкружек и исключает образование кольцевых стружек. При таком способе деления стружка не имеет ребра жесткости, хорошо скручивается в канавках между зубьями даже при увеличении толщины среза по сравнению с одинарной схемой резания. Поэтому проектирование протяжек с групповой схемой резания взамен одинарной позволяет существенно повысить подъемы зубьев S_z , уменьшить количество зубьев и длину режущей части. Кроме этого такие протяжки имеют износостойкость в 2 – 3 раза выше за счет обеспечения положительных задних углов как на главных так и вспомогательных (участок выкружки) режущих кромках. Перед выполнением курсового проекта рекомендуется изучить конструкцию протяжек по литературе [1, с. 63 – 83].

1. МЕТОДИКА РАСЧЕТА КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ

Исходные данные. 1. Протягиваемая заготовка: материал; твердость по Бринеллю HB ; состояние (после нормализации, отжига, закалки); состояние поверхности (прокат, литье, штамповка или после механической обработки); диаметры отверстия до обработки D_0 и после обработки D с полями допусков; параметр шероховатости поверхности; длина протягивания l (или, при наличии нескольких участков, длина каждого участка и суммарная длина протягиваемых участков l_s).

2. Станок: тип, модель, тяговая сила, диапазон скоростей, длина хода штока, тип патрона, размеры опорной плиты, состояние станка.

3. Тип производства (массовое, серийное, единичное).

4. Возможности инструментального цеха и заточного отделения: наибольшее расстояние между центрами круглошлифовального и заточного станков, глубина ванн или шахт для нагрева под закалку и отпуск.

Порядок расчета. Расчет протяжки начинают с установления группы обрабатываемости материала заготовки и группы качества, к которой относится протянутая поверхность, так как определение многих элементов протяжки в дальнейшем зависит от этих факторов.

1. Группа обрабатываемости определяется по табл. 8 приложения в зависимости от химического состава и твердости материала заготовки. Если в таблице нет заданной марки материала, то группу обрабатываемости назначают по наиболее близкой по химическому составу и твердости марке материала, имеющейся в таблице.

2. Группа качества протянутой поверхности устанавливается с помощью табл. 9 приложения по качеству и параметру шероховатости поверхности отверстия после протягивания.

При проектировании комбинированной протяжки с твердосплавным выглаживающим блоком в качестве исходных данных для определения группы качества нужно принимать параметр шероховатости поверхности после обработки режущими зубьями.

3. Материал режущей части протяжки назначается в зависимости от группы обрабатываемости и типа производства по табл. 10 приложения.

4. Конструкция протяжки (цельная, сварная, сборная) выбирается в зависимости от материала режущей части и ее размеров. Протяжки из быстрорежущей стали диаметром до 15 мм и протяжки из ХВГ всех размеров изготавливают цельными; диаметром 15...40 мм – сварными; диаметром более 40 мм – сварными или сборными (хвостовик вместе с передней шейкой, переходным конусом и частью передней направляющей соединяются с рабочей частью при помощи резьбы). Сваривают хвостовик со стержнем протяжки по шейке на расстоянии 15...25 мм от начала переходного конуса.

Материал хвостовика – сталь 45Х или 40Х. Тип хвостовика выбирают в зависимости от имеющегося на станке патрона. Размеры стандартных хвостовиков по ГОСТ 4044–70 приведены в табл. 11, 12, 13 приложения. По таблице выбирается ближайшее меньшее значение диаметра переднего хвостовика к диаметру отверстия до протягивания, что обеспечивает свободную установку заготовки на переднюю направляющую и наибольшую прочность хвостовика. Сила, допустимая прочностью хвостовика, рассчитывается по формуле

$$P_{\text{хв}} = [\sigma]_p F_{\text{оп}}, \quad (1)$$

где $[\sigma]_p$ – допустимое напряжение при растяжении, МПа;

$F_{\text{оп}}$ – площадь опасного сечения хвостовика, мм².

Площади опасных сечений стандартных хвостовиков приведены в ГОСТ 4044–70; для хвостовиков из быстрорежущей стали $[\sigma]_p = 400$ МПа; для хвостовиков из сталей ХВГ и 40Х $[\sigma]_p = 300$ МПа.

Если выбранному диаметру хвостовика соответствует сила протягивания, допустимая по условию его прочности, значительно большая, чем тяговое усилие, то диаметр хвостовика рекомендуется уменьшить. В этом случае хвостовику принятого диаметра должна соответствовать сила, допустимая прочностью его опасного сечения, несколько большая, чем тяговая сила станка.

5. Значения переднего (γ) и заднего (α) углов назначаются по табл. 14 приложения в зависимости от группы обрабатываемости и вида зубьев.

6. Скорость резания определяется по табл. 15 приложения в зависимости от типа производства, группы качества и группы обрабатываемости. Необходимо уточнить значение скорости резания по технической характеристике станка. Если на станке не предусмотрена требуемая скорость, то принимают для расчета имеющуюся скорость.

7. Подача черновых зубьев первоначально назначается из условия равной стойкости черновой и чистовой частей протяжки. Сначала устанавливают среднюю наработку между отказами чистовой части протяжки по табл. 16–25 приложения для принятой в табл. 15 приложения скорости резания при максимальной подаче чистовых зубьев 0,02 мм. Затем определяют подачу черновых зубьев из условия равной стойкости черновой и чистовой частей протяжки для той же скорости резания и принимают значение левее жирной ломаной линии. Нарботка черновых зубьев должна быть равна наработке чистовых зубьев или несколько больше ее.

Выбранные подачи черновых зубьев S_{zc} из условия равной стойкости при протягивании отверстий 1-й и 2-й групп качества в заготовках из вязких мягких металлов (I, II, III и X групп обрабатываемости), а также из хрупких металлов (VI, VII, VIII и IX группы обрабатываемости) во избе-

жание вырывов, рванин и сколов на протянутой поверхности следует ограничивать до значения S_{zo} в соответствии с рекомендациями табл. 26 приложения.

Наработка протяжек для различных условий работы определяется с учетом поправочных коэффициентов на среднюю наработку между отказами, их значения приведены в табл. 27 приложения.

8. Глубина стружечной канавки h , необходимая для размещения стружки при подъеме черновых зубьев S_{zo} , определяется по формулам:

для сливной стружки

$$h = 1,1283 \sqrt{K l_s S_{zo}}, \quad (2)$$

для стружки надлома

$$h = 0,8917 \sqrt{K l_s S_{zo}}, \quad (3)$$

где l_s – суммарная длина протягиваемых участков, мм.

Рекомендуются следующие значения коэффициента помещаемости стружки K для сталей всех групп и алюминия: X группы обрабатываемости $K = 3$ (допускается $K = 2,5$); VI, VII, VIII и IX групп обрабатываемости $K = 2,5$ (допускается $K = 2$).

По расчетному значению h выбирают из табл. 28 приложения ближайшее большее значение глубины стружечной канавки. Остальные размеры стружечной канавки (b , R , r) принимают из того же приложения.

Для обеспечения достаточной жесткости протяжек, имеющих диаметр сечения по дну стружечной канавки меньше 40 мм, необходимо, чтобы глубина стружечной канавки не превышала значения $h_{ж}$, обеспечивающего достаточную жесткость протяжки

$$h_{ж} = (0,2 \dots 0,23) D_o, \quad (4)$$

где D_o – диаметр отверстия, подготовленного под протягивание, мм.

Меньшее значение коэффициента в формуле (4) выбирают при $D_o < 20$ мм. Если рассчитанное значение $h_{ж}$ больше ранее выбранного табличного h , то окончательно подачу черновых зубьев принимают равной значению S_{zo} , установленному выше по средней наработке и скорректированному с учетом рекомендаций табл. 26. Если $h_{ж} < h$, то для обеспечения условия размещения стружки подача черновых зубьев должна быть уменьшена:

для сливной стружки

$$S_{zo} = 0,785 \frac{h_{ж.т}^2}{K l_s}, \quad (5)$$

для стружки надлома

$$S_{zo} = 1,267 \frac{h_{ж.т}^2}{K l_s}, \quad (6)$$

где $h_{ж.т}$ принимают ближайшей меньшей к $h_{ж}$ по табл. 28 приложения.

9. Шаг черновых зубьев t_0 выбирают по табл. 28 приложения в зависимости от принятой в п. 8 глубины стружечной канавки. Поскольку одной и той же глубине стружечной канавки соответствует несколько значений шага, то для первого варианта берут меньший из них. Шаг и профиль переходных зубьев – такие же, как у черновых. Если расчет протяжки производится на ЭВМ, то глубину стружечных канавок рассчитывают не только для наименьшего шага зуба, но и для остальных возможных его значений.

Число одновременно участвующих в работе зубьев находят по формуле

$$z_p = \frac{l_{\max}}{t_0} + 1. \quad (7)$$

Если z_p получается не целым числом, то дробную часть не учитывают.

При протягивании прерывистых отверстий z_p подсчитывают для каждого участка и округленные их значения суммируют:

$$z_p = z_{p1} + z_{p2} + z_{p3} + \dots \quad (8)$$

Минимально допустимое $z_p = 3$. Если данное условие не выполняется, следует рассмотреть вариант конструкции протяжки с меньшим шагом зубьев. В исключительных случаях (при очень коротком протягиваемом участке) допускается $z_p = 2$.

10. Сила резания ограничивается тяговой силой станка, прочностью протяжки в опасных сечениях по хвостовику и по впадине перед первым зубом.

Максимальная расчетная тяговая сила станка с учетом его состояния

$$P_{ст} = (0,8 \dots 0,9) Q, \quad (9)$$

где Q – паспортная тяговая сила станка, Н.

Значение максимально допустимой силы резания в зависимости от прочности хвостовика протяжки $P_{хв}$ рассчитывают по формуле (1).

Максимально допустимая сила резания в зависимости от прочности режущей части протяжки

$$P_{оп} = [\sigma]_p F_{оп}, \quad (10)$$

где площадь сечения протяжки по впадине перед первым зубом

$$F_{оп} = 0,785 (D_0 - 2h)^2. \quad (11)$$

Наименьшую из этих сил следует принимать в качестве максимально допустимой силы резания $P_{\max}$.

Для протяжек из быстрорежущей стали диаметром до 15 мм обычно принимают $[\sigma]_p = 400 \dots 500$ МПа; диаметром более 15 мм $[\sigma]_p = 350 \dots 400$ МПа; для протяжек из ХВГ $[\sigma]_p = 250$ МПа.

11. Число зубьев в группе z_c может меняться от 2 до 5; его определяют по формуле

$$z_c = \frac{\pi D q_0 z_p K_{P_M} K_{P_O} K_{P_K} K_{P_P}}{P_{\max}}, \quad (12)$$

где q_0 принимают по табл. 29 приложения в зависимости от подачи черновых зубьев S_{z0} и значения переднего угла γ ; поправочные коэффициенты $K_{P_M}, K_{P_O}, K_{P_K}, K_{P_P}$ – по табл. 30 приложения.

Поправочный коэффициент K_{P_O} задают в зависимости от вида СОЖ, которую конструктор назначает по табл. 27 приложения.

Если подсчитанное по формуле (12) $z_c < 2$, то дальнейшие расчеты ведут для $z_c = 2$. Если z_c – дробное число, большее двух, то его округляют до ближайшего большего числа (до 3; 4 или 5).

Если $z_c > 5$, то при $z_c = 5$ определяют q_0 по формуле:

$$q_0 = \frac{z_c P_{\max}}{\pi D z_p K_{P_M} K_{P_O} K_{P_K} K_{P_P}}. \quad (13)$$

Из табл. 29 приложения берут новое значение подачи по ближайшему значению q_0 , меньшему, чем расчетное. При расчете на ЭВМ эту операцию не выполняют, а рассчитывают новые варианты при подаче, уменьшенной на 0,01 мм.

12. Силу протягивания определяют по формуле

$$P = \frac{\pi D q_0 z_p K_{P_M} K_{P_O} K_{P_K} K_{P_P}}{z_c} \quad (14)$$

13. Полный припуск на диаметр

$$A = D_{\max} - D_{0 \min}, \quad (15)$$

где $D_{\max}$ – наибольшее предельное значение диаметра отверстия после протягивания, мм;

$D_{0 \min}$ – наименьшее предельное значение диаметра отверстия, подготовленного под протягивание, мм.

Полный припуск на диаметр распределяют между черновыми, переходными и чистовыми зубьями.

Припуск на черновые зубья

$$A_o = A - (A_{\pi} + A_{\text{ч}}), \quad (16)$$

где припуск на переходные зубья A_{π} берется из табл. 32 приложения, на чистовые зубья – $A_{\text{ч}}$ – из табл. 31 приложения.

14. Число групп черновых зубьев определяют по формуле

$$i_o = \frac{A_o}{2S_{zo}}. \quad (17)$$

Если i_o получается дробным, его округляют до ближайшего меньшего целого числа. При этом остаточную часть припуска определяют по формуле

$$A_{\text{ост}} = A_o - 2S_{zo} i_o. \quad (18)$$

В зависимости от значения остаточный припуск может быть отнесен к черновой, переходной или чистовой частям.

Если половина остаточного припуска превышает подъем зубьев на сторону первой переходной группы, то для срезания его назначают одну дополнительную группу черновых зубьев. Подъем зубьев на переходной части выбирают из табл. 32 приложения.

Если $A_{\text{ост}}/2$ меньше подъема на сторону первой переходной группы, но не менее 0,02...0,03 мм, то остаточный припуск добавляют к припуску на переходную часть. Если же $A_{\text{ост}}/2 < 0,02...0,03$ мм, то остаточный припуск суммируется с припуском на чистовые зубья, число которых соответственно увеличивают. Микронная часть остаточного припуска суммируется с припуском на последние чистовые зубья. Подъемы зубьев на чистовой части выбирают из табл. 31 приложения.

15. Число черновых зубьев

$$z_o = i_o z_{co}, \quad (19)$$

где i_o – принятое окончательно число групп черновых зубьев после распределения остаточного припуска.

Число переходных, чистовых и калибрующих зубьев выбирают из табл. 32 и 31 приложения и корректируют в зависимости от распределения остаточного припуска. Общее число всех зубьев протяжки

$$\Sigma z = z_o + z_{\pi} + z_{\text{ч}} + z_{\text{к}}. \quad (20)$$

16. Длина режущей части протяжки

$$L_p = l_o + l_{\pi} + l_{\text{ч}} + l_{\text{к}} = t_o (z_o + z_{\pi}) + \Sigma t_{\text{ч}} + \Sigma t_{\text{к}}, \quad (21)$$

где $\Sigma t_{\text{ч}}$ и $\Sigma t_{\text{к}}$ – суммы переменных шагов соответственно чистовых и калибрующих зубьев.

Шаги чистовых и калибрующих зубьев переменные, состоящие из трех значений. Меньший шаг t_1 принимают из табл. 33 приложения в зависимости от шага черновых зубьев t_0 . Здесь же даны значения среднего и большего шага (t_2 и t_3).

Первый шаг на чистовой части (между первым и вторым чистовыми зубьями) имеет большее значение – t_3 .

Профиль стружечной канавки для всех трех шагов одинаковый (т. е. одинаковы h , b , r , R), его выбирают из табл. 28 приложения по меньшему шагу t_1 .

В тех случаях, когда получается нежелательно малая ширина зуба, снижающая полный период стойкости из-за малого числа возможных переточек, ее следует увеличить путем изменения профиля стружечной канавки в пределах выбранного шага t_1 . При этом необходимо проверять условие помещаемости стружки в канавке при подаче $S_{\text{зч}} = 0,02$ мм.

На этом расчет первого варианта заканчивается.

Последующие варианты считают для уменьшающихся подач через 0,01 мм до $S_{\text{зо}} = 0,03$ мм. Порядок расчета последующих вариантов тот же, что и для первого (с дополнительными вариантами), начинается с п. 8, кончается п. 16 (т. е. определением длины режущей части).

При ручном счете обычно дополнительные варианты для всех шагов в табл. 28 приложения профилей при принятой глубине стружечной канавки не просчитывают, а основные варианты ввиду большого объема вычислений определяют скачкообразным изменением подачи путем увеличения числа одновременно работающих зубьев Z_p на единицу для каждого последующего варианта, т. е. $Z_p + 1$, $Z_p + 2$, $Z_p + 3$ и т. д., где Z_p определено в п. 9. Затем из формулы (7) находят шаг t_0 ; по табл. 28 приложения определяют глубину профиля, соответствующую этому шагу; по формулам (5) или (6) для найденной глубины рассчитывают новое значение подачи. С п. 11 расчет нового варианта продолжают, как для первого варианта.

Анализируя результаты расчета, выбирают оптимальный вариант. Предварительное определение подачи по методу равной стойкости исключает те варианты, в которых могли бы быть слишком большие подачи, которые снижают наработку протяжки. Желательно, чтобы протяжка имела относительно небольшую длину L_p , большую ширину зуба b (что обеспечивает большее число переточек, следовательно больший срок службы протяжки), наименьшее число всех зубьев ΣZ (что снижает трудоемкость изготовления и дальнейших переточек).

После выбора оптимального варианта составляется таблица диаметров зубьев и находятся все остальные параметры протяжки.

17. Диаметр калибрующих зубьев D_k и диаметр последнего чистового зуба принимают равными максимальному в пределах допуска диаметру отверстия $D_k = D_{\max}$. Допуски на изготовление зубьев протяжки назначаются по ГОСТ 28442–90.

В отдельных случаях диаметр калибрующих зубьев D_k устанавливается в результате обмера деталей после протягивания (тонкостенные детали, детали сложной конфигурации, высокой или очень низкой твердости и др.).

18. Для назначения числа выкружек и их ширины на черновых зубьях весь периметр стружки, срезаемой одной группой, разделяют на равные части между зубьями группы. На каждый зуб группы приходится часть периметра:

$$l_z = \frac{\pi D}{z_c} \quad (22)$$

Стружка, срезаемая каждым зубом, равномерно распределяется между его несколькими режущими секторами, расположенными на равном расстоянии друг от друга по периметру зуба и разделенными между собой выкружками.

Число режущих секторов, а значит, и выкружек определяют по формуле

$$N = \frac{l_z}{B}, \quad (23)$$

где B – ширина режущего сектора, рекомендуется $B = (1,0 \dots 1,3) \sqrt{D}$ для протяжек с диаметром менее 100 мм и $B = 10 \dots 12$ мм для протяжек с диаметром больше 100 мм.

Подставив в формулу (23) значения l_z и B , получим:
для протяжек диаметром меньше 100 мм

$$N = \frac{(2,4 \dots 3,1) \sqrt{D}}{z_c}, \quad (24)$$

для протяжек диаметром более 100 мм

$$N = \frac{(0,25 \dots 0,3) D}{z_c}, \quad (25)$$

Значения N округляют до ближайших больших четных чисел.
Ширину выкружки определяют по формуле

$$a = \frac{\pi D (z_c - 1)}{N z_c}. \quad (26)$$

Число выкружек и их ширину на черновых зубьев также можно определить с помощью табл. 34 приложения.

Радиус выкружек R_v назначают в зависимости от ширины выкружки и диаметра протяжки; R_v приведены в табл. 36 приложения. Там же даны наибольшие допустимые радиусы шлифовального круга. Для обеспечения свободного прохождения стружки в нижней части профиля выкружки необходимо, чтобы $C > 3S_{zo}$.

19. Число выкружек для переходных и чистовых зубьев рассчитывают (с округлением до ближайшего четного числа) по формуле

$$N = 1,45 \sqrt{D}. \quad (27)$$

Ширину выкружек (мм) на переходных и чистовых зубьях для обеспечения перекрытия выкружек режущими секторами последующих зубьев принимают на 2...3 мм меньше, чем на черновых:

$$a_1 = a - (2...3). \quad (28)$$

Число выкружек и их ширину на переходных и чистовых зубьях также можно принимать по табл. 35 приложения.

При групповом построении переходных и чистовых зубьев ($z_{с.ч} = 2$) диаметры их (внутри одной группы) одинаковы. Выкружки на переходных и чистовых зубьях наносят на каждом зубе и располагают в шахматном порядке относительно предыдущего зуба. Радиус выкружек на переходных и чистовых зубьях определяют по табл. 36 приложения.

20. Диаметр передней направляющей принимают равным наименьшему диаметру отверстия до протягивания с полем допуска по $e8$. В тех случаях, когда у отверстия под протягивание есть большие отклонения от цилиндрической формы или когда отверстие предварительно не обработано после штамповки и отливки, переднюю направляющую выполняют с тремя широкими лысками, расположенными под углом 120° друг к другу, с таким расчетом, чтобы ширина оставшихся цилиндрических поверхностей была равна 8...12 мм.

Длину передней направляющей $l_{п.н}$ выбирают в зависимости от отношения длины протягивания к диаметру протяжки: при $l/D > 1,5$ $l_{п.н} = 0,75l$, при $l/D < 1,5$ принимают $l_{п.н} = l$.

21. Длина переходного конуса выбирается из табл. 37 приложения.

