

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни

„Різальні інструменти”

на тему

Розрахунок комбінованої протяжки

для обробки шліцьової втулки

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проекту з дисципліни

„Різальні інструменти”

на тему

Розрахунок комбінованої протяжки

для обробки шліцьової втулки

(для студентів спеціальностей

„Металорізальні верстати та інструменти”, „Технологія машинобудування”)

РОЗГЛЯНУТО:

на засіданні кафедри

металорізальних верстатів

і інструментів

Протокол № 2 от 18.9.2008р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

на засіданні навчально-

видавничої ради ДонНТУ

Протокол № 5 від 22.10.08

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни „Різальні інструменти” Розрахунок комбінованої протяжки для обробки шліцьової втулки (для студентів кваліфікаційного напрямку 6.050503 „Машинобудування” спеціальностей „Технологія машинобудування”, та „Металорізальні верстати та системи”)/ Укл.: Кисельова І.В. – Донецьк: ДонНТУ, 2008. – 24 с.

Визначені головні вимоги до виконання курсового проекту. Надані методичні вказівки щодо розрахунків та проектування комбінованої протяжки для обробки шліцьової втулки. Приведені вимоги до оформлення пояснювальної записки та креслення.

Укладач

Кисельова І.В, доц.

Відповідальний за випуск

Гусев В.В., проф.

ЗМІСТ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	5
2 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ПРОТЯЖКИ	6
3 ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ТА МАТЕРІАЛУ ПРОТЯЖКИ	6
3.1 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції протязки	6
3.2 Вибір матеріалу протязки	7
4 ВИБІР ТИПУ ХВОСТОВИКА І ЙОГО РОЗМІРІВ	7
5 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛЮ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЦІВ ПРОТЯЖКИ	8
5.1 Вибір розмірів та профілю стружкових канавок	8
5.2 Вибір геометричних параметрів протязки	9
5.3 Визначення підйомів на зубець	10
6 ВИБІР ВЕРСТАТА	11
6.1 Розрахунок сил різання при протязуванні	11
6.2 Вибір моделі верстата	13
6.3 Визначення швидкості різання	14
6.4 Перевірка протязки на міцність	13
7 РОЗРАХУНОК КРУГЛОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ	14
7.1 Визначення величини припуску на круглі зубці	14
7.2 Розрахунок кількості зубців	15
7.3 Визначення параметрів викружок	16
7.4 Розрахунок довжини круглої частини протязки	16
8 РОЗРАХУНОК ФАСОЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ	17
8.1 Визначення припуску на фасочні зубці	17
8.2 Розрахунок кількості зубців	17
8.3 Визначення параметрів викружок	17
8.4 Розрахунок довжини фасочної частини протязки	18
9 РОЗРАХУНОК ШЛІЦЬОВОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ	18
9.1 Припуск на шліцьові зубці	18
9.2 Розрахунок кількості зубців	19
9.3 Розрахунок допуску на ширину шліців протязки	22
9.4 Параметри викружок	19
9.5 Розрахунок довжини шліцьової частини протязки	23
10 ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ ПРОТЯЖКИ	214
10.1 Визначення діаметрів зубців	214
10.2 Шийка та перехідний конус	24
10.3 Передня та задня направляючі	225
10.4 Загальна довжина протязки	226
11 ЗАГОСТРЮВАННЯ ПРОТЯЖОК	27
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	23
ДОДАТОК 1	25
ДОДАТОК 2	26

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Протягування є високопродуктивним способом механічної обробки, за допомогою якого одержують деталі з високою точністю розмірів (6-8 квалітету точності) і з малою шорсткістю ($Ra=0,25-1$ мкм). По продуктивності процес протягування в 5-10 разів перевершує розточування і розвертування. Крім того, протяжні верстати прості в кінематиці і в обслуговуванні.

Найбільш широке використання одержали протяжки для обробки шліцьових втулок, зовнішній вигляд якої приведений на рис. 1. Такі протяжки дозволяють обробити за один прохід усі поверхні шліцьової втулки (внутрішній діаметр d , фаску в основі шліца f , зовнішній діаметр D , бічні поверхні шліцьових пазів b). Для цього протяжки мають різні групи зубців: круглі – для обробки внутрішнього діаметра втулки, фасочні – для обробки фаски і шліцьові для обробки шліцьових пазів. Такі протяжки називаються **комбінованими**.

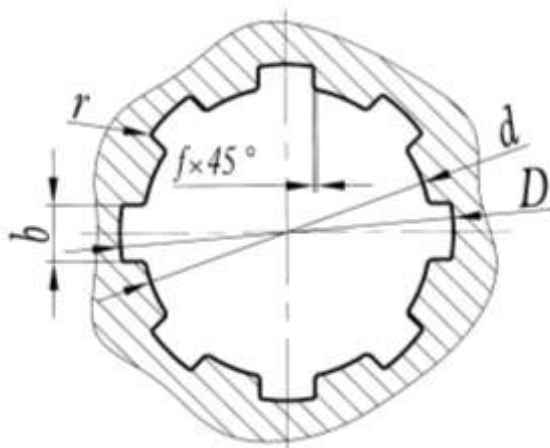


Рисунок 1 – Зовнішній вигляд оброблюваної шліцьової втулки

Кут фаски f може бути відмінний від 45° і залежить від числа шліців.

Загальний вигляд комбінованої протяжки для обробки шліцьової втулки показаний на рис.2.