22. Расстояние от переднего торца протяжки до первого зуба (рис. 1) определяют по формуле

$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3 + l + 25. \quad (29)$$

Размер длины части переднего хвостовика, захватываемой патроном, l_1 принимают в зависимости от диаметра хвостовика:

$D_{\text{ХВ}}$, мм	12...20	22...28	32...50	55...70
l_1 , мм	115	150	160	205

Для протяжных станков 7Б64, 7Б65, 7Б66, 7Б66-1, 7623, 7633, 7723 расстояние от торца патрона до опорной плоскости $l_2 = 15$ мм, размер $l_3 = 50$ мм, а для станков 7Б55, 7Б56, 7Б57, 7733 $l_2 = 25$ мм, $l_3 = 40$ мм.

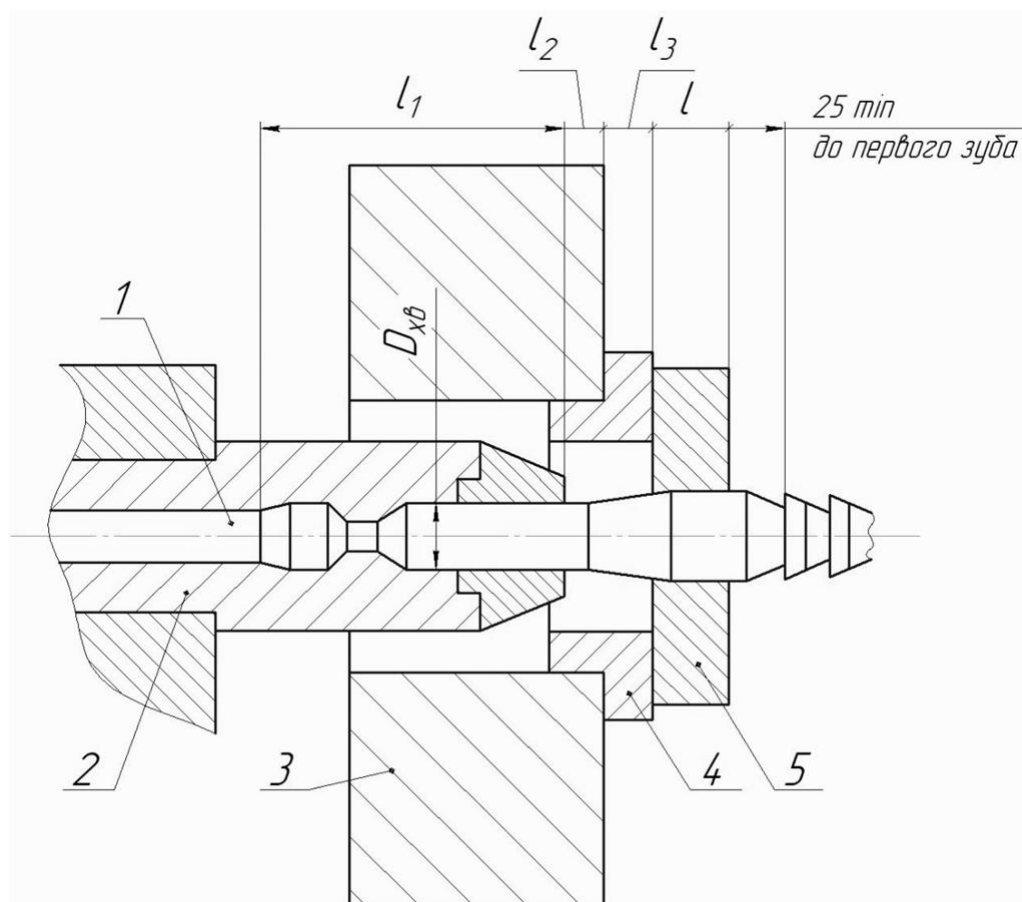


Рис. 1. Схема расчета длины от переднего торца протяжки до переднего зуба:

1 – передний хвостовик; 2 – патрон; 3 – опорная плита;
4 – переходная втулка; 5 – заготовка

23. Диаметр задней направляющей $D_{\text{з.н}}$ принимают равным наименьшему предельному диаметру протянутого отверстия с полем допуска по f 7, а в некоторых случаях – по f 9. Рекомендуемая длина задней направляющей приведена в табл. 38 приложения.

Тяжелые или длинные протяжки, а также все протяжки, работающие в автоматическом цикле, изготавливают с задними хвостовиками, которые могут быть такими же, как передние, или меньших размеров, так как они служат только для поддержки протяжки.

Рекомендации по длине задних хвостовиков приведены в табл. 39 приложения. Задние хвостовики могут привариваться или вворачиваться; их изготавливают из сталей 40Х или 45Х.

24. Общая длина протяжки равна сумме длин передней части (от переднего торца до первого зуба) L_1 , режущей части L_p , задней направляющей $l_{з.н}$ и заднего хвостовика $l_{з.хв}$:

$$L = L_1 + L_p + l_{з.н} + l_{з.хв}. \quad (30)$$

Общая длина протяжки не должна превышать хода штока протяжного станка, наибольшего расстояния между центрами круглошлифовального и заточного станков, глубины ванн или шахт для нагрева под закалку и отпуск. В противном случае нужно спроектировать комплект из двух протяжек.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ВЫГЛАЖИВАЮЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ

Применение комбинированных режуще-выглаживающих протяжек, у которых после калибрующих зубьев устанавливают выглаживающие твердосплавные блоки, позволяют значительно повысить качество обрабатываемых цилиндрических поверхностей. Выглаживающие зубья в зависимости от конфигурации и материала заготовок позволяют достичь точность диаметра $IT6... IT9$, повысить геометрическую точность отверстия на 30...50 %, уменьшить шероховатость поверхности до $Ra = 0,16...0,63$ мкм, повысить износостойкость детали.

Выглаживание – вид обработки цилиндрических отверстий с небольшими натягами (0,03...0,2 мм), при которых пластическая деформация распространяется на незначительную толщину стенки заготовки (не более 5 мм). Под натягом i_b понимают разность диаметров выглаживающих зубьев и отверстия до выглаживания, под относительным натягом λ – отношение абсолютного натяга i_b к диаметру отверстия. При $\lambda > 0,007$ пластической деформации может подвергаться значительная часть и даже вся толщина стенки заготовки, и в этом случае протягивание может привести к значительной деформации заготовки. Схема выглаживания и конструкция выглаживателей показаны на рис. 2а, б.

Твердосплавные выглаживающие зубья, обладая высокой износостойкостью, позволяют существенно увеличить общую наработку протяжки, так как их наличие дает возможность в определенных пределах корректировать диаметр отверстия и, следовательно, использовать протяжки, уже не обеспечивающие необходимый размер. Следует иметь в виду, что точность отверстия после обработки выглаживающими зубьями, работающими с малыми натягами, несколько возрастает (не более чем на 50 %), при средних натягах – практически не изменяется, а при больших – даже снижается (в зоне торцов и при обработке заготовок переменной диаметральной жесткости). Вместе с тем увеличение натяга ведет к значительному уменьшению шероховатости поверхности. В связи с тем, что остаточная деформация отверстия после выглаживания зависит от очень многих причин, практически трудно рассчитать размеры выглаживающих зубьев, которые сразу обеспечивали бы значительное уменьшение шероховатости при обработке отверстия по 6–9-му квалитетам. Поэтому рассчитанные по приведенным формулам размеры выглаживающих зубьев обеспечивают получение отверстия с максимально допустимыми размерами. Это позволяет в дальнейшем легко обеспечивать требуемый размер отверстия после незначительного уменьшения диаметров выглаживающих зубьев с помощью доводки. Выглаживающие зубья в виде отдельных колец или блока закрепляют на протяжке различными способами. Резьбовое закрепление обычно применяют на протяжках диаметром до 20...25 мм. Замок с втулкой, пружиной и двумя сухарями (см. рис. 2в) более технологичен, обеспечивает хорошее базирование, но на протяжках малого диаметра и при обработке заготовок малой длины применение его ограничено. Применяется и замок с упором блока или колец в сухари, которые охватываются замыкающей втулкой, удерживаемой от осевого смещения стопорным кольцом. Этот замок менее технологичен – требуется точное обеспечение размеров всех его деталей.

3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ВЫГЛАЖИВАЮЩЕЙ ЧАСТИ

Жесткость заготовки, глубина распространения пластической деформации, контактное давление зависят от толщины стенки. Жесткость стенки обрабатываемой заготовки характеризуется отношением наружного диаметра D_n к внутреннему D и в большой степени влияет на назначение натяга и тяговую силу. Если толщина стенки втулки переменна в различных сечениях в расчетах используют наибольшую жесткость при наибольшем значении наружного диаметра заготовки D_n .

Параметр шероховатости поверхности после обработки режущей частью протяжки Ra' назначается в зависимости от качества отверстия, возможного уменьшения параметра шероховатости обработанной поверхности выглаживающей частью при возможно меньшей длине всей протяжки (табл. 1).

Число выглаживающих зубьев z_b рекомендуется принимать из табл. 1. Чем больше выглаживающих зубьев, тем выше геометрическая точность обработанных отверстий, больше осевая сила. Применение блоков с числом зубьев более пяти нецелесообразно из-за ухудшения обработанной поверхности вследствие чрезмерного упрочнения, возможности появления нароста, удлинения протяжки.

Таблица 1

Ограничения по снижению параметра шероховатости
выглаживанием

Квалитет отверстия	Ra' , мкм, не более	Ra'/Ra , не более	Число выглаживающих зубьев z_b
6	1,25	2...4	1–3
7–8	2,5	4...6	2–4
9–10	5	8...10	5

Число выглаживающих зубьев также может быть определено по формуле

$$z_b = 0,5 \frac{Ra'}{Ra} + 1,05, \quad (31)$$

где Ra' – параметр шероховатости поверхности после обработки режущей частью протяжки, мкм;

Ra – параметр шероховатости поверхности после протягивания выглаживающими зубьями, мкм.

Результат округляют до целого меньшего числа.

На размеры выглаживающих зубьев в диаметральном направлении в значительной степени влияют временное сопротивление при растяжении σ_b и модуль упругости E обрабатываемого материала.

Исходные данные для расчета выглаживающей части протяжки:

Ra – параметр шероховатости поверхности после протягивания; D – номинальный диаметр отверстия; D_b – наибольший предельный размер протянутого отверстия; $l_{\max}$ – наибольшая длина отверстия детали; δ_p – разбивка или усадка отверстия после обработки режущей частью протяжки, известна из конструкторско-технологической документации.

Для обработки заготовок из чугуна, стали, безоловянистой бронзы, латуни применяют выглаживающие зубья из твердых сплавов ВК8, ВК15, ВК6М, ВК10М, Т5К10, Т5К12В, а заготовок из алюминиевых

сплавов и оловянистых бронз – зубья из инструментальных и быстрорежущих сталей Р9К10, Р6М5, ХВГ, ШХ15, У10А, У12А. С увеличением характеристик механических свойств материала заготовки, толщины ее стенок и степени уменьшения (изменения) параметров шероховатости необходимо выбирать более прочный материал выглаживателей.

Скорость выглаживания назначают по табл. 2 в зависимости от свойств обрабатываемого материала и характеристики изменения параметра шероховатости поверхности отверстия. Скорость режуще-выглаживающей протяжки чаще всего ограничивается скоростью режущей части (см. табл. 15 приложения).

Таблица 2

Скорость выглаживания твердосплавными зубьями, м/мин

Обрабатываемый материал	Уменьшение Ra		
	в 2 раза	в 4 раза	в 8 раз
Сталь с σ_B , МПа:			
до 650	24	17	12
св. 660 до 800	16	11	8
св. 800	10	7	5
Чугун ковкий, латунь	22	16	11
Чугун серый, безоловянистая бронза	36	25	18
Оловянистая бронза, алюминиевые сплавы, баббиты	70	50	35

Для предотвращения наростов на выглаживающих зубьях в ряде случаев следует применять более эффективную СОЖ, чем это рекомендуется для работы режущей части протяжки (см. табл. 27 приложения).

Расстояние от последнего калибрующего зуба до первого выглаживающего l_1 (см. рис. 2в) должно быть не меньше наибольшей длины отверстия детали для того, чтобы предотвратить образование на обрабатываемой поверхности кольцевых канавок (рисок) из-за врезания калибрующих зубьев в тот момент, когда вступают в работу выглаживающие зубья. Они должны вступить в работу лишь после того, как последний калибрующий зуб режущей части протяжки выйдет из зоны резания. Опасность врезания калибрующих зубьев особенно велика при обработке заготовок большой массы на горизонтально-протяжных станках, при плохом закреплении и базировании обрабатываемой заготовки, при отклонении от перпендикулярности любого торца заготовки по отношению к оси отверстия. У протяжек, работающих на горизонтально-протяжных станках без поддерживающего устройства, может произойти обрыв в наиболее слабом месте. В этом случае рекомендуется выглаживающие зубья устанавливать как можно ближе к режущим, чтобы

заготовка все время была прижата силами резания, а затем выглаживания и не могла сместиться.

Порядок расчета выглаживающей части. 1. Общий натяг i_B зависит от размера обрабатываемого отверстия, толщины стенки заготовки, материала заготовки, параметра шероховатости поверхности отверстия до выглаживания, упругой деформации выглаживающих зубьев и т. д. Сначала определяют коэффициент податливости K_0 , а затем K_1 , K_2 , i_B :

$$K_0 = \left(\left(\frac{D_H}{D} \right)^2 + 1 \right) / \left(\left(\frac{D_H}{D} \right)_2 - 1 \right) + 1. \quad (32)$$

Если шероховатость поверхности задана как Rz (по чертежу на деталь или после обработки режущей частью протяжки), то в дальнейших расчетах следует принимать, что $Ra = Rz/4$ или соответственно $Ra' = Rz'/4$.

$$K_1 = \left(3,1 + 0,28 \frac{Ra'}{Ra} \right) \sqrt{K_0}. \quad (33)$$

$$K_2 = \left(\left(\frac{Ra'}{Ra} \right)^{0,3} - 0,68 \right) K_0; \quad (34)$$

$$i_B = K_1 Ra' + K_2 \sigma_B D^{0,8} / E; \quad (35)$$

$$\lambda = i_B / D. \quad (36)$$

2. Диаметр (мм) калибрующих зубьев режущей части протяжки с учетом разбивки ($-\delta_p$) или усадки ($+\delta_p$).

$$d_k = D_B - K_1 Ra' - 0,02 \pm \delta_p. \quad (37)$$

Предварительно в расчетах принимают, что разбивка (усадка) δ_p отверстия после обработки режущей частью протяжки отсутствует. Если $i_B / D > 0,007$, d_k (мм) можно приближенно определить следующим образом:

$$d_k \approx D_B - 0,3 i_B. \quad (38)$$

В этом случае при $\lambda > 0,007$ расчетные значения осевых сил выглаживания значительно больше действующих.

3. Диаметры (мм) выглаживающих зубьев определяют либо по табл. 3, либо по формулам

$$d_B = d_k + \delta_p + i_B, \quad (39)$$

$$d_{Bj} = d_k + \delta_p + 1,15 i_{Bj} / z_B, \quad (40)$$

где d_B – диаметр последнего зуба; $j = 1, 2, 3, \dots, (z_B - 1)$.

Расчетные значения рекомендуется округлять до 0,005 мм. Допуск диаметров зубьев равен минус 0,005 мм.

Таблица 3

Диаметры выглаживающих зубьев, мм

z_B	Порядковый номер выглаживающего зуба					$\sum_{j=1}^{z_B} i_{Bj}, \text{мм}$
	1-й	2-й	3-й	4-й	5-й	
1	d_B	—	—	—	—	i_B
2	$d_B - 0,5i_B$	d_B	—	—	—	$1,5i_B$
3	$d_B - 0,65i_B$	$d_B - 0,25i_B$	d_B	—	—	$2,1i_B$
4	$d_B - 0,7i_B$	$d_B - 0,4i_B$	$d_B - 0,15i_B$	d_B	—	$2,75i_B$
5	$d_B - 0,8i_B$	$d_B - 0,55i_B$	$d_B - 0,55i_B$	$d_B - 0,1i_B$	d_B	$3,25i_B$

Примечание. $d_B = d_k + i_B \pm \delta_p$, где $+\delta_p$ – при разбивке отверстия;
 $-\delta_p$ – при усадке отверстия после обработки режущей частью протяжки

4. Рабочая часть выглаживающих зубьев может выполняться с двумя коническими поверхностями, разделенными цилиндрической ленточкой, либо по дуге окружности (см. рис. 2б). Конические поверхности зубьев имеют несколько большую склонность к наростообразованию, чем сферические, но более технологичны в изготовлении. При обработке заготовок из чугунов, цветных металлов и сплавов целесообразно применять конические зубья, при обработке заготовок из сталей – тороидальные.

Геометрические параметры (мм) зубьев могут быть определены с помощью табл. 4 или по формулам

$$b = 0,07D^{0,85}, \quad (41)$$

$$R = 110 i_B K_3 D^{-0,125}, \quad (42)$$

$$t_B = 110 i_B K_3 D^{-0,3}, \quad (43)$$

где $K_3 = 1,25-50 \lambda$ при $\lambda \leq 0,007$; $K_3 = 0,85$ при $\lambda > 0,007$.

Длина (мм) блока (или набора колец)

$$L_B = t_B z_B. \quad (44)$$

Рабочая поверхность зубьев имеет параметр шероховатости $Ra \leq 0,04$ мкм, по мере появления следов и рисок износа зубья следует полировать. Низкая шероховатость зубьев повышает качество обработанной поверхности и снижает вероятность появления нароста.

Значение углов заборного и обратного конусов $\alpha = (5 \pm 1)^\circ$.

Таблица 4

Геометрические параметры выглаживающих зубьев

D , мм	Тороидальные зубья		Конические зубья		
	R	$t_{\text{Б}}$	$\alpha, ^\circ$	b	$t_{\text{Б}}$
	мм			мм	
До 30	$(80 \dots 70) i_{\text{Б}}$	$(60 \dots 40) i_{\text{Б}}$	5 ± 1	$0,05D$	$(60 \dots 40) i_{\text{Б}}$
Свыше 30	$(70 \dots 60) i_{\text{Б}}$	$(40 \dots 30) i_{\text{Б}}$	5 ± 1	$0,04D$	$(40 \dots 30) i_{\text{Б}}$
Примечание. Большие коэффициенты при $i_{\text{Б}}$ следует брать при обработке отверстий меньшего диаметра и при малых $i_{\text{Б}}$.					

5. Число одновременно работающих зубьев $Z_{p.v}$ зависит от длины обрабатываемого отверстия $l_{\max}$, длины выглаживающего блока L_B , ширины ленточки b , величины натяга i_B , угла заборного конуса α . При тороидальной и конической формах рабочих поверхностей число одновременно работающих зубьев определяют по формуле (45) с округлением до большего целого числа

$$Z_{p.v} = (l_{\max} + b + 5,7i_B)/t_B, \quad (45)$$

где $5,7i_B = 0,5i_B \operatorname{ctg} \alpha$ для $\alpha = 5^\circ$.

Если после определения $Z_{p.v}$ по формуле (45) окажется, что $Z_{p.v} > Z_B$, следует принимать $Z_{p.v} = Z_B$, так как $Z_{p.v}$ не может быть больше Z_B .

6. Определяют сумму натягов выглаживающих зубьев. Если при выглаживании $Z_{p.v} = Z_B$, а диаметры выглаживающих зубьев соответствуют рекомендуемому, сумму натягов блока берут из табл. 3. В том случае, когда не все выглаживающие зубья одновременно участвуют в работе и когда диаметры выглаживающих зубьев отличаются от рекомендуемых вследствие округления их до целого числа или из-за погрешностей при изготовлении, определяют фактический натяг (мм) каждого зуба

$$i_{Bj} = d_{Bj} - d_k - \delta_p. \quad (46)$$

Сумму натягов в этом случае определяют для $Z_{p.v}$ с наибольшими натягами.

7. Осевая сила (Н)

$$P_B = 0,054DE \left(\sum_{Z_B - Z_{p.v} + 1}^{Z_B} i_{Bj} - K_1 Ra' (Z_{p.v} - 1) \right) \frac{K_3}{K_o}. \quad (47)$$

Влияние вида СОЖ из числа рекомендуемых выше и скорость выглаживания 0,5...30 м/мин для работы выглаживающих зубьев на P_v невелики, поэтому поправочные коэффициенты на них не введены.

4. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕМЕНТОВ КРЕПЛЕНИЯ ВЫГЛАЖИВАЮЩИХ ЗУБЬЕВ

Расчет элементов крепления основан на известных зависимостях по расчету пружин и деталей замка (см. рис. 2).

1. Посадочный диаметр выглаживающих зубьев и втулки замка выбирают в зависимости от размеров заготовки, например, согласно ОСТ 23.4.101–76. Если заготовку для выглаживающих зубьев еще только предстоит изготовить по чертежам разработчика, $d_{вн}$ (мм) определяют по формуле

$$d_{вн} = D/1,55 \quad (48)$$

и затем округляют до большего значения, соответствующего одному из условий:

$$\begin{aligned} d_{вн} \text{ кратен } 0,5, \text{ если } d_{вн} \leq 7 \text{ мм;} \\ d_{вн} \text{ кратен } 1, \text{ если } 7 \text{ мм} < d_{вн} \leq 10 \text{ мм;} \\ d_{вн} \text{ кратен } 2, \text{ если } 10 \text{ мм} < d_{вн} \leq 40 \text{ мм;} \\ d_{вн} \text{ кратен } 5, \text{ если } d_{вн} > 40 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (49)$$

2. Выбрав диаметр (мм) проволоки из ряда $d_{пi} = 0,5; 0,56; 0,6; 0,7; 0,8; 0,9; 1; 1,1; 1,2; 1,4; 1,6; 1,8; 2; 2,2; 2,5; 2,8; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 10; 11; 12$ мм, сравниваем его с подсчитанным значением $d_{п}$:

$$d_{п} = 0,05D. \quad (50)$$

Первый из ряда диаметров, для которого будет выполнено условие $d_{пi} < d_{п}$, принимают для дальнейших расчетов.

3. Наружный диаметр пружины (мм) находят по формуле

$$D_{п} = 1,02d_{вн} + 2d_{п} \quad (51)$$

и округляют его до большего значения по соответствующим рядам (49). Если не выполняется условие

$$D + 2d_{п} + d_{вн} > 2D_{п}, \quad (52)$$

необходимое для того, чтобы пружина не могла при смещении в сторону задеть обрабатываемую поверхность заготовки, $D_{п}$ округляют до зна-

чений предыдущей строки (49). Если не выполняется условие (52) для первой строки, то следует рассчитывать замок без пружины.

4. Как только условие (52) будет выполнено, определяют $\tau_{\max}$ (МПа), C , K_{Π} , шаг пружины в свободном состоянии $t_{\text{св}}$ (мм) и зазор между сухарями h (мм):

$$\tau_{\max} = \frac{1050}{\sqrt[5]{d_{\Pi}}}, \quad (53)$$

$$C = \frac{D_{\Pi} - d_{\Pi}}{d_{\Pi}}, \quad (54)$$

$$K_{\Pi} = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C}, \quad (55)$$

$$t_{\text{св}} = \frac{(D_{\Pi} - d_{\Pi})^2 \tau_{\max}}{24976 K_{\Pi} d_{\Pi}} + d_{\Pi}, \quad (56)$$

$$h = 0,6 \sqrt[3]{D}; \quad (57)$$

$t_{\text{св}}$ и h округляют с точностью до 0,5 до меньшего значения.

5. Определяют ширину канавки под сухари $l_{\text{с1}}$ (мм), ход пружины при запираании замка $l_{\text{с.п}}$ (мм), толщину сухарей $l_{\text{с}}$ (мм) при $M = 3,2$. Значение коэффициента M определяется технологичностью прорезки канавки шириной $l_{\text{с1}}$ (мм):

$$l_{\text{с1}} = MD^{0,4}, \quad (58)$$

$$l_{\text{с.п}} = 0,68 l_{\text{с1}}, \quad (59)$$

$$l_{\text{с}} = 0,75 l_{\text{с1}} \quad (60)$$

с округлением до меньшего целого значения.

6. Определяют число рабочих витков пружины

$$n = \frac{0,5l_{\min} - l_{\text{с.п}} - d_{\Pi}}{1,2d_{\Pi}} \quad (61)$$

и округляют его с точностью до 0,25 до меньшего значения.

Принято $n \leq 3$ в целях уменьшения осевых размеров замка. Если окажется, что $n < 1$, то меняется значение $M = 2,4$. Снова определяют $l_{\text{с1}}$, $l_{\text{с.п}}$, $l_{\text{с}}$ и n . Если снова окажется, что $n < 1$, то $l_{\text{с}}$ и $l_{\text{с.п}}$ определяют из условия прочности на срез сухарей по формуле

$$l_c = l_{c.п} = \frac{P_b}{(\pi d_{вн} - 2h)[\tau]} \quad (62)$$

и округляют до большего целого значения.

7. Снова определяют число витков n . Если и в этом случае окажется, что $n < 1$, то следует рассчитывать замок без пружины. Это значит, что l_{min} настолько мало при принятом значении P_b , что разместить пружину между блоком и задней направляющей невозможно.

8. После определения числа витков n вычисляют силу сжатия $P_{сж}$ (Н) пружины до соприкосновения витков:

$$P_{сж} = \frac{9810 d_{п}^4}{(D_{п} - d_{п})^3} (t_{св} - d_{п}) \quad (63)$$

Если окажется, что $P_{сж} < 3,43 D$, то диаметр проволоки принимают по ряду значений большим и цикл счета с п. 3 повторяют до тех пор, пока $P_{сж}$ не станет более $3,43 D$.

9. В том случае, если при $n = 3$ $P_{сж} > 4,4 D$, уменьшают шаг пружины в свободном состоянии до тех пор, пока $P_{сж}$ не снизится до $4,4 D$. Если $n < 3$, то эту операцию не выполняют.

10. Определив длину (мм) пружины в свободном ($l_{св}$) и рабочем ($l_{п}$) состояниях, силу сжатия ее (Н) до рабочего состояния и при закрытии замка (P_1 и P_2) по формулам

$$t_{св} = t_{св} n + d_{п}, \quad (64)$$

$$l_{п} = d_{п} (1,2n + 1) + l_{сн} \quad (65)$$

$$P_1 = \frac{9810 d_{п}^4}{(D_{п} - d_{п})^3} \frac{l_{св} - l_{п}}{n}, \quad (66)$$

$$P_2 = \frac{9810 d_{п}^4}{(D_{п} - d_{п})^3} \frac{l_{св} - l_{п} + l_{с.п}}{n} \quad (67)$$

и, округлив $l_{п}$ до большего целого значения, сравнивают P_1 и P_2 с допустимыми значениями. Если неравенства

$$P_1 \geq D \text{ или } P_2 \geq 3D \quad (68)$$

не выполняются, то P_1 и P_2 увеличивают путем изменения n , $l_{с1}$, $l_{с.п}$, l_c с учетом п. 6, т. е.

а) при $M = 3,2$ изменяют M до 2,4 и расчет повторяют, определяя $l_{с1}$, $l_{с.п}$, l_c ;

б) при $M = 2,4 l_c$ определяют по формуле (62) и расчет повторяют, определив n .

Если увеличить силу сжатия пружины до рабочего состояния P_1 или P_2 не удастся, следует сменить замок.

11. При выполнении неравенств (68) вычисляют размеры фасок и радиусы закруглений f (мм), длину проволоки пружины L_{Π} (мм), диаметры шейки замка и сухарей d_c (мм), наружный диаметр сухарей и втулки D_c (мм), число полных витков пружины n_1 , длину втулки l_{BT} (мм), длину элементов крепления с выглаживающими зубьями L_K (мм):

$$L_{\Pi} = \pi(D_{\Pi} - d_{\Pi})(n + 1,5); \quad (69)$$

$$f = 0,02D; \quad (70)$$

$$d_c = 2\left(\frac{h}{\pi} - f\right) + 2\sqrt{\left(f + \frac{h}{\pi}\right)^2 + \frac{d_{BH}^2}{4} - d_{BH}\left(f + \frac{h}{\pi}\right) - \frac{P_B}{\pi[\sigma]_K}}; \quad (71)$$

$$D_c = 2d_{BH} - d_c; \quad (72)$$

$$n_1 = n + 1,5; \quad (73)$$

$$l_{BT} = 0,4D + l_{c1} - l_c + l_{c.\Pi}; \quad (74)$$

$$L_K = l_{\Pi} + L_B + l_{BT} + l_{c.\Pi} + l_c + l_{c1} + 2; \quad (75)$$

Значение f округляют с точностью до 0,1 до большего значения, значения d_c , L_{Π} и l_{BT} округляют до ближайшего целого числа, L_K – по условиям (49).

12. После окончательного выбора всех параметров замка определяют запас прочности шейки диаметром d_c на разрыв:

$$m = \frac{\pi d_c^2 [\sigma]_p}{6,8 P_B}. \quad (76)$$

Коэффициент $6,8 = 4 \cdot 1,7$, где 1,7 – коэффициент концентрации напряжений при принятом f . Коэффициент концентрации напряжений $\alpha_{\sigma} = 1,7$ соответствует наибольшей твердости материала шейки замка (для Р6М5 62...66 HRC₉, для 40Х 48...56 HRC₉ и т. д.). При уменьшении твердости материала шейки и увеличении f коэффициент α_{σ} уменьшается до единицы. В табл. 5 приведены механические характеристики сталей.

Механические характеристики сталей

Марка стали	Твердость или диаметр протяжки D , мм	Допустимые напряжения, МПа		
		$[\sigma]_p$	$[\tau]$	$[\sigma]_k$
45	40...44 HRC_3	343	196	981
40X	38...42 HRC_3	392	245	1079
40X	45...50 HRC_3	441	294	1275
50X	45...55 HRC_3	540	343	1471
ХВГ	–	245	245	1570
P18	$D \leq 10$	785	441	2354
P6M5	$10 < D \leq 20$	490...589	343	1962
	$D > 20$	392...490	294	1668

Методика проектного расчета круглых протяжек изложена в литературе [2, 3, 4].

5. ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

Основные технические требования к конструкциям протяжек регламентирует ГОСТ 28442–90.

Протяжки должны изготавливаться 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 механическим креплением хвостовика. Хвостовики сборных протяжек изготавливаются из стали 40X по ГОСТ 4543.

Твердость протяжек, HRC_3 :

зубьев и задней направляющей.....63...66;
 передней направляющей.....61...66;
 хвостовика.....43,5...57.

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

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

задней поверхности черновых, переходных, чистовых
 зубьев и калибрующих, выполненных с ленточкой;
 передней поверхности зубьев протяжек для
 цилиндрических отверстий с полями допусков
 Н7 и Н8.....Rz 1,6;
 Н9..... Rz 3,2;
 задней поверхности калибрующих зубьев, выполненных
 без ленточки; ленточек на калибрующих зубьях протяжек

для цилиндрических отверстий с полями допусков
H8.....Rz 0,8;
H9..... Rz 1,6;
поверхностей радиуса у передней поверхности,
стружкоразделительных канавок, выкружек,
поверхности криволинейной спинки зуба.....Rz 6,3;
цилиндрических поверхностей передней и задней
направляющих..... Ra 0,63;
посадочной поверхности цилиндрической части
хвостовика..... Ra 1,25;
поверхностей нерабочих торцов протяжки, шейки... Ra 5.

Предельные отклонения диаметров зубьев должны соответствовать значениям, указанным в табл. 41, 42 приложения.

6. ПРИМЕР ПРОЕКТИРОВАНИЯ КРУГЛОЙ ПРОТЯЖКИ С ВЫГЛАЖИВАЮЩИМ БЛОКОМ

6.1. Расчет выглаживающих элементов

Исходные данные. Деталь – втулка. Материал – сталь A12, твердость 140 HB, временное сопротивление при растяжении $\sigma_B = 466$ МПа, модуль упругости $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа. Диаметр отверстия после протягивания $D = 42H6^{(+0,016)}$. Наружный диаметр втулки $D_n = 62$ мм. Длина протягивания $l = 67$ мм. Параметр шероховатости поверхности отверстия $Ra = 0,63$ мкм.

Применяемый станок – 7Б56 с номинальной тяговой силой 200 кН. Диапазон скоростей рабочего хода – 1,5...13 м/мин. Наибольшая длина рабочего хода – 1600 мм. Состояние станка – хорошее. Патрон для закрепления протяжки быстросменный автоматический, характер производства – массовый, цикл работы станка – полуавтоматический. Расстояние между центрами круглошлифовального и заточного станков 2200 мм. Наибольшая глубина шахт или ванн в термическом отделении 2000 мм.

Для получения отверстия 6-го качества с $Ra = 0,63$ мкм принимается конструкция протяжки переменного резания с выглаживающим блоком.

Материал выглаживающего блока выбирается в соответствии с рекомендациями для обработки стали – твердый сплав ВК8. В соответствии с таблицей 1 принимаем число выглаживающих зубьев $Z_B = 3$, т.к. качество отверстия после протягивания – 6, шероховатость поверхности после обработки режущей частью $Ra' = 1,25$ мкм.

По таблицам 2 и 15 приложения устанавливаем соответственно скорости выглаживания и резания. Принимаем меньшую из них – 8 м/мин. Станком данная скорость обеспечивается.

Наиболее жесткие требования к выбору СОЖ предъявляются работой выглаживающей части протяжки. Принимаем масло ОСМ-3. Этот смазочный материал удовлетворяет и работе режущей части протяжки.

Далее определяются размеры конструктивных элементов выглаживающего блока круглой протяжки.

1. По формулам (32)–(36) определены общий натяг (i_B), относительный натяг (λ), коэффициенты K_0 , K_1 и K_2 :

$$K_0 = \frac{\left(\frac{D_H}{D}\right)^2 + 1}{\left(\frac{D_H}{D}\right)^2 - 1} + 1;$$

$$K_0 = \frac{\left(\frac{62}{42}\right)^2 + 1}{\left(\frac{62}{42}\right)^2 - 1} + 1 = \frac{3,179}{1,179} + 1 = 3,696$$

$$K_1 = \left(3,1 + 0,28 \frac{Ra'}{Ra}\right) \sqrt{K_0};$$

$$K_1 = \left(3,1 + 0,28 \frac{0,00125}{0,00063}\right) \sqrt{3,696} = 7,029$$

$$K_2 = \left(\left(\frac{Ra'}{Ra}\right)^{0,3} - 0,68\right) K_0;$$

$$K_2 = \left(\left(\frac{0,00125}{0,00063}\right)^{0,3} - 0,68\right) 3,696 = 2,026$$

$$i_B = K_1 Ra' + \frac{K_2 \sigma_B D^{0,8}}{E};$$

$$i_B = 7,029 \cdot 0,00125 + \frac{2,026 \cdot 466 \cdot 42^{0,80}}{198000} = 0,104 \text{ мм};$$

$$\lambda = \frac{i_B}{D};$$

$$\lambda = \frac{0,104}{42} = 0,0025.$$

2. Диаметр калибрующих зубьев режущей части протяжки определяется по формуле (37). Принимают $\delta_p = 0$.

$$d_K = D_B - K_1 Ra' - 0,02 - \delta_p;$$

$$d_K = 42,016 - 7,029 \cdot 0,0025 - 0,02 - 0 = 41,987 \text{ мм}.$$

3. Определяем диаметры выглаживающих зубьев по формулам (39) и (40)

$$d_B = d_K + \delta_p + i_B;$$

$$d_B = 41,987 + 0,104 + 0 = 42,091$$

$$d_{Bj} = d_K + \delta_p + 1,15 \frac{i_{Bj}}{Z_B};$$

$$d_{B1} = 41,987 + 1,15 \frac{0,104 \cdot 1}{3} = 42,0268 \text{ мм}$$

$$d_{B2} = 41,987 + 1,15 \frac{0,104 \cdot 2}{3} = 42,0667 \text{ мм}$$

$$d_{B3} = d_B = 42,091 \text{ мм}$$

После округления диаметры зубьев: $d_{B1} = 42,025 \text{ мм}$, $d_{B2} = 42,065 \text{ мм}$, $d_{B3} = 42,09 \text{ мм}$.

4. Определяем геометрические параметры зубьев по формулам (41) – (43). При обработке заготовок из стали принимаем тороидальную форму зубьев, профиль зубьев выполняется по радиусу R , ленточка отсутствует.

$$K_3 = 1,25 - 50\lambda = 1,25 - 50 \cdot 0,0025 = 1,125;$$

$$b = 0,07D^{0,85};$$

$$b = 0,07 \cdot 42^{0,85} = 1,678 \approx 1,68 \text{ мм}$$

$$R = 110i_B K_3 D^{-0,125};$$

$$R = 110 \cdot 0,104 \cdot 1,125 \cdot 42^{-0,125} = 8,066 \approx 8 \text{ мм}$$

$$t_B = 110i_B K_3 D^{-0,3};$$

$$t_B = 110 \cdot 0,104 \cdot 1,125 \cdot 42^{-0,3} = 4,19 \approx 4 \text{ мм}$$

В целях уменьшения снимаемого припуска с заготовок блоков выглаживающих зубьев шаг целесообразно увеличить до 10 мм. Тогда длина блока

$$L_B = t_B Z_B;$$

$$L_B = 10 \cdot 3 = 30 \text{ мм}.$$

5. Число одновременно работающих зубьев $Z_{p.B.} = 3$, так как длина блока зубьев меньше длины обрабатываемого отверстия.

6. Определяем натяг каждого выглаживающего зуба по формуле (46)

$$i_{B1} = d_{B1} - d_K;$$

$$i_{B1} = 42,025 - 41,987 = 0,038 \text{ мм}$$

$$i_{B2} = d_{B2} - d_K;$$

$$i_{B2} = 42,065 - 41,987 = 0,078 \text{ мм}$$

$$i_{B3} = d_{B3} - d_K;$$

$$i_{B3} = 42,09 - 41,987 = 0,103 \text{ мм}$$

$$\sum i_{Bj} = i_{B1} + i_{B2} + i_{B3};$$

$$\sum i_{Bj} = 0,038 + 0,078 + 0,103 = 0,219$$

7. Осевая сила при выглаживании определена по формуле (47)

$$P_B = 0,054DE \left(\sum i_{Bj} - K_1 Ra'(z_{p.B.} - 1) \right) \frac{K_3}{K_0};$$

$$P_B = 0,054 \cdot 42 \cdot 198000 \cdot \left(\sum 0,219 - 7,029 \cdot 0,00125 \cdot (3 - 1) \right) \frac{1,125}{3,696} = \\ = 27530 \text{ Н}$$

6.2. Расчет режущей части протяжки

Определяем размеры конструктивных элементов круглой протяжки и геометрические параметры режущих зубьев в следующей последовательности.

1. Устанавливаем группу обрабатываемости с помощью таблицы 8 приложения: сталь А12 с твердостью 140 НВ относится к I группе обрабатываемости.

2. Устанавливаем группу качества режущих зубьев протяжки по таблице 9 приложения. Качество отверстия после протягивания – 6, шероховатость поверхности после обработки режущей частью $Ra' = 1,25 \text{ мкм}$, поэтому принимаем 1-ю группу качества.

3. Материал рабочей части протяжки принимаем в соответствии с рекомендациями таблицы 10 приложения – быстрорежущая сталь Р6М5.

4. Конструкцию протяжки принимаем с приварным хвостовиком, материал хвостовика – сталь 40Х. Размеры по ГОСТ 4044-70 или по таблице 12 приложения. Диаметр переднего хвостовика $D_{хв} = 40 \text{ мм}$, $F_{оп} = 804,2 \text{ мм}^2$. Силу, допустимую хвостовиком, рассчитываем по формуле (1), приняв $[\sigma]_p = 300 \text{ Мпа}$ для стали 40Х

$$P_{хв} = [\sigma]_p F_{оп};$$

$$P_{хв} = 300 \cdot 804,2 = 241320 \text{ Н.}$$

5. Передние и задние углы выбираем по таблице 14 приложения. Передний угол черновых и переходных зубьев: $\gamma = 20^\circ$ (форма А), а чистовых и калибрующих зубьев $\gamma_1 = 20^\circ$ (форма А). Задний угол черновых и переходных зубьев $\alpha_0 = 3^\circ$, чистовых $\alpha_ч = 2^\circ$, калибрующих $\alpha_к = 1^\circ$.

6. Скорость резания установлена ранее по таблице 4 и 15 приложения. Принята меньшая из них – 8 м/мин. Станком такая скорость обеспечивается.

7. Поъем черновых зубьев S_{zc} из условия равной стойкости черновой и чистовой частей определяем по таблице 16 приложения для I группы обрабатываемости. Вначале для скорости резания $v=8$ м/мин и подачи чистовых зубьев $S_{zc} = 0,02$ мм/зуб устанавливаем наработку чистовой части $T = 66$ м. По той же скорости резания и стойкости черновых зубьев $T = 69$ м находим подъем черновых зубьев $S_{zc} = 0,25$ мм/зуб на сторону. Для I группы обрабатываемости и 1-й группы качества при скорости резания $v=8$ м/мин по таблице 26 приложения ограничиваем подъем черновых зубьев до $S_{zo} = 0,12$ мм/зуб. Поправочные коэффициенты на наработку принимаем по таблице 27 приложения: $K_{ТВ} = 0,7$ (для 1 группы качества при перетачивании протяжки по передней поверхности); $K_{Тр} = 1$ (для переменного резания); $K_{Тз} = 1$ (заготовка – поковка, отверстие после зенкерования); $K_{Тм} = 1$ (для материала протяжки Р6М5); $K_{Тд} = 1$ (для доведенных зубьев); $K_{То} = 1$ (для масла ОСМ – 3 и стали А12). Нарботка с поправочными коэффициентами:

$$T_m = T \cdot K_{ТВ} \cdot K_{Тр} \cdot K_{Тз} \cdot K_{Тм} \cdot K_{Тд} \cdot K_{То};$$

Нарботка чистовых зубьев

$$T_{м.ч.} = 66 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 46,2 \text{ м};$$

Нарботка черновых зубьев для $S_{zo} = 0,12$ мм/зуб

$$T_{м.о.} = 103 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 72,1 \text{ м}.$$

8. Глубину стружечной канавки (для сливной стружки) h , необходимой для размещения стружки при подъеме $S_{zo} = 0,12$ мм/зуб, определяем по формуле (2), приняв коэффициент помещаемости стружки $K = 3$:

$$h = 1,1283 \sqrt{K l_s S_{zo}};$$

$$h = 1,1283 \sqrt{3 \cdot 67 \cdot 0,12} = 5,54 \text{ мм}.$$

В таблице 28 приложения ближайшая большая глубина стружечной канавки $h = 6$ мм. Ее и принимаем для дальнейшего расчета.

Диаметр по дну стружечной канавки равен $D - 2h = 42 - 2 \cdot 6 = 42 - 12 = 30$ мм, следовательно необходимо выполнить проверку на жесткость протяжки

$$h_{ж} = (0,2 \dots 0,23) D_0;$$

$$h_{ж} = 0,22 \cdot 40,7 = 8,95 ;$$

$$h_{ж} > h$$

Следовательно принимаем подачу черновых зубьев равной табличному значению $S_{zo} = 0,12$ мм/зуб.

9. Шаг черновых зубьев принимаем из таблицы 28 приложения. Так как глубине $h = 6$ мм соответствуют несколько значений шага, то принимаем $t_0 = 14$, т.е. профиль № 10. Остальные элементы стружечной канавки: $b = 4,5$ мм; $r = 3$ мм; $R = 10$ мм. Число одновременно участвующих в работе зубьев определяем по формуле (7), отбрасывая дробную часть:

$$z_p = \frac{l_{max}}{t_0} + 1;$$

$$z_p = \frac{67}{14} + 1 \approx 5.$$

10. По формулам (9) – (11) находим тяговую силу станка $P_{ст}$, максимально допустимую силу в зависимости от прочности в опасном сечении по дну канавки перед первым зубом $P_{оп}$. Наименьшую из трех $P_{ст}$, $P_{хв}$, $P_{оп}$ сил принимаем как максимально допустимую силу резания

$$P_{ст} = (0,8 \dots 0,9)Q;$$

$$P_{ст} = 0,9 \cdot 200 = 183,6 \text{ кН};$$

$$P_{оп} = [\sigma]_p \cdot F_{оп};$$

где $[\sigma]_p = 400$ МПа для стали Р6М5;

$$F_{оп} = 0,785(D_0 - 2h)^2;$$

$$F_{оп} = 0,785(40,7 - 2 \cdot 6)^2 = 646,6 \text{ мм}^2;$$

$$P_{оп} = 400 \cdot 646,6 = 258,64 \text{ кН}.$$

Прочность протяжки в опасном сечении по хвостовику $P_{хв}$ рассчитана в п.4 и равно $P_{хв} = 241,320$ кН.

Из этого следует, что максимально допустимая сила резания $P_{max} = 183,6$ кН.

11. Число зубьев в группе z_c находим по формуле (12), где $q_0 = 232$ Н для $S_{z0} = 0,12$ мм/зуб и $\gamma = 20^\circ$ из таблицы 29 приложения; $z_p = 5$; $K_{pm} = 1,2$ (НВ < 285, сталь I группы); $K_{po} = 1$ (Е – масло ОСМ – 3); $K_{pk} = 1$ (1 группа качества); $K_{pp} = 1$ (способ разделения стружки – выкружками) из таблицы 30 приложения.

$$z_c = \frac{\pi \cdot D \cdot q_0 \cdot z_p \cdot K_{pm} \cdot K_{po} \cdot K_{pk} \cdot K_{pp}}{P_{max}};$$

$$z_c = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 232 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{183600} = 0,999875.$$

Принимаем $z_c = 2$.

12. Определяем расчетную силу протягивания по формуле (14)

$$P = \frac{\pi \cdot D \cdot q_0 \cdot z_p \cdot K_{pm} \cdot K_{po} \cdot K_{pk} \cdot K_{pp}}{z_c};$$

$$P = \frac{3,14 \cdot 42 \cdot 232 \cdot 5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{2} = 91788,5 \text{ Н.}$$

13. Полный припуск на режущие зубья на диаметр распределяем между черновыми, переходными и чистовыми зубьями с учетом наличия выглаживающих зубьев. В качестве максимального диаметра принимаем диаметр калибрующих зубьев, т.е.

$$A = d_k - D_{min};$$

$$A = 41,987 - 40,7 = 1,287 \text{ мм.}$$

Припуск на черновые зубья

$$A_o = A - (A_{\Pi} + A_{\text{ч}}).$$

Где припуск на переходные зубья A_{Π} берется из таблицы 32 приложения, на чистовые зубья – $A_{\text{ч}}$ – из таблицы 31.

$$A_o = 1,287 - (0,16 + 0,14) = 0,987 \text{ мм}$$

14. Число групп черновых зубьев

$$i_o = \frac{A_o}{2S_{zo}};$$

$$i_o = \frac{0,987}{2 \cdot 0,12} = 4,1125;$$

$$i_o = 4.$$

Остаточную часть припуска находим по формуле

$$A_{\text{ост}} = A_o - 2S_{zo}i_o;$$

$$A_{\text{ост}} = 0,987 - 2 \cdot 0,12 \cdot 4 = 0,027 \text{ мм.}$$

Так как $A_{\text{ост}}/2 < 0,02 \dots 0,03$ мм, то остаточный припуск суммируется с припуском на чистовые зубья, число которых соответственно увеличиваем. Получаем:

$$A_{\text{ч}} = 0,14 + 0,027 = 0,167 \text{ мм;}$$

$$z_{\text{ч}} = 14.$$

$$S_{z_{\text{ч}1}} = 0,02 \text{ мм/зуб; } S_{z_{\text{ч}2}} = 0,027/2 = 0,0135 \text{ мм/зуб; } S_{z_{\text{ч}3}} = 0,01 \text{ мм/зуб;}$$

$$S_{z_{\text{ч}4}} = 0,005 \text{ мм/зуб}$$

15. Число черновых зубьев

$$z_o = i_o z_{co};$$

$$z_o = 4 \cdot 2 = 8.$$

Число переходных зубьев $z_{\Pi}=4$ из таблицы 32 приложения, число чистовых зубьев после распределения остаточного припуска $z_{\text{ч}}=14$ и число калибрующих $z_{\text{к}}=7$ из таблицы 31 приложения.

Общее число всех зубьев

$$\Sigma_z = z_o + z_{\Pi} + z_{\text{ч}} + z_{\text{к}};$$

$$\Sigma_z = 8 + 4 + 14 + 7 = 33.$$

16. Длина режущей части

Шаги чистовых и калибрующих зубьев – переменные, принимаем из таблицы 33 приложения $t_1=10$ мм, $t_2=11$ мм, $t_3=12$ мм. Размеры профиля h , b , r , R – одинаковые для всех трех шагов, их берем из таблицы 28 приложения по меньшему шагу. Для $t_1=10$ мм; $h=4$ мм, $r=2$ мм, $b=3,5$ мм, $R=6$ мм.

Проверим помещается ли стружка

$$S_{zo} = 0,785 \frac{h^2}{Kl};$$

$$S_{zo} = 0,785 \frac{4^2}{3 \cdot 67} = 0,062.$$

$$L_p = l_0 + l_n + l_{\text{ч}} + l_{\text{к}} = t_o(z_o + z_n) + \Sigma t_{\text{ч}} + \Sigma t_{\text{к}}$$

$$L_p = 14(8 + 4) + [(12 + 11 + 10) \cdot 4 + 12 + 11]$$

$$+ [10 + (12 + 11 + 10) \cdot 2]$$

$$L_p = 168 + 155 + 76 = 399 \text{ мм}$$

Новые два варианта рассчитываем для увеличенных чисел одновременно работающих зубьев: $z_{pII} = z_{pI} + 1 = 6$ и $z_{pIII} = z_{pI} + 2 = 7$.

Из формулы (7) находим шаг черновых зубьев для второго варианта: $t_{oII} = \frac{l}{z_{pII}-1} = \frac{67}{6-1} = 13,4$ мм.

Для третьего варианта: $t_{oIII} = \frac{l}{z_{pIII}-1} = \frac{67}{7-1} = 11,2$ мм.

Принимаем $t_{oII} = 13$, $t_{oIII} = 11$ и по таблице 28 приложения определяем соответствующие этим шагам размеры профиля стружечных канавок. Для шага $t_{oII} = 13$: $h=5$ мм; $r=2,5$ мм; $b=5$ мм; $R=8$ мм. Для шага $t_{oIII} = 11$: $h=4,5$ мм; $r=2,3$ мм; $b=4$ мм; $R=7$ мм.

Определяем подъем черновых зубьев:

$$S_{zo} = 0,785 \frac{h^2}{Kl};$$

$$S_{zo II} = 0,785 \frac{5^2}{3 \cdot 67} = 0,1 \text{ мм};$$

$$S_{zo III} = 0,785 \frac{4,5^2}{3 \cdot 67} = 0,08 \text{ мм}.$$

С п.10 расчет II и III вариантов продолжаем, как для I варианта. Результаты сведены в таблицу 1.

Таблица 6

Результаты вариантов протяжки

Искомый параметр	Вариант		
	I	II	III
z_p , мм	5	6	7
t_o , мм	14	13	11
h_o , мм	6	5	4,5
b_o , мм	4,5	5	4
S_{zo} , мм	0,12	0,1	0,08
z_c	2	2	2
P , Н	91788,5	92105	86961,7
A , мм	1,287	1,287	1,287
A_n , мм	0,16	0,14	0,14
A_q , мм	0,14	0,14	0,14
A_o , мм	0,987	1,007	1,007
$A_{ост}$, мм	0,027	0,007	0,007
i_o	4	5	6
z_o	8	10	12
z_{II}	4	4	4
z_q	14	12	14
z_k	7	7	7
z	33	33	37
$S_{зп}$ на группах: первой второй	0,05 0,03	0,0435 0,03	0,04 0,03
$S_{зч}$, мм (число групп)	0,03 (2) 0,0135 (1) 0,01 (2) 0,005 (2)	0,02 (2) 0,01 (2) 0,005 (2)	0,0235 (1) 0,02 (2) 0,01 (2) 0,005 (2)
$t_q(t_1, t_2, t_3)$, мм	10,11,12	9,10,11	7,8,9
$t_k(t_1, t_2, t_3)$, мм	10,11,12	9,10,11	7,8,9
h_q , мм	4	3	3
b_q , мм	3,5	4,3	2,3
l_o , мм	112	130	132
l_{II} , мм	56	52	44
l_q , мм	155	141	113
l_k , мм	76	69	55
L_p , мм	399	373	344

Сравнив основные показатели L_p , b , S_{z0} и z , выбираем в качестве оптимального варианта – II, так как при средней длине эта протяжка имеет большую ширину зуба и среднюю подачу черновых зубьев. Определение остальных элементов конструкции протяжки производим только для этого варианта. Результаты расчета диаметра зубьев сведены в таблицу 7. Следует помнить, что подъем зубьев задается на группу, у черновых зубьев второй зуб группы зачищающий выполняется с занижением 0,03 мм на диаметр. $A_{ост} / 2 = 0,0035$ мм для второго варианта, в этом случае данную величину прибавили к подъему первой переходной группы.

Таблица 7

Диаметры зубьев протяжки

№ зуба	S_z , мм	Диаметр зуба, мм	№ зуба	S_z , мм	Диаметр зуба, мм	№ зуба	Диаметр зуба, мм
1	0,1	40,9	15	0,02	41,887	27	41,987
2		40,87	16			28	
3	0,1	41,1	17	0,02	41,927	29	
4		41,07	18			30	
5	0,1	41,3	19	0,01	41,947	31	
6		41,27	20			32	
7	0,1	41,5	21	0,01	41,967	33	
8		41,47	22				
9	0,1	41,7	23	0,005	41,977		
10		41,67	24				
11	0,0435	41,787	25	0,005	41,987		
12		41,787	26				
13	0,03	41,847					
14		41,847					

Для черновых зубьев №1–10 задний угол $\alpha=3^\circ$, допуск на диаметр минус 0,016 мм; для переходных зубьев №11–14 $\alpha=3^\circ$, допуск на диаметр минус 0,010 мм; для чистовых зубьев №15–26 $\alpha=2^\circ$, допуск на диаметр минус 0,007 мм; для калибрующих зубьев №27–33 $\alpha=1^\circ$, допуск на диаметр минус 0,007 мм.

17. Диаметр калибрующих зубьев $D_k=41,987$ мм.

18. Число выкружек и их ширину на черновые зубья определяем по таблице 34 приложения: $N=10$, $a=6,5$ мм.

Радиус выкружек R_v назначаем в зависимости от ширины выкружки и диаметра протяжки по таблице 36 приложения: $R_v=30$ мм.

19. Число выкружек и их ширину на переходных и чистовых зубьях принимаем по таблице 35 приложения: $N_q=10$, $a_1=4,5$ мм.

Радиус выкружек R_b назначаем в зависимости от ширины выкружки и диаметра протяжки по таблице 36 приложения: $R_b=30$ мм.

20. Диаметр и длину передней направляющей находим согласно п.20 методики: $D_{п.н.}=40,7$ мм, $l_{п.н.}=0,75l=0,75 \cdot 67=50,25$ мм (т.к. $l/D > 1,5$, $67/42 > 1,5$)

21. Длину переходного конуса выбираем по таблице 37 приложения: $l_{п.н.}=20$ мм.

22. Расстояние от переднего торца протяжки до первого зуба определяем по формуле

$$L_1 = l_1 + l_2 + l_3 + l + 25$$

где $l_1=160$ мм (т.к. $D_{хв}=40$ мм), $l_2=25$ мм, $l_3=40$ мм (для станка мод.7Б56).

$$L_1 = 160 + 25 + 40 + 67 + 25 = 317 \text{ мм}$$

23. Диаметр и длину задней направляющей находим согласно п.23 методики $D_{з.н.}=42$ мм, $l_{з.н.}=35$ мм, размер фаски $c=1,6$ мм по таблице 38 приложения.

24. Общую длину протяжки рассчитываем по формуле

$$L = L_1 + L_p + l_{з.н.} + l_{з.хв.}$$

$$L = 317 + 373 + 35 + 125 = 850 \text{ мм}$$

Принимаем $L=850$ мм.

Материал рабочей части – сталь Р6М5 (ГОСТ 19265-73), хвостовой части – сталь 40Х (ГОСТ 4543-71), твердость режущей части передней и задней направляющих 63...66 HRC_э, 43...51 HRC_э – хвостовика. Выкружки на зубьях 11, 13, 15, 17, 19, 21, 23, 25 относительно зубьев 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26 располагаются в шахматном порядке. Неуказанные предельные отклонения размеров: охватываемых – по Н14, остальных $\pm IT14/2$. Остальные технические требования по ГОСТ 28442-90.

6.3. Расчет элементов крепления выглаживающих зубьев

Расчет элементов крепления выглаживающих зубьев выполняется в следующей последовательности.

1. Посадочный диаметр выглаживающих зубьев и втулки замка определяем по формуле (48)

$$d_{вн} = \frac{D}{1,55};$$

$$d_{вн} = \frac{42}{1,55} = 27,1 \text{ мм.}$$

Результат округляем до большего значения, соответствующего условию (49): $d_{вн}$ кратен 2, так как $10 \text{ мм} < d_{вн} \leq 40 \text{ мм}$. Принимаем $d_{вн} = 28 \text{ мм}$.

2. Диаметр проволоки

$$d_{\Pi} = 0,05D = 0,05 \cdot 42 = 2,1 \text{ мм.}$$

Принимаем из ряда стандартных значений для дальнейших расчетов $d_{\Pi} = 2 \text{ мм}$, так как это первый из ряда диаметров, для которого выполнено условие $d_{\Pi i} < d_{\Pi}$.

3. Находим наружный диаметр пружины по формуле (51)

$$D_{\Pi} = 1,02d_{\text{вн}} + 2d_{\Pi};$$

$$D_{\Pi} = 1,02 \cdot 28 + 2 \cdot 2 = 32,56 \text{ мм.}$$

Проверяем выполнение условия $D + 2d_{\Pi} + d_{\text{вн}} > 2D_{\Pi}$

$$42 + 2 \cdot 2 + 28 > 2 \cdot 32,56;$$

$$74 > 65,12.$$

Условие выполняется, следовательно, пружина при смещении в сторону не заденет обрабатываемую поверхность заготовки.

4. Определяем $\tau_{\max}$, C , K_{Π} , шаг пружины в свободном состоянии $t_{\text{св}}$ и зазор между сухарями h по формулам (53) – (57)

$$\tau_{\max} = \frac{1050}{\sqrt[5]{d_{\Pi}}};$$

$$\tau_{\max} = \frac{1050}{\sqrt[5]{2}} = 914,078 \text{ МПа;}$$

$$C = \frac{D_{\Pi} - d_{\Pi}}{d_{\Pi}};$$

$$C = \frac{32,56 - 2}{2} = 15,28;$$

$$K_{\Pi} = \frac{4C - 1}{4C - 4} + \frac{0,615}{C};$$

$$K_{\Pi} = \frac{4 \cdot 15,28 - 1}{4 \cdot 15,28 - 4} + \frac{0,615}{15,28} = 1,093;$$

$$t_{\text{св}} = \frac{(D_{\Pi} - d_{\Pi})^2 \tau_{\max}}{24976 K_{\Pi} d_{\Pi}} + d_{\Pi};$$

$$t_{\text{св}} = \frac{(32,56 - 2)^2 \cdot 914,078}{24976 \cdot 1,093 \cdot 2} + 2 = 17,636 \approx 17,5 \text{ мм};$$

$$h = 0,6 \sqrt[3]{D};$$

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[3]{42} = 2,086 \approx 2 \text{ мм}.$$

5. Определяем ширину канавки под сухари $l_{\text{с1}}$, ход пружины при запирании замка $l_{\text{с.п.}}$, толщину сухарей $l_{\text{с}}$ при $M = 3,2$ (коэффициент, определен технологичностью прорезки канавки шириной $l_{\text{с1}}$ по формулам (58) – (60)

$$l_{\text{с1}} = MD^{0,4};$$

$$l_{\text{с1}} = 3,2 \cdot 42^{0,4} = 14,27 \approx 14 \text{ мм};$$

$$l_{\text{с.п.}} = 0,68l_{\text{с1}};$$

$$l_{\text{с.п.}} = 0,68 \cdot 14 = 9,52 \approx 9 \text{ мм};$$

$$l_{\text{с}} = 0,75l_{\text{с1}};$$

$$l_{\text{с}} = 0,75 \cdot 14 = 10,5 \approx 10 \text{ мм}.$$

6. Определяем число рабочих витков пружины по формуле (61) и округляем с точностью до 0,25 до меньшего значения

$$n = \frac{0,5l_{\text{min}} - l_{\text{с.п.}} - d_{\text{п}}}{1,2d_{\text{п}}};$$

$$n = \frac{0,5 \cdot 33 - 9 - 2}{1,2 \cdot 2} = 2,29 \approx 2,25.$$

7. Вычисляем силу сжатия $P_{\text{сж}}$ пружины до соприкосновения витков по формуле (63)

$$P_{\text{сж}} = \frac{9810d_{\text{п}}^4}{(D_{\text{п}} - d_{\text{п}})^3} (t_{\text{св}} - d_{\text{п}});$$

$$P_{\text{сж}} = \frac{9810 \cdot 2^4}{(32,56 - 2)^3} \cdot (17,5 - 2) = 85,24 \text{ Н}.$$

Так как $P_{\text{сж}} < 3,43D$ ($85,24 < 144,06$), то диаметр проволоки принимаем по ряду значений большим и повторяем счет с п. 3, пока $P_{\text{сж}}$ не станет больше $3,43D$.

Для $d_{\text{п}} = 2,2$ мм выполняем предыдущие расчеты по формулам (51) – (63).

Находим наружный диаметр пружины

$$D_{\text{п}} = 1,02 \cdot 28 + 2 \cdot 2,2 = 32,96 \text{ мм.}$$

Проверяем выполнение условия $D + 2d_{\text{п}} + d_{\text{вн}} > 2D_{\text{п}}$

$$42 + 2 \cdot 2,2 + 28 > 2 \cdot 32,96;$$

$$74,4 > 65,12.$$

Условие выполняется, следовательно, пружина при смещении в сторону не заденет обрабатываемую поверхность заготовки.

Определяем τ_{max} , C , $K_{\text{п}}$, шаг пружины в свободном состоянии $t_{\text{св}}$ и зазор между сухарями h

$$\tau_{\text{max}} = \frac{1050}{\sqrt[5]{2,2}} = 896,7 \text{ МПа};$$

$$C = \frac{32,96 - 2,2}{2,2} = 13,98;$$

$$K_{\text{п}} = \frac{4 \cdot 13,98 - 1}{4 \cdot 13,98 - 4} + \frac{0,615}{13,98} = 1,102;$$

$$t_{\text{св}} = \frac{(32,96 - 2,2)^2 \cdot 896,7}{24976 \cdot 1,102 \cdot 2,2} + 2,2 = 16,2 \approx 16 \text{ мм};$$

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[3]{42} = 2,086 \approx 2 \text{ мм.}$$

Ширина канавки под сухари $l_{\text{с1}}$, ход пружины при запираании замка $l_{\text{с.п.}}$, толщину сухарей $l_{\text{с}}$ при $M = 3,2$

$$l_{\text{с1}} = 3,2 \cdot 42^{0,4} = 14,27 \approx 14 \text{ мм};$$

$$l_{\text{с.п.}} = 0,68 \cdot 14 = 9,52 \approx 9 \text{ мм};$$

$$l_{\text{с}} = 0,75 \cdot 14 = 10,5 \approx 10 \text{ мм};$$

Определяем число рабочих витков пружины

$$n = \frac{0,5 \cdot 33 - 9 - 2,2}{1,2 \cdot 2,2} = 2.$$

Вычисляем силу сжатия $P_{\text{сж}}$ пружины до соприкосновения витков

$$P_{\text{сж}} = \frac{9810 \cdot 2,2^4}{(32,96 - 2,2)^3} \cdot (16 - 2,2) = 108,96 \text{ Н.}$$

Так как $P_{сж} < 3,43D$ ($108,96 < 144,06$), то диаметр проволоки принимаем по ряду значений большим и повторяем счет с п. 3, пока $P_{сж}$ не станет больше $3,43 D$.

Для $d_{п} = 2,5$ мм вновь выполняем предыдущие расчеты по формулам (51) – (63).

Находим наружный диаметр пружины

$$D_{п} = 1,02 \cdot 28 + 2 \cdot 2,5 = 33,56 \text{ мм.}$$

Проверяем выполнение условия $D + 2d_{п} + d_{вн} > 2D_{п}$

$$42 + 2 \cdot 2,5 + 28 > 2 \cdot 33,56;$$

$$75 > 65,12.$$

Условие выполняется, следовательно, пружина при смещении в сторону не заденет обрабатываемую поверхность заготовки.

Определяем $\tau_{\max}$, C , $K_{п}$, шаг пружины в свободном состоянии $t_{св}$ и зазор между сухарями h

$$\tau_{\max} = \frac{1050}{\sqrt[5]{2,5}} = 874,27 \text{ МПа;}$$

$$C = \frac{33,56 - 2,5}{2,5} = 12,424;$$

$$K_{п} = \frac{4 \cdot 12,424 - 1}{4 \cdot 12,424 - 4} + \frac{0,615}{12,424} = 1,115;$$

$$t_{св} = \frac{(33,56 - 2,5)^2 \cdot 874,27}{24976 \cdot 1,115 \cdot 2,5} + 2,5 = 14,6 \approx 14,5 \text{ мм;}$$

$$h = 0,6 \cdot \sqrt[3]{42} = 2,086 \approx 2 \text{ мм.}$$

Ширина канавки под сухари $l_{с1}$, ход пружины при запираании замка $l_{с.п.}$, толщину сухарей l_c при $M = 3,2$

$$l_{с1} = 3,2 \cdot 42^{0,4} = 14,27 \approx 14 \text{ мм;}$$

$$l_{с.п.} = 0,68 \cdot 14 = 9,52 \approx 9 \text{ мм;}$$

$$l_c = 0,75 \cdot 14 = 10,5 \approx 10 \text{ мм.}$$

Определяем число рабочих витков пружины

$$n = \frac{0,5 \cdot 33 - 9 - 2,5}{1,2 \cdot 2,5} = 1,66 \approx 2.$$

Вычисляем силу сжатия $P_{\text{сж}}$ пружины до соприкосновения витков

$$P_{\text{сж}} = \frac{9810 \cdot 2,5^4}{(33,56 - 2,5)^3} \cdot (14,5 - 2,5) = 153,464 \text{ Н.}$$

Так как $P_{\text{сж}} > 3,43D$ ($153,464 > 144,06$), то диаметр проволоки принимаем по ряду значений $d_{\text{п}} = 2,5$ мм.

8. Определяем длину пружины в свободном $l_{\text{св}}$ и рабочем $l_{\text{п}}$ состояниях, силу сжатия ее до рабочего состояния и при закрытии замка (P_1 и P_2) по формулам (64) – (67)

$$l_{\text{св}} = t_{\text{св}}n + d_{\text{п}};$$

$$l_{\text{св}} = 14,5 \cdot 2 + 2,5 = 31,5 \text{ мм};$$

$$l_{\text{п}} = d_{\text{п}}(1,2n + 1) + l_{\text{сп}};$$

$$l_{\text{п}} = 2,5(1,2 \cdot 2 + 1) + 9 = 17,5 \approx 18 \text{ мм};$$

$$P_1 = \frac{9810d_{\text{п}}^4}{(D_{\text{п}} - d_{\text{п}})^3} \frac{l_{\text{св}} - l_{\text{п}}}{n};$$

$$P_1 = \frac{9810 \cdot 2,5^4}{(33,56 - 2,5)^3} \cdot \frac{31,5 - 18}{2} = 12,789 \cdot 6,75 = 86,33 \text{ Н};$$

$$P_2 = \frac{9810d_{\text{п}}^4}{(D_{\text{п}} - d_{\text{п}})^3} \frac{l_{\text{св}} - l_{\text{п}} + l_{\text{с.п.}}}{n};$$

$$P_2 = \frac{9810 \cdot 2,5^4}{(33,56 - 2,5)^3} \cdot \frac{31,5 - 18 + 9}{2} = 12,789 \cdot 11,25 = 143,88 \text{ Н.}$$

Проверяем условия:

$$P_1 \geq D, \text{ т. е. } 86,33 \geq 42;$$

$$P_2 \geq 3D, \text{ т. е. } 143,88 \geq 126.$$

9. Вычисляем размеры фасок и радиусы закруглений f , длину проволоки пружины $L_{\text{п}}$, диаметры шейки замка и сухарей $d_{\text{с}}$, наружный диаметр сухарей и втулки $D_{\text{с}}$, число полных витков пружины n_1 , длину втулки $l_{\text{вт}}$, длину элементов крепления с выглаживающими зубьями $L_{\text{к}}$ по формулам (69) – (75). Для стали 45 $[\sigma]_{\text{к}} = 981$ МПа.

$$L_{\Pi} = \pi(D_{\Pi} - d_{\Pi})(n + 1,5);$$

$$L_{\Pi} = 3,14(33,56 - 2,5)(2 + 1,5) = 341,35 \text{ мм} \approx 341 \text{ мм};$$

$$f = 0,02D = 0,02 \cdot 42 = 0,84 \approx 0,9 \text{ мм};$$

$$d_c = 2 \left(\frac{h}{\pi} - f \right) + 2 \sqrt{\left(f + \frac{h}{\pi} \right)^2 + \frac{d_{\text{BH}}^2}{4} - d_{\text{BH}} \left(f + \frac{h}{\pi} \right) - \frac{P_{\text{B}}}{\pi[\sigma]_{\text{K}}}};$$

$$d_c = 2 \left(\frac{2}{3,14} - 0,9 \right) + 2 \sqrt{\left(0,9 + \frac{2}{3,14} \right)^2 + \frac{28^2}{4} - 28 \left(0,9 + \frac{2}{3,14} \right) - \frac{27530}{3,14 \cdot 981}} =$$

$$= 24,634 \approx 25 \text{ мм};$$

$$D_c = 2d_{\text{BH}} - d_c;$$

$$D_c = 2 \cdot 28 - 24,634 = 31,666 \approx 32 \text{ мм};$$

$$n_1 = n + 1,5 = 2 + 1,5 = 3,5;$$

$$l_{\text{BT}} = 0,4D + l_{\text{c1}} - l_{\text{c}} + l_{\text{с.п.}};$$

$$l_{\text{BT}} = 0,4 \cdot 42 + 14 - 10 + 9 = 29,8 \text{ мм} \approx 30 \text{ мм};$$

$$L_{\text{K}} = l_{\Pi} + L_{\text{B}} + l_{\text{BT}} + l_{\text{с.п.}} + l_{\text{c}} + l_{\text{c1}} + 2;$$

$$L_{\text{K}} = 18 + 30 + 30 + 9 + 10 + 14 + 2 = 113 \text{ мм}.$$

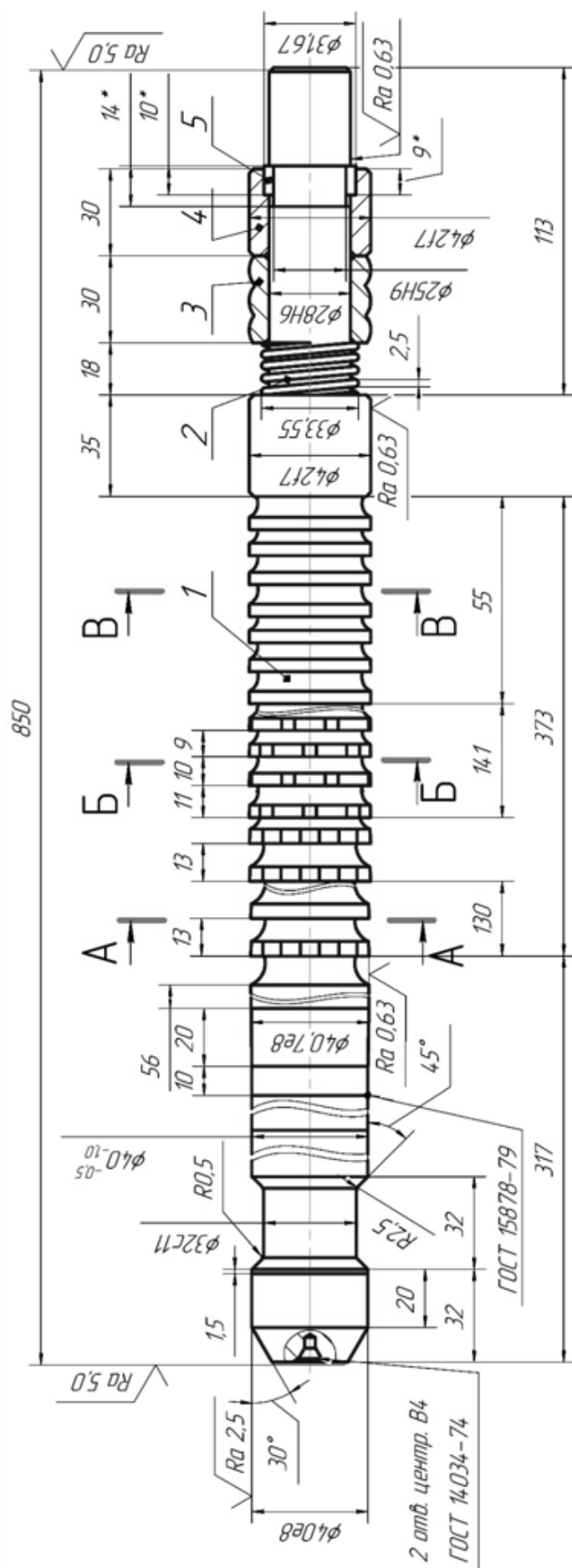
Принимаем $L_{\text{K}} = 114 \text{ мм}$ кратным 2 по условию (49) если $10 \text{ мм} < d_{\text{вн}} \leq 40 \text{ мм}$).

10. Определяем запас прочности шейки диаметром d_{c} на разрыв по формуле (76), приняв для стали 45 $[\sigma]_p = 343 \text{ МПа}$.

$$m = \frac{\pi d_{\text{c}}^2 [\sigma]_p}{6,8 P_{\text{B}}} = \frac{3,14 \cdot 25^2 \cdot 343}{6,8 \cdot 27530} = 3,5.$$

Пример оформления чертежа протяжки представлен на рис. 3.

№ зуба	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27-33	Выпускающий ДПОК			35	36	37	$\sqrt{Ra\ 6,3\ \sqrt{1}}$
Диаметр зубов, мм	40,9	40,87	41	41,07	41,3	41,27	41,5	41,47	41,7	41,67	41,787	41,787	41,787	41,847	41,847	41,887	41,927	41,947	41,967	41,977	41,987	0,007						41987	ДПОК			42,025	42,065	42,09
Допуск, мм	0,016			0,010			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			
Угол α	3			0,010			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			0,007			
Вид зуба	Черновые			Переходные			Чистовые			1			Калибрующие																					



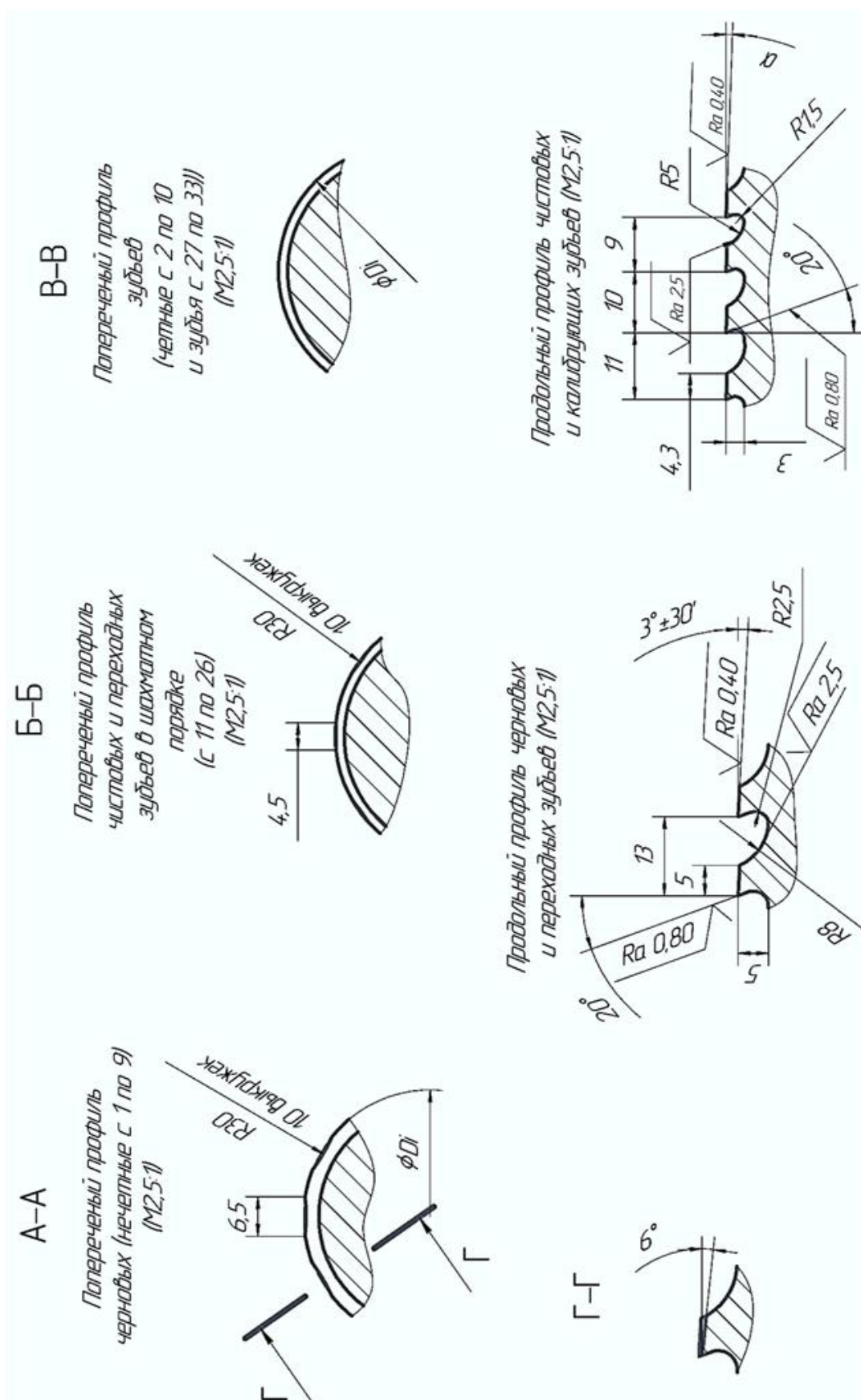


Рис. 3. Пример выполнения чертежа протяжки

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Режущий инструмент: учебник для вузов / под ред. С.В. Кирсанова. – М.: Машиностроение, 2014. – 512 с.
2. Протяжной инструмент / под ред. Д. К. Маргулиса. – 2-е изд., перераб. и доп. – Челябинск: Металлургия, Челябинское отделение, 1992. – 336 с.
3. Баранчиков, В.И. Справочник конструктора – инструментальщика / В.И. Баранчиков, Г.В. Боровских, В.А. Гречишников. – М.: Машиностроение, 2006. – 542 с.
4. Проектирование режущего инструмента: учебное пособие / В.А. Гречишников, Н.А. Чемборисов, А.Г. Схиртладзе и др. – Старый Оскол: ТНТ, 2012. – 264 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 8

Группы обрабатываемости материалов в зависимости от марки и твердости

Сталь		Твердость <i>HV</i> при группе обрабатываемости				
Группа	Марка	I	II	III	IV	V
Автоматная конструкционная Углеродистая конструкционная карбонистая	A12, A20, A30	≤ 229	–	–	–	–
	10*, 15*, 20*25*	≤ 229	–	–	–	–
	30, 35, 40, 50, 60,	≤ 255	255...285	285...321	321...364	–
	70, 80	≤ 229	229...255	255...285	285...321	321...364
Легированная конструкционная хромистая	15X*, 15XA*, 20X*, 30X*	≤ 255	255...302	–	–	–
	35X*, 30XPA*, 38XA*	≤ 229	229...269	269...302	302...340	340...364
	40X*, 45X*, 50X*					
	15Г*, 20Г*, 25Г*, 30Г*, 33Г	≤ 241	241...269	269...302	–	–
марганцовистая	40Г, 45Г, 35Г2, 45Г2, 50Г2	≤ 229	229...255	255...285	285...321	321...364
	60Г, 65Г, 70Г		≤ 241	241...269	269...321	321...340
	18ХГ*, 20ХГР*	≤ 229	229...269	269...321	321...340	340...364
	18ХГТ	≤ 255	255...302	302...321	–	–
хромокремнистая	30ХГТ, 35ХГФ, 40ХГТР	≤ 229	229...269	269...302	302...321	321...340
	33ХС, 38ХС, 40ХС	–	≤ 229	229...269	269...302	302...340
	15ХМ	≤ 229	229...269	269...302	302...340	–
	30ХМА, 35ХМ	–	≤ 229	229...269	269...321	321...340
хромованадиевая	15ХФ	≤ 229	229...269	269...302	302...321	321...364
	40ХФА	–	≤ 255	255...285	285...321	321...340
	12ХН2*, 12ХН3А*, 12ХН4А*	≤ 241	241...269	269...302	302...321	321...364
	20ХН*, 20ХНР*, 20ХН3А*					
хромоникелевая и хромоникелевая с бором	20ХН2Н4А*, 30ХН3А*, 40ХН					
	45ХН, 50ХН					
	20ХГСА, 25ХГСЛ, 30ХГС					
	35ХГСА	–	≤ 229	229...269	269...321	321...340

Сталь		Твердость <i>HV</i> при группе обрабатываемости				
Группа	Марка	I	II	III	IV	V
хромомарганцово-никелевая и хромомарганцово-никелевая с бором и титаном хромоникельмолибденовая хромоникельванадиевая хромоалюминиевая и хромоалюминиевая с молибденом Шарикоподшипниковая Быстрорежущая	20XГНР*	≤ 241	241...269	269...302	302...321	321...364
	38XГН	≤ 229	229...255	255...285	285...302	302...321
	15XГН2ТА*	≤ 229	229...269	269...302	302...321	—
	25X2Н14МА, 18X2Н4МА*	—	≤ 229	≤ 255	255...285	285...321
	40X2Н2ИА, 38X2Н2МА	—	—	229...269	269...302	302...340
	14X2Н3МА*, 20XН2М	—	—	≤ 255	255...269	269...321
	40XН2МА	—	—	≤ 269	269...321	321...340
	20XН4ФА	—	—	≤ 255	255...285	285...321
	38X2Ю, 38X2МЮА	—	—	≤ 269	269...302	302...340
	ШХ15	—	—	—	≤ 229	—
Чугун, бронза, алюминиевые сплавы, медь		—	—	—	—	207...255
Чугун, бронза, алюминиевые сплавы, медь		Твердость <i>HV</i> при группе обрабатываемости				
Группа	Марка	VI	VII	VIII	IX	X
Чугун серый	СЧ10, СЧ15, СЧ18, СЧ20 СЧ21, СЧ24, СЧ25, СЧ30 СЧ35, СЧ40	≤ 197	197...285	—	—	—
Чугун ковкий (ферритный)	КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10 КЧ 37-12	≤ 163	—	—	—	—
Чугун ковкий	КЧ 40-3, КЧ 45-6, КЧ 50-4	≤ 241	—	—	—	—
Чугун ковкий	КЧ 56-4	—	≤ 269	—	—	—
Чугун антифрикционный ковкий	АЧК-1, АЧК-2	187...229	—	—	—	—
Чугун антифрикционный серый	АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3	160...241	—	—	—	—

Окончание табл. 8

Чугун, бронза, алюминиевые сплавы, медь		Твердость <i>HV</i> при группе обрабатываемости			
Группа	Марка	VI	VII	VIII	IX
Бронза безоловянистая	БрА5, БрА7, БрАЖ9-4, БрАЖН10-4-4, БрАЖМц10-3-1,5, БрАМц9-2, БрКМц3-1, БрКН1-3	–	–	65...140	140...200
Бронза оловянистая	БрОЦС 5-5-5, БрОЦС 3-12-5, БрОЦСН 3-7-5-1, БрОЦС6-6-3, БрОЦС 4-4-17, БрОЦС 3,5-6-5, БрОЦС 4-4-4-2,5 БрОФ 6,5-0,15, БрОФ 4-0,25, БрОФ 6,5-1,5			≤ 70	
				≤ 130	130...200
					≤ 165
Латуни	ЛЦ40С, ЛЦСд, ЛЦ40Мц1,5 ЛЦ40Мц3Ж, ЛЦ38Мц2С2, ЛЦ30А3, ЛЦ25С2, ЛЦ23А6Ж3Мц2, ЛЦ16К3, Л63, ЛС59-1, ЛМц58-2, ЛАЖ60-1-1, ЛС62-1				
Алюминиевые сплавы	АЛ1, АЛ2, АЛ3, АЛ4, АЛ5, АЛ6, АЛ7, АЛ8, АЛ9, АЛ10, АЛ19, АЛ20, АЛ21, Д1, Д6, Д16, В95, АВ, АК2, АК4, АК6, АК8, АД, АД1, АМг2, Амц, АМг3 М1, М2, М3				50...100
Медь					70...80
* Детали из этих сталей с содержанием углерода до 0,25 % в любом состоянии и с содержанием углерода более 0,25 % в отожженном состоянии имеют большую шероховатость поверхности.					

Таблица 9

Группа качества протягиваемых поверхностей

1. Цилиндрические отверстия, наружные поверхности и пазы простых профилей						
Группа качества	Технические требования					
	Параметр шероховатости поверхности, мкм			Квалитет		
1	$R_a \leq 1,25$			Все, начиная с 5-го		
2	$R_a \leq 2,5$			7, 8		
3	$R_z \leq 20$			9, 10		
4	$R_z \leq 40$			11 и более		
2. Шлицевые и сложнофасонные отверстия, пазы и наружные поверхности сложных профилей						
Группа качества	Технологические требования					
	Параметр шероховатости		Квалитет или степень точности			
	центрирующих поверхностей шлицевых отверстий	боковых поверхностей шлицев	центрирующих поверхностей шлицевых отверстий	Боковых поверхностей шлицев		
				прямобочных	эвольвентных	треугольных
1	$R_a \leq 1,25$	$R_a \leq 2,5$	Не лимитируется			
2	$R_a \leq 2,5$	$R_z \leq 20$	7	9	9H	7
3	$R_z \leq 20$	$R_z \leq 40$	8	10	10H	9
Примечание. Группа качества протягиваемой поверхности определяется одним из более жестких требований (к шероховатости поверхности или квалитету).						

Таблица 10

Материал режущей части

Группа обрабатываемости	Производство	
	массовое, крупносерийное, среднесерийное	мелкосерийное, единичное
I–III, VI, VIII–X	P6M5, P12Ф3	ХВГ
IV, V, VII и труднообрабатываемые стали и сплавы	P18, P15Ф5М, P9K10, P6M5K5, P6ФК8M5	P18, P6M5, P12Ф3

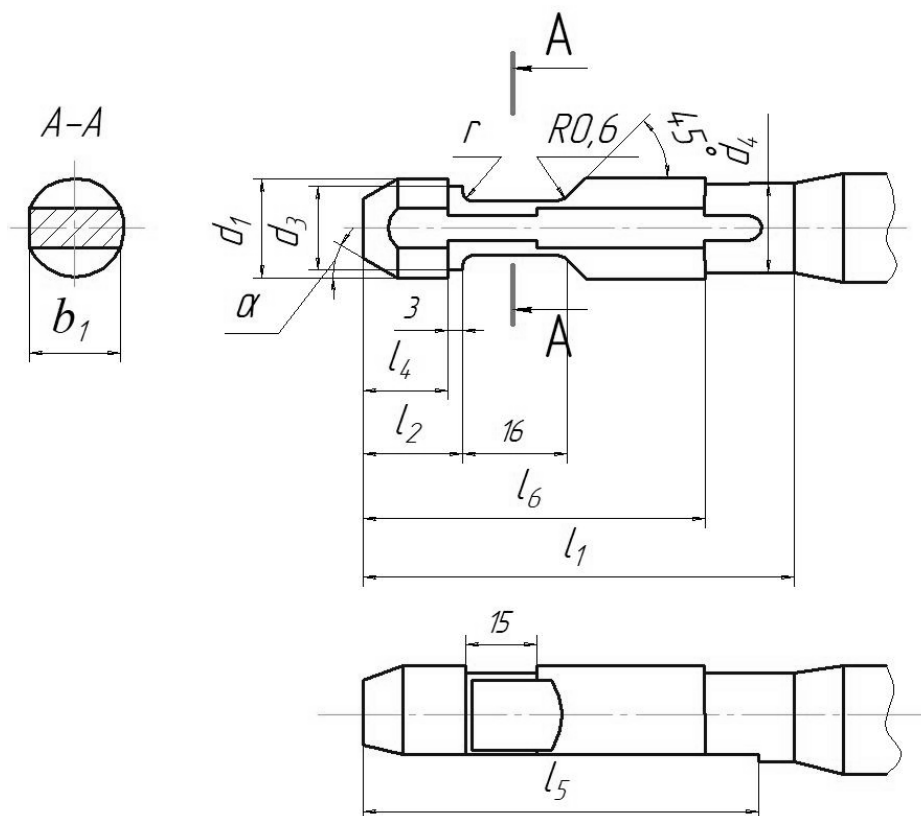


Рис. 4. Хвостовик круглый для протяжек.
Тип1, исполнение 1(ГОСТ 4044-70)

Таблица 11

Размеры круглых хвостовиков для протяжек
Тип 1, исполнение 1 (рис. 4)

d_1^{*1}	d_3	d_4^{*2}	a^{*3}	b_1^{*4}	l_2	l_4	l_5	l_6	$\alpha, ^\circ$	r	Площадь сечения A-A, мм ²
4,0	3,8	4,0	2,0	3,7							6,6
5,0	4,8	5,0	3,0	4,6							13,2
5,5	5,3	5,5	3,3	5,1	16	—	90	80	—	0,2	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					10		61,5
12,0	11,7	12,0	8,0	11,5							85,2
14,0	13,7	14,0	8,0	13,5	20	12	110		10	0,3	96,1
16,0	15,7	16,0	10,0	15,5					0		145,0
18,0	17,7	18,0	12,0	17,0					20		193,0

*¹ Предельное отклонение по e8.
*² Предельное отклонение от –5 до –1,0 мм.
*³ Предельное отклонение по c11.
*⁴ Предельное отклонение по d9

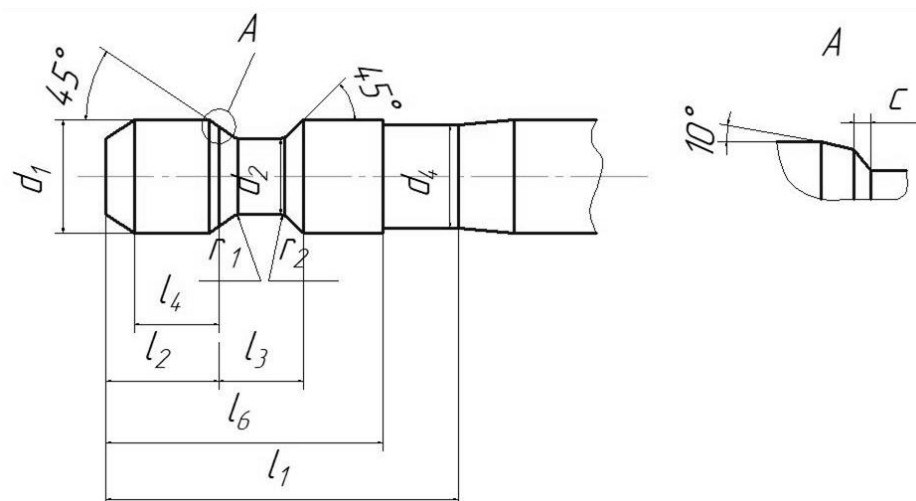


Рис. 5. Хвостовик круглый для протяжек.
Тип 2, исполнение 1 (ГОСТ 4044–70)

Таблица 12

Размеры круглых хвостовиков для протяжек. Тип 2, исполнение 1 (рис. 5)

d_1^{*1}	d_2^{*2}	d_4^{*3}	l_2	l_3	l_4	l_6	r_1	r_2	c	$\alpha, ^\circ$	Площадь сечения по размеру d_2 , мм ²
12	8,0	12	20	20	12	100	0,2	0,6	0,5	10	50,3
14	9,5	14					20			70,9	
16	11,0	16								95,0	
18	13,0	18								132,7	
20	15,0	20	25	25	16	120	0,3	1,0	1,0	30	176,7
22	17,0	22									227,0
25	19,0	25									233,5
28	22,0	28									380,1
32	25,0	32	32	32	20	140	0,4	1,6	1,5	30	490,9
36	28,0	36				160					615,7
40	32,0	40									804,2
45	34,0	45									907,9
50	38,0	50	40	40	25	190	0,6	4,0	2,0	30	1134,1
56	42,0	56									1385,4
63	48,0	63									1809,6
70	53,0	70									2206,4
80	60,0	80	50	50	32	220	0,8	6,0	2,0	30	2827,4
90	70,0	90									3848,4
100	75,0	100									4417,9

*¹ Предельное отклонение по e8.

*² Предельное отклонение по c11.

*³ Предельное отклонение от −0.5 до −1.0 мм.

*¹ Предельное отклонение по e8.

*² Предельное отклонение по c11.

*³ Предельное отклонение от –0,5 до –1,0 мм.

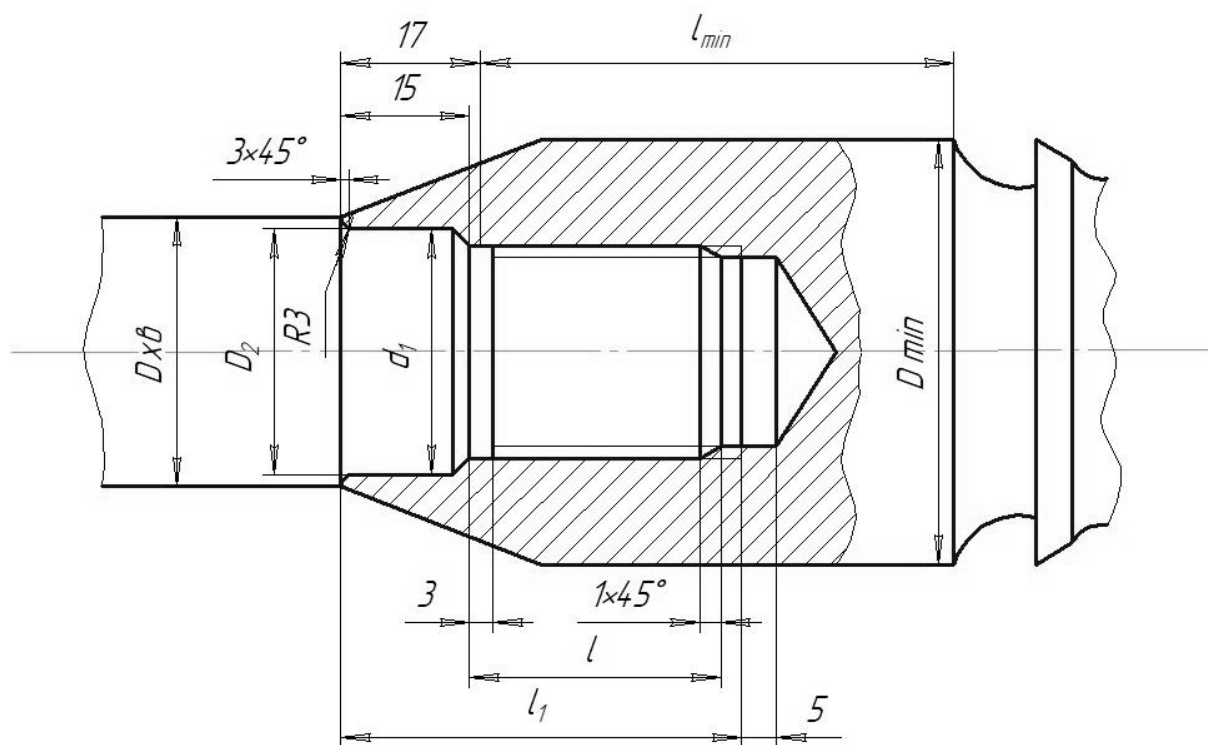


Рис. 6. Хвостовик резьбовой для протяжек

Таблица 13

Размеры хвостовиков резьбовых для протяжек (рис. 6)

Обозначение резьбы	l	d_1	l_1	D_2	Направляющая протяжки		$D_{\text{хв}}$	Сила резания, допустимая прочно- стью хвостовика по сечению резьбы при $\sigma_p=290$ МПа для стали 45Х
					D_{min}	l_{min}		
M27×2	30	30	50	35	45	55	36	137 340
M30×2	30	35	50	39	50	60	40	173 637
M33×2	30	35	50	39	55	60	40	213 368
M39×2	40	45	60	49	65	75	50	306 072
M45×2	45	50	65	62	75	80	63	414 963
M48×2	50	50	70	62	80	90	63	476 276
M56×2	60	60	80	69	95	95	70	658 742

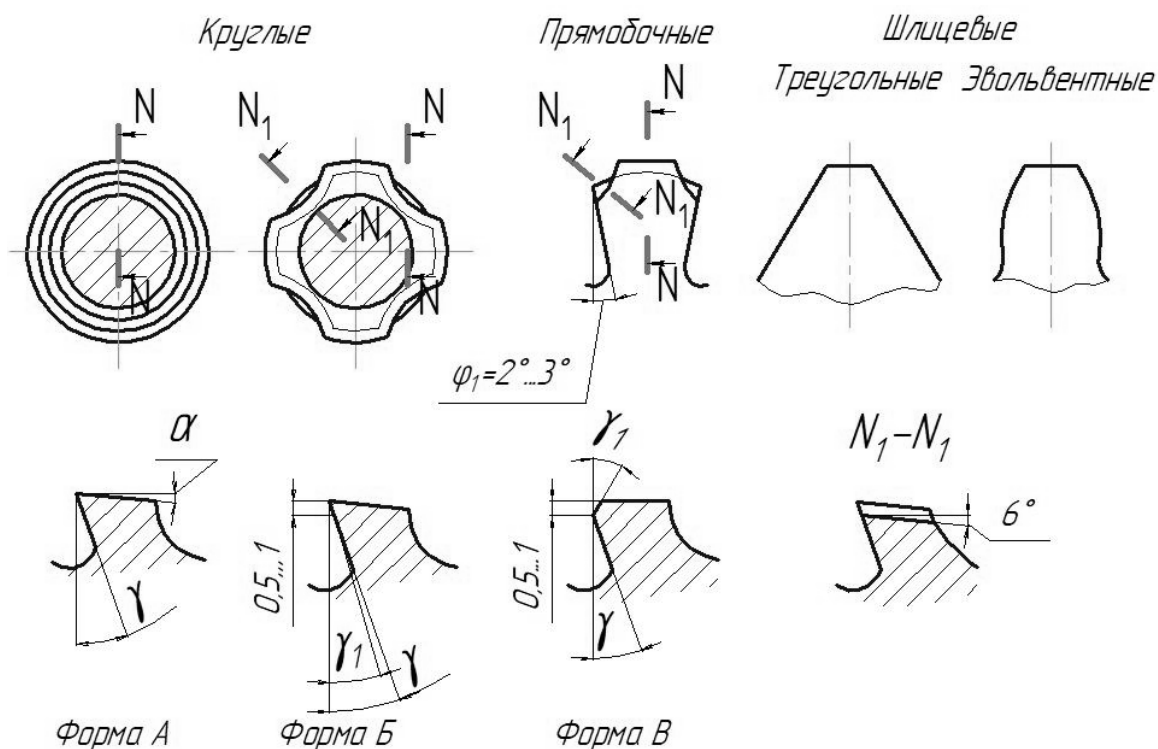


Рис. 7. Геометрические параметры режущей части протяжек

Таблица 14

Геометрические параметры режущей части протяжек (рис. 7)

Условия протягивания	Группа заточки зубьев	Зубья				
		Черновые и переходные		Чистовые и калиб- рующие		
		форма	$\gamma, ^\circ$	форма	$\gamma, ^\circ$	$\gamma_1, ^\circ$
Сталь I группы обрабаты- ваемости и материалы X группы обрабатываемости	I	А	20*	А	20*	—
Стали II и III групп обра- батываемости	II		15*		18*	
Стали IV и V групп обра- батываемости	III		10	Б	10	
Чугун ковкий VI и VII групп обрабатываемости	IV		10		10	0...5
Чугун серый VI и VII групп обрабатываемости, бронза, латунь VIII и IX групп обрабатываемости	V		10	В	10	-5...0
Зубья	Черновые и переходные	Чистовые		Калибрую- щие		
Задний угол $\alpha, ^\circ$	3	2		1		

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

Таблица 15

Скорость резания протяжками из стали Р6М5

Протяжки	Тип производ-ства	Группа ка-чества про-тягиваемой поверхно-сти	Скорость резания (м/мин) для обрабатывания материала										
			Сталь					Чугун, бронза					Алюминий
			Группа обрабатываемости										
			I	II	III	IV	V	VI, VIII, IX	VII	X			
Круглые, шпоноч-ные, наружные и па-зовые простого про-филя	Массовое, крупносерий-ное, средне-серийное	1	8	6	5	3	9	6	4				
		2	9	8	6	4	12	6	6				
		3	12	9	8	4	15	9	9				
		15	13	12	–	–	15	13	12				
Шлицевые, сложно-фасонные внутрен-ние и наружные и пазовые сложного профиля	Мелкосерийное и единичное	1, 2, 3, 4	8	6	3		9	6	4				
		1	5	4	3	2	5	4	6				
		2	6	5	4	2	7	5	4				
		9	8	7	5	3	9	6	5				
	Мелкосерийное и единичное	1, 2, 3	5	4	2		5	4	3				
		1,6	1	1,8	2,0	0,7							

Примечание: 1. Поправочный коэффициент на скорость резания в зависимости от марки инструментальной стали:
Марка инструментальной стали R18, R12Ф5M R6M5, R12Ф3 R9K10 R6M5K5, R6Ф2K8M5 XBG
Коэффициент 1,6 1 1,8 2,0 0,7

2. Смазывающе-охлаждающие жидкости принимают по табл. 27 приложения.

3. При протягивании сталей повышенной вязкости, отмеченных звездочкой в табл. 8 приложения, в случаях появле-
ния рванин скорость резания следует снижать на 20...25 %.

4. При работе протяжками диаметром более 100 мм скорости резания могут быть снижены на 30 %.

5. Рекомендуемые в табл. 15 приложения скорости резания могут быть повышены при условии обеспечения требо-
ваний к качеству протянутой поверхности.

Таблица 16

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Стали I группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарработка чистовой части, м	Нарработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону														
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
1,5	167	462	427	402	383	354	333	317	304	286	265	246	212	188	169	155
2	143	381	352	332	316	292	275	262	251	236	218	203	175	155	140	128
3	115	290	268	253	241	223	210	200	191	180	166	155	133	118	106	97
4	99	239	221	208	198	184	173	165	158	148	137	128	110	97	88	80
5	87	206	191	180	171	162	149	142	136	128	118	110	95	84	76	69
6	79	182	169	159	151	140	132	125	120	113	105	97	84	74	67	61
7	73	164	152	143	136	126	119	113	108	102	94	88	76	67	60	55
8	66	150	139	131	125	115	109	103	99	93	86	80	69	61	55	50
9	64	139	129	121	115	107	100	93	92	86	80	74	64	57	51	47
10	60	129	120	113	107	99	94	89	85	80	74	69	60	53	48	43
11	57	121	112	106	101	93	88	84	80	75	70	65	56	49	45	41
12	54	115	106	100	95	88	83	79	75	71	66	61	53	47	42	39
13	52	109	101	95	90	83	78	75	71	67	62	58	50	44	40	37
14	50	103	96	90	86	79	75	71	68	64	59	55	47	42	38	35
15	48	99	91	86	82	76	72	68	65	61	57	53	45	40	36	33

Таблица 17

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Стали II группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость ре- зания, м/мин	Нарработка чистой части, м	Нарработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону														
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
1,5	138	310	287	270	257	238	224	214	205	195	180	168	145	128	116	106
2	118	256	237	223	212	196	185	176	169	161	149	139	119	105	95	87
3	95	195	180	170	162	150	141	134	129	122	113	106	91	80	73	66
4	81	161	149	140	133	124	116	111	106	101	93	87	75	66	60	55
5	72	138	128	121	115	106	100	95	91	87	80	75	65	57	52	47
6	65	123	115	107	102	94	89	84	81	77	71	66	57	51	46	42
7	60	111	104	96	92	85	80	76	73	70	64	60	52	46	41	38
8	56	101	94	88	84	78	73	70	67	64	59	55	47	42	38	34
9	52	93	87	81	77	72	68	64	62	59	54	51	44	39	35	32
10	49	87	81	76	72	67	73	60	58	55	50	47	41	36	32	30
11	47	82	76	71	68	63	59	56	54	51	47	44	38	34	30	28
12	45	77	71	67	64	59	56	53	51	48	45	42	36	32	28	26
13	43	373	67	64	61	56	53	50	48	46	43	40	34	30	27	25
14	41	69	64	61	58	53	50	48	46	44	41	38	32	28	26	24
15	39	66	61	58	55	51	48	46	41	42	39	36	31	27	25	23

Таблица 18

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Стали III группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарработка чистовой час-	Нарработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону										
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20
1,5	113	226	209	197	187	173	163	155	149	138	127	119
2	97	186	172	162	154	143	135	128	123	114	105	98
3	78	142	131	124	118	109	103	98	94	87	80	75
4	67	117	108	102	97	90	85	81	77	71	66	62
5	59	101	93	88	84	77	73	69	67	62	57	53
6	54	89	83	78	74	68	65	61	59	54	50	47
7	49	80	74	70	67	62	58	55	53	49	45	42
8	46	74	68	64	61	56	53	51	49	45	41	39
9	43	68	63	59	56	52	49	47	45	42	38	36
10	41	63	59	55	52	49	46	44	42	39	36	33
11	39	59	55	52	49	46	43	41	39	36	34	31
12	37	56	52	49	46	43	41	39	37	34	32	29

Таблица 19

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Стали IV группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарработка чистовой части, м	Нарработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону							
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,15
0,7	152	268	242	223	209	189	174	163	151
1	120	202	183	169	158	143	132	123	114
1,5	91	147	133	123	115	104	96	90	83
2	75	117	106	98	92	83	76	72	66
2,5	66	99	89	82	77	69	64	60	56
3	57	85	77	71	67	60	56	52	48
3,5	52	76	68	63	59	53	49	46	42
4	47	68	61	57	53	48	44	42	38
4,5	44	62	56	52	49	44	40	38	35
5	41	57	52	48	45	40	37	35	32
5,5	38	53	48	44	41	37	34	32	30
6	36	50	44	41	38	35	32	30	28

Таблица 20

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5.
Стали V группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарботка чистой части, м	Нарботка черновой части (м)									
		при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону									
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15
0,7	74	100	91	84	78	74	71	68	65	61	62
1	59	76	68	63	59	56	53	51	49	46	39
1,5	45	55	50	46	43	41	39	37	36	34	29
2	37	44	40	37	34	32	31	30	29	27	23
2,5	32	37	33	31	29	27	26	25	24	23	19
3	28	32	29	27	25	24	23	22	21	20	17
3,5	25	28	28	24	22	21	20	19	18	17	15
4	23	26	23	21	20	19	18	17	17	15	13
4,5	22	23	21	19	18	17	16	16	16	14	12
5	20	21	19	18	17	16	15	14	14	13	11
5,5	19	20	18	17	16	15	14	13	13	12	10
6	18	18	17	15	14	14	13	12	12	11	9
7	16	16	15	14	13	12	12	11	11	10	8
8	15	15	13	12	12	11	10	10	10	9	8

Таблица 21

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5.
Чугуны VI группы обрабатываемости

Скорость резания, м/мин	Нарботка чистой части, м	Нарботка черновой части (м)														
		при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону														
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4
2	101	339	317	301	289	270	257	247	238	228	216	205	185	170	158	148
3	132	265	248	235	226	211	201	192	186	178	168	160	144	132	123	116
4	115	222	208	198	189	177	168	161	156	149	141	135	121	111	104	97
5	103	194	181	172	165	155	147	141	136	130	123	117	106	97	90	85
6	94	174	162	154	148	138	131	126	122	117	110	105	95	87	81	76
7	87	158	148	140	135	126	120	115	111	106	100	96	86	79	73	69
8	82	146	136	129	124	116	110	106	102	98	93	88	79	73	68	64
9	77	136	127	120	115	108	103	98	95	91	86	82	74	68	63	59
10	73	127	119	113	108	101	97	92	89	85	81	77	69	64	59	56
11	70	120	112	106	102	95	91	87	84	80	76	73	65	60	56	52
12	67	114	106	101	97	91	86	83	80	76	72	69	62	57	53	50
13	64	108	101	96	92	86	82	79	76	73	69	66	59	54	50	47
14	62	103	97	92	88	83	78	75	73	70	60	63	56	52	48	45
15	60	99	93	86	85	79	75	72	70	67	63	60	54	50	46	43

Таблица 22

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Цугуны VII группы обрабатываемости

Скорость резания, м/мин	Нарботка чистовой части, м	Нарботка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону													0,35	0,40
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30		
2	99	195	183	174	166	156	148	142	137	134	126	120	108	99	82	87
3	81	158	143	136	130	122	116	111	107	104	99	94	84	77	72	68
4	71	128	120	114	109	102	97	92	90	87	83	79	71	65	60	57
5	63	112	105	99	95	89	85	81	78	76	72	69	62	57	53	50
6	58	100	93	89	85	80	76	73	70	68	65	61	55	51	47	44
7	54	91	85	81	78	73	69	66	64	62	59	56	50	46	43	40
8	50	84	78	75	71	67	64	61	59	57	54	52	46	43	40	37
9	47	78	73	69	66	62	59	57	55	53	50	48	43	40	37	35
10	45	73	68	65	62	58	55	53	51	50	47	45	40	37	35	32
11	43	69	64	61	59	55	52	50	48	47	44	42	38	35	33	31
12	41	65	61	58	56	52	49	47	46	45	42	40	36	33	31	29
13	39	62	58	55	53	50	47	45	44	43	40	38	34	31	29	27
14	38	59	56	53	51	48	45	43	42	41	38	36	33	30	28	26
15	37	57	54	51	49	46	43	41	40	39	37	35	32	29	27	25

Таблица 23

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Бронзы VIII группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Наработка чистой- вой части, м	Наработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону														
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
2	510	1033	967	919	881	825	783	751	725	687	650	618	557	511	475	446
3	418	807	755	717	688	644	612	586	566	536	507	483	435	399	371	349
4	363	677	634	602	577	540	513	492	475	450	426	405	365	335	311	292
5	326	591	553	525	504	472	448	430	415	393	372	354	318	292	272	255
6	298	529	495	470	451	422	401	384	371	351	332	316	285	262	243	228
7	276	481	450	428	410	384	365	350	338	320	303	288	259	238	221	192
8	259	444	415	394	378	354	336	322	311	295	279	266	239	219	204	192
9	244	413	386	367	352	329	313	300	290	274	260	247	222	204	190	178
10	232	387	362	344	330	309	294	281	272	257	244	232	209	192	178	167
11	221	365	342	325	311	292	277	265	256	243	230	219	197	181	168	158
12	212	346	324	308	295	276	263	252	243	230	218	207	187	171	159	150
13	204	330	309	293	281	263	250	240	231	219	207	197	178	163	152	142
14	197	315	295	280	269	252	239	229	221	210	198	189	170	156	145	136
15	190	302	283	269	258	241	229	220	212	201	190	181	163	150	139	131

Таблица 24

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18, Р6М5 между отказами.
Бронзы IX группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарработка чистой-вой части, м	Нарработка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону														
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
2	261	497	465	442	424	397	377	361	349	332	314	299	269	247	230	216
3	214	288	363	345	331	310	294	282	273	259	245	233	210	193	179	168
4	186	326	305	290	278	260	247	236	229	217	206	196	176	162	150	141
5	167	284	266	253	242	227	217	207	200	190	180	171	154	141	131	123
6	152	254	238	226	217	203	193	185	179	170	161	153	138	126	118	110
7	141	232	217	206	197	185	176	168	162	155	146	139	125	115	107	100
8	132	213	200	190	182	170	162	155	150	142	135	128	115	106	99	93
9	125	199	186	177	169	158	151	144	139	133	125	119	108	99	92	86
10	118	186	174	166	159	149	141	135	131	124	118	112	101	93	86	81
11	113	176	164	156	150	140	133	128	123	117	111	106	95	87	81	76
12	108	167	156	148	142	133	126	121	117	111	105	100	90	83	77	72
13	104	159	149	141	135	127	120	115	111	106	100	95	86	79	73	69
14	100	152	142	135	129	121	115	100	106	101	96	91	82	75	70	66
15	97	145	136	129	124	116	110	106	102	97	92	87	79	72	67	63

Средняя наработка протяжек из сталей Р9, Р18 и Р5М6.
Алюминиевые сплавы Х группы обрабатываемости. Работа с охлаждением

Скорость резания, м/мин	Нарботка числовой части, м	Нарботка черновой части (м) при подаче черновых зубьев S_{zc} , мм/зуб на сторону										
		0,03	0,04	0,05	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,15	0,16	0,20
1,5	294	626	594	570	551	523	503	486	473	461	452	443
	257	508	482	463	448	425	408	394	384	375	366	359
2	234	438	415	399	386	366	352	340	331	323	315	310
2,5	217	389	370	356	344	326	314	303	295	283	282	278
3	204	355	336	324	313	297	285	276	268	262	256	252
3,5	194	328	311	300	289	274	264	255	248	242	237	232
4	185	306	291	279	270	257	246	238	231	226	221	217
4,5	178	288	274	263	254	242	232	224	218	213	208	204
5	172	274	259	249	241	228	219	212	206	201	197	193
5,5	167	260	247	237	229	217	209	202	196	192	188	184
6	162	249	236	226	219	208	200	193	188	183	179	176
7	154	228	218	209	202	192	184	178	173	169	166	163
8	147	214	203	195	189	179	172	167	162	158	155	152
9	141	202	191	184	178	169	162	157	152	149	146	143
10	137	191	181	174	168	160	154	148	144	141	138	136

Таблица 26

Рекомендуемые подачи черновых зубьев S_{zo} , мм/зуб, на сторону

Скорость резания v , м/мин	Группа обрабатываемости													
	I		II		III		VI		VII, VIII		IX		X	
	Группа качества протягиваемой поверхности													
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
До 3	0,18	0,23	0,14	0,18	0,12	0,15	0,16	0,20	0,14	0,18	0,12	0,16	0,15	0,20
> 3 > 6	0,14	0,19	0,12	0,15	0,10	0,12	0,13	0,17	0,11	0,15	0,10	0,13	0,12	0,17
> 6 > 10	0,12	0,15	0,10	0,12	0,08	0,10	0,10	0,14	0,09	0,12	0,08	0,10	0,10	0,14
> 10 > 15	0,10	0,12	0,08	0,10	0,06	0,08	0,08	0,12	0,07	0,10	0,06	0,08	0,08	0,12
Примечания: 1. При протягивании заготовок из сталей IV, V группы обрабатываемости подачи назначают по табл. 19 и 20. 2. При протягивании деталей с поверхностями 3-й и 4-й групп качества подачи назначают по табл. 16 – 25.														

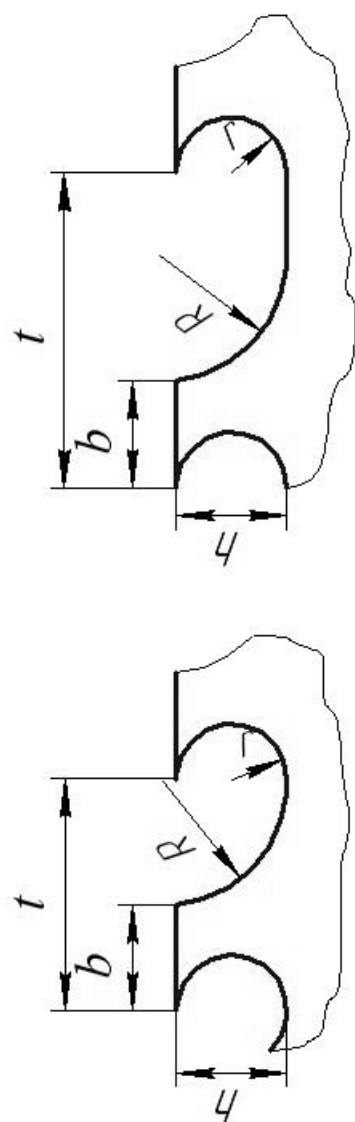
Таблица 27

Поправочные коэффициенты на наработку протяжек
для различных условий работы

В зависимости от вида и группы качества протягиваемых поверхностей					
Перетачивание протяжек по поверхности	Протягиваемые поверхности	$K_{гв}$ при группе качества протягиваемой поверхности			
		1	2	3	4
Передней	Отверстия цилиндрические, многогранные; пазы и наружные поверхности сложного профиля	0,7	1,0	1,5	2,0
	Отверстия шлицевые и фасонные	0,5	0,8	1,2	–

В зависимости от вида и группы качества протягиваемых поверхностей							
Перетачивание протяжек по поверхности	Протягиваемые поверхности			K _{Лв} при группе качества протягиваемой поверхности			
				1	2	3	4
Задней	Пазы простого профиля			0,5	0,6	1,0	1,4
	Наружные* простого профиля			0,5	1,0	1,6	2,3
* На операциях с требуемой шероховатостью поверхности с параметром R _z > 80 мкм (или для черновых секций сборных протяжек первого технологического перехода) K _{Лв} = 3,0.							
В зависимости от схемы резания							
Схема резания	Переменного резания и трапецеидальная	Одинарная (протяжка с узкими канавками)	Шахматно-шлицевая				
K _{Лр}	1,0	0,5	0,7				
В зависимости от вида заготовки и подготовки поверхности под протягивание							
Заготовка	K _{Лз} при поверхности						
	обработанной	необработанной		нетравленной			
		травленной					
Прокат, штамповка, поковка Отливка стальная чугунная из цветных металлов	1,0	1,0	0,8		– – – –		
	0,9	0,7					
	1,0	0,7					
	1,0	–					
В зависимости от материала протяжки							
Материал протяжки	P12Ф5М	P6М5, P12Ф3	P9К10	P6М5К5, P6Ф2К8М5		ХВГ	
K _{Лм}	1,1	1,0	1,3	1,5		0,5	

В зависимости от доводки зубьев протяжки									
Зубья		Доведенные				Недоведенные			
K _{Тд}		1,0				0,75			
В зависимости от вида смазочно-охлаждающей жидкости									
Обрабатываемый материал		K _{Т0} для смазочно-охлаждающей жидкости							
		A	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Стали	Конструкционные углеродистые	1,0	1,3	0,8	0,8	0,8	1,0	–	1,0
	Конструкционные легированные	1,0	1,3	0,8	0,8	–	1,0	0,9	1,0
Чугуны	Серые, ковкие	–	–	–	–	–	1,0	0,9	1,0
	Антифрикционные	–	–	–	–	–	–	–	1,0
Бронзы, латуни		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	–	1,2
Алюминиевые сплавы		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	–	–	–
Примечания: 1. При обработке алюминиевых сплавов без охлаждения K _{Т0} =0,8. 2. Условные обозначения: А – 3–10 %-ная эмульсия из эмульсола «Укринол-1»; Б – 5 %-ная эмульсия из эмульсола СДМУ-2; В – 5 %-ная эмульсия из эмульсола Э-2 (ЭТ-2, ЭГТ); Г – 10 %-ная эмульсия из эмульсола Э2; Д – 5–7 %-ная эмульсия из эмульсола Т; Е – масло ОСМ-3; Ж – масло индустриальное И-12А, ГИ-20А; З – сульфобфрезол. 3. Серые и ковкие чугуны, бронзы, латуни и алюминиевые сплавы допускаются обрабатывать без охлаждения.									
В зависимости от формы шлицевого паза									
Шлицевой паз		Прямобочный		Эвольвентный		Треугольный			
K _{Тф}		1,0		1,2		0,8			



Профиль с удлиненной
стружечной канавкой – У

Рис. 8. Продольный профиль черновых и переходных зубьев протяжки

Таблица 28

Размеры профиля зубьев по приложению 2 к ГОСТ 20365–74

Размеры, мм					№ про- филя	$F_{акт},$ мм ²	Размеры, мм					$F_{акт},$ мм ²	№ про- филя
t	h	r	b	R			t	h	r	b	R		
4,0	1,6	0,8	1,5	2,5	1	1,77	5,0	1,6	0,8	2,2	2,5	1,77	1У
	1,8	0,9	1,2	2,8	2	2,54		1,8	0,9	2,2	2,8	2,54	2
4,5	2,0	1,0	1,5	3,0	3	3,14	5,5	2,0	1,0	2,0	3,0	3,14	3
				2,5	1	1,77					2,5	1,77	1У
				2,8	2	2,54					2,8	2,54	2
				3,0	3	3,14					3,0	3,14	3

Продолжение табл. 28

Размеры, мм					№ про- филя	$F_{\text{акт}}^2$ мм ²	Размеры, мм					$F_{\text{акт}}^2$ мм ²	№ про- филя
t	h	r	b	R			t	h	r	b	R		
6,0	1,8	0,9	2,7	2,8	2У	2,54	12	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6	7
	2,0	1,0	3,0	3,0	3	3,14		4,5	2,3	5,0	7,0	15,9	8
	2,5	1,3	2,0	4,0	4	4,00		5,0	2,5	4,0	8,0	19,6	9
7,0	2,0	1,0	3,5	3,0	3У	3,14	13	4,0	2,0	5,5	6,0	12,6	7У
	2,5	1,3	3,0	4,0	4	4,90		4,5	2,3	6,0	7,0	15,9	8
	3,0	1,5	2,3	5,0	5	7,10		5,0	2,5	5,0	8,0	19,6	9
8	2,5	1,3	4,0	4,0	4	4,9	14	4,5	2,3	6,0	7	15,9	8У
	3,0	1,5	3,3	5,0	5	7,1		5,0	2,5	6,0	8	19,6	9
	3,6	1,8	2,5	5,5	6	9,6		6,0	3,0	4,5	10	28,3	10
9	2,5	1,3	4,0	4,0	4У	4,9	15	4,5	2,3	6,0	7	15,9	8У
	3,0	1,5	4,3	5,0	5	7,1		5,0	2,3	7,0	8	19,6	9
	3,6	1,8	3,5	5,5	6	9,6		6,0	3,0	5,5	10	28,3	10
10	3,0	1,5	4,3	5,0	5У	7,1	16	5,0	2,5	7,0	8	19,6	9У
	3,6	1,8	4,5	5,5	6	9,6		6,0	3,0	6,5	10	28,3	10
	4,0	2,0	3,5	6,0	7	12,6		7,0	3,5	5,0	11	28,3	11
11	3,6	1,8	4,5	5,5	6У	9,6	17	5,0	2,5	7,0	8	19,6	9У
	4,0	2,0	4,5	6,0	7	12,6		6,0	3,0	7,5	10	28,3	10
	4,5	2,3	4,0	7,0	8	15,9		7,0	3,5	6,0	11	38,5	11

Размеры, мм				№ про- филя	$F_{\text{акт}}$, мм	Размеры, мм					$F_{\text{акт}}$, мм	№ про- филя
t	h	r	b			t	h	r	b	R		
18	6,0	3,0	8,5	10	28,3	25	8	4,0	10,0	12	50,3	12У
	7,0	3,5	7,0	11	38,5		9	4,5	10,0	14	63,6	13У
	8,0	4,0	6,0	12	50,3		10	5,0	9,5	16	78,5	14
19	6,0	3,0	8,5	10	28,3	26	8	4,0	10,5	12	50,3	12У
	7,0	3,5	8,0	11	38,5		9	4,5	10,0	14	63,6	13У
	8,0	4,0	7,0	12	50,3		10	5,0	10,5	16	78,5	14
20	7,0	3,5	9,0	11	38,5	28	9	4,5	10,0	14	63,6	13У
	8,0	4,0	8,0	12	50,3		10	5,0	10,5	16	78,5	14У
	9,0	4,5	6,0	14	63,3		12	6,0	9,5	20	113,1	15
21	7,0	3,5	9,0	11	38,5	30	9	4,5	12,0	14	63,6	13У
	8,0	4,0	9,0	12	50,3		10	5,0	12,0	16	78,5	14У
	9,0	4,5	7,0	14	63,6		12	6,0	11,5	20	113,1	15
22	7	3,5	9,0	11	38,5	32	9	4,5	12,0	14	63,6	13У
	8	4,0	9,0	12	50,3		10	5,0	12,0	16	78,5	14У
	9	4,5	8,0	14	63,6		12	6,0	12,0	20	113,1	15У
24	8	4,0	9,0	12	50,3		9	4,5	12,0	14	63,6	13У
	9	4,5	10,0	14	63,6		10	5,0	12,0	16	78,5	14У
	10	5,0	8,5	16	78,5		12	6,0	12,0	20	113,1	15У

Примечания: 1. Удлиненные профили У выполняют тем же резцом при его продольном перемещении.
2. Удлиненные профили У могут выполняться и с шагами, отличающимися от указанных в таблице.
3. Шаги чистовых и калибрующих зубьев (t_1 , t_2 , t_3) неравномерные и устанавливаются в соответствии с табл. 33 и рис. 10.

Таблица 29

Осевая сила резания q_o , Н, приходящаяся на 1 мм длины режущей кромки при протягивании конструкционных углеродистых и легированных сталей в нормализованном, отожженном и горячекатаном состоянии.

Подача на зуб S_z , мм	Передний угол γ , °					Подача на зуб S_z , мм	Передний угол γ , °				
	5	10	15	20	25		5	10	15	20	25
0,01	78	48	37	30	26	0,19	492	419	385	362	342
0,015	91	60	47	39	34	0,20	513	433	404	380	364
0,02	100	70	56	48	43	0,21	533	462	423	398	381
0,025	113	80	66	57	51	0,22	558	483	443	416	398
0,03	124	91	76	67	60	0,23	578	504	462	434	416
0,035	136	101	85	75	69	0,24	602	525	481	453	433
0,04	148	112	95	84	77	0,25	626	541	501	471	451
0,045	160	122	105	93	86	0,26	645	562	520	494	468
0,05	171	132	114	103	95	0,27	669	583	539	512	491
0,06	195	153	134	121	112	0,28	693	604	559	531	508
0,07	218	174	153	139	130	0,29	711	624	579	549	526
0,08	241	195	172	157	146	0,30	735	645	597	567	544
0,09	264	216	191	176	165	0,31	752	666	617	586	561
0,10	289	236	212	194	181	0,32	776	687	628	604	579
0,11	311	258	230	212	200	0,33	800	708	655	623	596
0,12	334	277	249	232	217	0,34	823	722	675	641	614
0,13	358	298	269	250	237	0,35	840	743	694	659	631
0,14	380	320	288	268	253	0,36	863	763	713	678	649
0,15	403	338	312	286	271	0,37	887	784	733	696	667
0,16	425	360	327	304	291	0,38	910	805	752	714	684
0,17	446	381	346	325	308	0,39	933	825	771	733	702
0,18	468	402	365	343	325	0,40	957	846	791	751	719

Таблица 30

**Поправочные коэффициенты на осевую силу резания
для различных условий работы**

<i>В зависимости от состояния и твердости обрабатываемого материала</i>			
Обрабатываемые материалы		Твер- дость <i>HV</i>	Коэффи- циент K_{PM}
Стали I–V групп обраба- тываемости	После закалки и отпуска	< 285 285...336 336...375	1,2 1,3 1,4
	В отожженном, нормализованном и горячекатаном состоянии	130...321	1,0
Инструментальные, легированные и быстрорежущие стали		204...229	1,4
Чугуны серые, ковкие, антифрикционные VI и VII групп обрабатываемости		< 229 ≥ 229	0,5 0,7
Бронзы, латуни VIII и IX групп обрабатываемости		≤ 110	0,4
Алюминиевые сплавы X группы обрабатываемости		≤ 110	0,4
<i>В зависимости от вида смазывающе-охлаждающей жидкости</i>			
Материал протягиваемой заготовки		СОЖ	K_{PO}
Сталь		Б А, Е, Ж, З В, Г, Д	0,8 1,0 1,1
Чугун		Без охлаждения Е, Ж, З	1,0 0,8
<i>В зависимости от группы качества протягиваемой поверхности</i>			
Группы качества	1,2	3	4
K_{PK}	1,0	1,1	1,2
<i>В зависимости от способа разделения стружки</i>			
Способ разделения стружки		Коэффициент K_{PR}	
Выкружками		1,0	
Узкими канавками		1,2	
Без разделения		1,3	

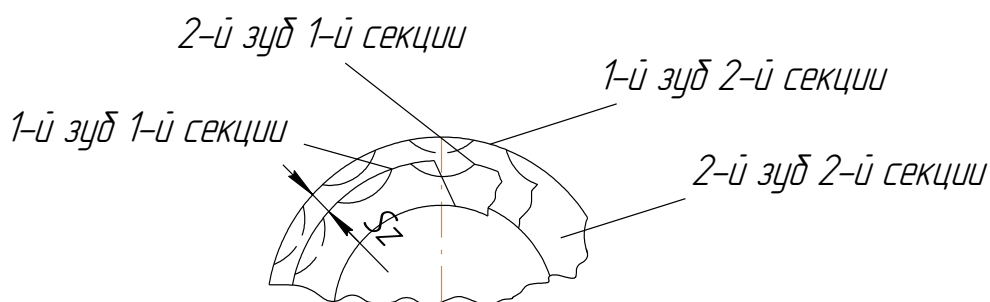


Рис. 9. Подъем чистовых зубьев на секцию из двух зубьев

Таблица 31

Подъемы чистовых зубьев, припуск,
число чистовых и калибрующих зубьев

Группа качества	Число секций из двух зубьев при подаче $S_{zч}$			Общее число чистовых зубьев $Z_{ч}$	Припуск на чистовую часть на диаметр $A_{ч}$, мм	Число калибрующих зубьев $Z_{к}$
	0,02	0,01	0,005			
1	2	2	2	12	0,14	7
2	1	2	2	10	0,10	6
3	1	2	—	6	0,08	5
4	1	1	—	4	0,06	4
Примечание. Секция состоит из двух зубьев, имеющих одинаковые диаметры.						

Таблица 32

Подъемы на переходных группах, припуск на диаметр
на переходную часть и число переходных зубьев круглых протяжек

Подъем на черновых зубьях на сторону S_{zo} мм	Число зубьев в группе на черновой части	Подъем S_{zn} на сторону (мм) на переходную группу				Припуск на переходные зубья на диаметр $A_{п}$, мм	Число переходных зубьев $Z_{п}$
		первую	вторую	третью	четвертую		
До 0,03	2–3	—	—	—	—	—	—
	4–5	—	—	—	—	—	—
0,04...0,06	2–3	0,02	—	—	—	0,04	2
	4–5	—	—	—	—	—	—
0,07...0,10	2–3	0,04	0,03	—	—	0,14	4
	4–5	0,02	—	—	—	0,04	2
0,11...0,15	2–3	0,05	0,03	—	—	0,16	4
	4–5	0,03	—	—	—	0,06	2

Подъем на черновых зубьях на сторону S_{zo} мм	Число зубьев в группе на черновой части	Подъем S_{zn} на сторону (мм) на переходную группу				Припуск на переходные зубья на диаметр $A_{п}$, мм	Число переходных зубьев $Z_{п}$
		первую	вторую	третью	четвертую		
0,16...0,20	2-3	0,08	0,06	0,03	—	0,34	6
	4-5	0,05	0,03	—	—	0,16	4
0,21...0,25	2-3	0,11	0,09	0,06	0,03	0,58	8
	4-5	0,07	0,05	0,03	—	0,30	6
0,25...0,30	2-3	0,14	0,09	0,06	0,03	0,64	8
	4-5	0,09	0,06	0,03	—	0,36	6
0,30...0,40	2-3	0,17	0,12	0,06	0,03	0,76	8
	4-5	0,11	0,06	0,03	—	0,40	6

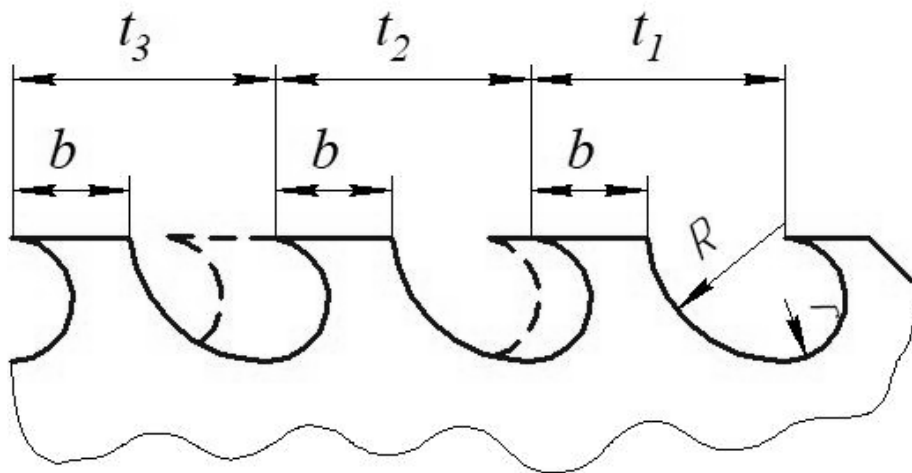


Рис. 10. Продольный профиль чистовых и калибрующих зубьев

Шаги чистовых и калибрующих зубьев, мм

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

Примечание. Размеры профиля чистовых и калибрующих зубьев h_1 , b_1 , R_1 и r_1 устанавливают для всех трех шагов одинаковыми в зависимости от шага t_1 по табл. 28.

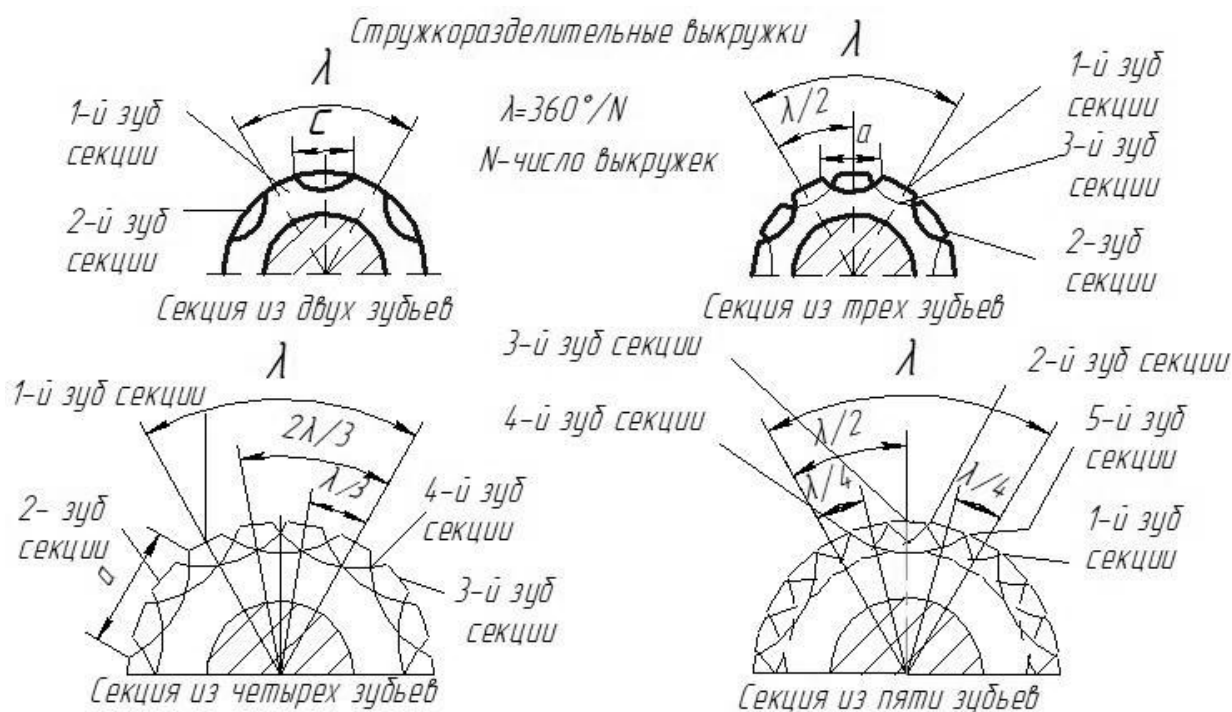


Рис. 11. Число и профиль выкружек на черновых зубьях круглых протяжек

Таблица 34

Число и размеры (мм) выкружек на черновых зубьях круглых протяжек

Диаметр зубьев, мм	$Z_c = 2$		$Z_c = 3$		$Z_c = 4$		$Z_c = 5$	
	N	a	N	a	N	a	N	a
6...7 7...8 8...9 9...10 10...11 11...12 12...13 14...15	4	2,5 3,0 3,5 4,0 4,5 5,0 5,5 6,0	—	—	—	—	—	—
15...16 16...17 17...18 18...19 19...20 20...22 22...24 24...25		4,0 4,5 5,0 5,0 5,0 5,5 6,0 6,5						
25...26 26...28 28...30 30...32 32...34 34...36 36...38 38...40		5,0 5,5 6,0 6,0 6,5 7,0 7,5 7,5						
40...42 42...45 45...48 48...50 50...52 52...55		6,5 7,0 7,5 7,5 8,0 8,5						
55...60 60...63 63...65 65...70 70...75		7,5 8,0 8,5 9,0 9,5						

Диаметр зубьев, мм	$Z_c = 2$		$Z_c = 3$		$Z_c = 4$		$Z_c = 5$	
	N	a	N	a	N	a	N	a
75...80	14	9,0	8	20,0	6	30,0	4	48
80...85		9,5		21,0		32,0		34,0
85...90		10,0		22,0		34,0		36,0
90...95		10,5		24,0		36,0		38,0
95...100		11,0		25,0		36,0		40,0
100...105	16	10,0	10	21,0	8	30,0	6	42,0
105...110		11,0		22,0		32,0		45,0
110...120		11,5		24,0		34,0		48,0
120...125		12,0		26,0		36,0		52,0
125...130		12,0		26,0		38,0		55,0
130...140		13,0		28,0		40,0		55,0

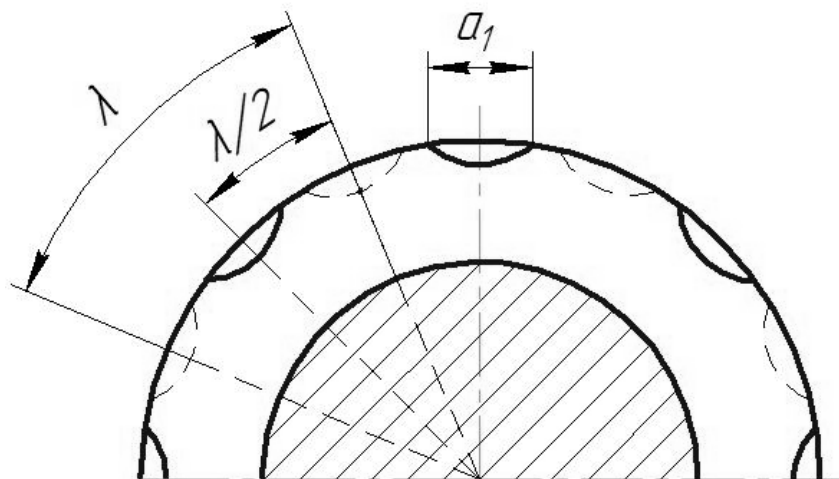


Рис. 12. Число и профиль выкружек на переходных и чистовых зубьях круглых протяжек

Таблица 35

Число и размеры выкружек на переходных и чистовых зубьях круглых протяжек

Диаметры зубьев протяжки, мм	$Z_c = 2$		Диаметры зубьев протяжки, мм	$Z_c = 2$		Диаметры зубьев протяжки, мм	$Z_c = 2$											
	N	a_1 , мм		N	a_1 , мм		N	a_1 , мм										
6...7 7...8 8...9 9...10 10...11 11...12 12...13 13...14	4	1,8 2,0 2,2 2,5 3,0 3,5 4,0 4,0	25...26 26...28 28...30 30...32 32...34 34...36 36...38	8	3,5 4,0 4,5 4,5 5,0 5,0 5,5	55...60 60...63 63...65 65...70 70...75	12	6,0 6,0 6,5 7,0 7,5										
14...15 15...16 16...17 17...18 18...19 19...20 20...22 22...24 24...25		6			4,5 3,0 3,5 3,5 3,5 3,5 4,0 4,5 5,0			38...40 40...42 42...45 45...48 48...50 50...52 52...55	10	5,5 4,5 5,0 5,5 5,5 6,0 6,5	75...80 80...85 85...90 90...95	14	7,0 7,5 8,0 8,5					
Примечания: 1. Выкружки на соседних чистовых зубьях располагаются в шахматном порядке. 2. Выкружка на первом переходном зубе располагается напротив режущего сектора последнего зуба черновой секции.																		

Таблица 36

Максимальный радиус выкружки R_B (мм, не более)
и радиус шлифовального круга R_K (мм, не более)
в зависимости от диаметра протяжки и ширины выкружки (рис. 13)

Ширина выкружки, мм	Диаметр протяжки, мм											
	До 10		10...18		18...30		30...50		50...80		80...120	
	R_K	R_B	R_K	R_B	R_K	R_B	R_K	R_B	R_K	R_B	R_K	R_B
До 3	22,5	27	22,5	27	—	—	—	—	—	—	—	—
3...4	22,5	27	22,5	27	25	30	—	—	—	—	—	—
4...6	22,5	27	22,5	27	25	30	25	30	—	—	—	—
6...8	—	—	22,5	27	25	30	25	30	25	30	—	—
8...10	—	—	—	—	25	30	25	30	25	30	—	—
10...12	—	—	—	—	—	—	30	36	30	36	—	—
12...15	—	—	—	—	—	—	30	36	35	42	40	48
15...20	—	—	—	—	—	—	30	36	35	42	45	54
Примечания: 1. В отдельных случаях допускается увеличение радиуса при условии, чтобы глубина выкружки C была не менее $3S_z$ соответствующих зубьев. 2. Выкружки шириной более 20 мм выполняют кругом диаметром 50...150 мм. 3. На чертеж протяжки наносят значение радиуса шлифовального круга R_K. 4. Радиус выкружки (мм) определяют по формуле $R_B = R_K / \cos \beta$.												

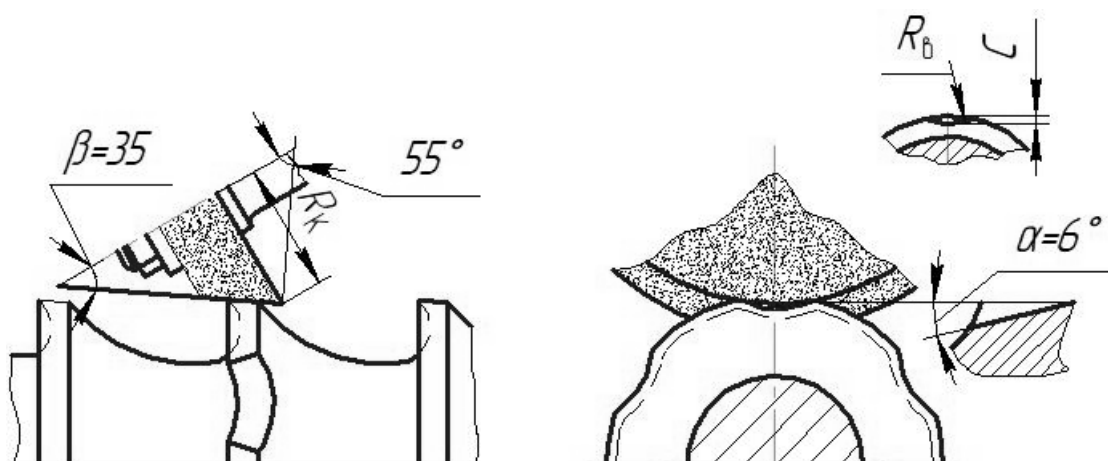


Рис. 13. Схема заточки зубьев

Таблица 37

Длина переходного конуса

Диаметр протяжки, мм	До 30	30...70	Свыше 70
Длина направляющего конуса, мм	15	20	25...30

Таблица 38

Размеры задней направляющей

Диаметр D , мм	До 13	13...23	23...30	30...35	35...45	45...55	55...60	60...70	70...90	90...100	Свыше 100
Длина $l_{з.н.}$, мм	20	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80
Фаска c , мм	0,5	1	1,6	1,6	1,6	2	2	2	2,5	2,5	3

Таблица 39

Длина задних хвостовиков

Диаметр заднего хвостовика $D_{з.хв.}$, мм	Длина заднего хвостовика $l_{з.хв.}$, мм
12...22	100
25...50	125
63...70	140

Таблица 40

Технические характеристики протяжных станков

Наименование параметра	Модель станка							
	7Б55	7А523	7А534	7А545	7А623	7А633	7А644	7Б55
Номинальная тяговая сила P , кН	100	100	250	630	100	250	630	800
Наибольшая длина рабочего хода, мм	1600	1250	1600	2000	1250	1250	1600	2000
Наибольшая длина применяемой протяжки, мм	1715	1365	1715	2170	1400	1400	1850	2240
Скорость рабочего хода, м/мин	1,5...11,5	1,5...12	1,5...13	1...7	1,5...12	1,5...13	1...6,7	1,5...9,5

Таблица 41

Предельные отклонения диаметров зубьев с подъемом на зуб
свыше 0,02 мм по диаметру

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		– 0,020		
Св. 180				

Таблица 42

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

Номинальный диаметр зубьев	Предельные отклонения диаметров зубьев протяжек для отверстий 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			

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
1. Методика расчета круглой протяжки	4
2. Проектирование и расчет выглаживающих элементов	14
3. Методика расчета выглаживающей части	16
4. Методика расчета элементов крепления выглаживающих зубьев	22
5. Технические требования.....	26
6. Пример проектирования круглой протяжки с выглаживающим блоком	
6.1. Расчет выглаживающих элементов	27
6.2. Расчет режущей части протяжки.....	30
6.3. Расчет элементов крепления выглаживающих зубьев.....	37
Библиографический СПИСОК.....	46
Приложение	47

Учебное издание

Кучина Ольга Борисовна

ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРУГОВОЙ ПРОТЯЖКИ

Учебное пособие

Под редакцией Ю.Г. Микова

Техн. редактор *А.В. Миних*

Издательский центр Южно-Уральского государственного университета

Подписано в печать 30.12.2019. Формат 60×84 1/16. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 4,88. Тираж 30 экз. Заказ 574/283.

Отпечатано в типографии Издательского центра ЮУрГУ.
454080, г. Челябинск, проспект Ленина, 76.