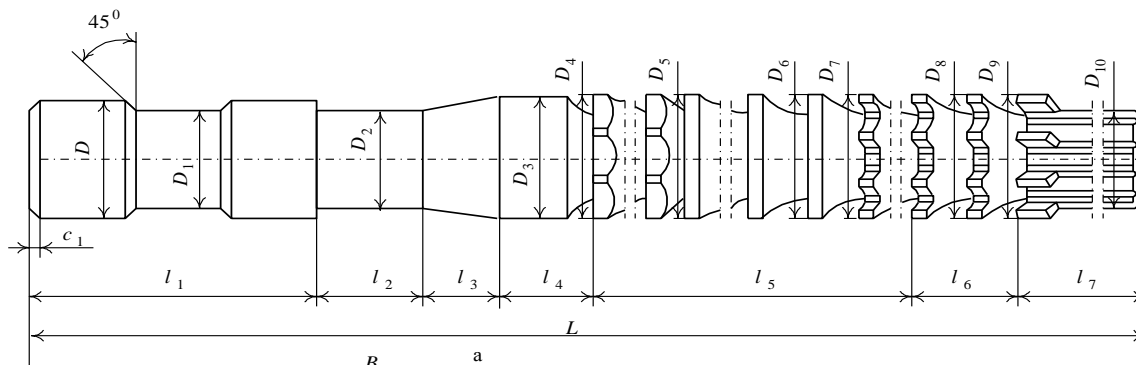


Рисунок 2 – Зовнішній вигляд шліцьової протяжки

Протяжка є багатолезовим різальним інструментом, при роботі якого в контакт з оброблюваною поверхнею деталі знаходяться одночасно велика кількість різальних кромки, які мають велику сумарну довжину. Фактично протяжка є інструментальною наладкою, яка за один прохід виконує чорнову і чистову обробку.

При центруванні шліцьового з'єднання по зовнішньому діаметрі або бічних поверхнях шліців протягуванням досить обробити тільки шліцьові пази і фаску в основі шліца. Внутрішній діаметр втулки обробляють свердлінням, зенкуванням або розточуванням у залежності від діаметра.

При центруванні шліцьової втулки на валу по внутрішньому діаметрі для забезпечення більш високої точності центрування необхідно протягувати однією протяжкою всі поверхні втулки - внутрішній діаметр, шліцьові пази і фаски.

При протягуванні верстат забезпечує лише один рух протяжки – поступове прямолінійне

переміщення вздовж її осі. Це головний рух зі швидкістю 5-15 м/хв. Руху подачі під час протягування немає, його перенесено на конструкцію протяжки. Для забезпечення цього кожен наступний зубець, або група зубців протяжки, мають діаметр більший, ніж попередній на величину S_z , яка називається підйомом на зубець або на групу зубців.

В залежності від того, дається підйом на кожен зубець або на групу зубців, протяжки бувають одинарного різання (підйом на кожен зубець) або групового різання (підйом на групу зубців). Протяжки групового різання дозволяють працювати зі значно більшими підйомами, ніж одинарні, тому вони забезпечують більшу продуктивність обробки і їм слід віддавати перевагу перед протяжками одинарного різання

2 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ПРОЕКТУВАННЯ КОМБІНОВАНОЇ ПРОТЯЖКИ

Вихідними даними для розрахунку комбінованої шліцьової протяжки групового різання є:

- матеріал оброблюваної деталі;
- зовнішній діаметр шліців D ;
- внутрішній діаметр шліців d ;
- число шліців n ;
- ширина шліців b ;
- спосіб центрування шліцьового з'єднання (по D ; d або b);
- довжина втулки, що протягається, L ;
- точність та шорсткість обробки (розміри, для яких не вказаний квалітет точності, виконуються по 11 квалітету).

Розміри шліцьової втулки та вимоги до точності її елементів обговорені в ГОСТ 1139-60 або довідковій літературі [1,2,3].

3 ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ТА МАТЕРІАЛУ ПРОТЯЖКИ

3.1 Аналіз і технічне обґрунтування прийнятої конструкції протяжки

Конструктивні особливості, сумарна довжина і технологічність виготовлення шліцьових протяжок багато в чому залежать від прийнятої послідовності зрізання припуску, тобто від комбінації зубців, що обробляють ті або інші елементи шліцьової втулки.

При обробці втулки для шліцьового з'єднання з центруванням по зовнішньому діаметрі (D) або бічним поверхням шліців (b) протяжка має тільки фасочні (Ф) і шліцьові (Ш) групи зубців. При центруванні по внутрішньому діаметрі шліців протяжка повинна містити додатково круглі (К) зубці. При цьому в залежності від черговості зрізання елементів припуску можливо наступне розташування груп зубців на протяжках (типи протяжок):

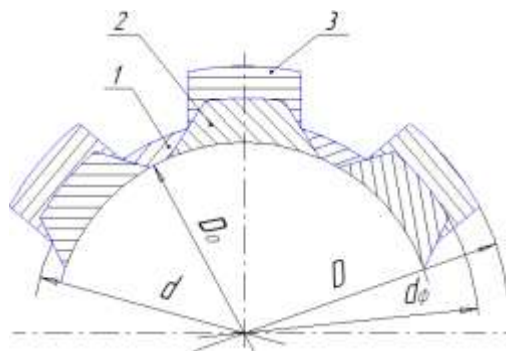


Рисунок 3 – Схема зрізання припуску комбінованою протяжкою

1 – фасочні, шліцьові, круглі відсутні (ФШ); 2 – круглі, фасочні, шліцьові (КФШ); 3 – фасочні, круглі, шліцьові (ФКШ); 4 – фасочні, шліцьові, круглі (ФШК).

Секція протяжки, що складається з фасочних зубців, зрізує припуск 2 (рис. 3) для формування фасок f у основі шліців. Секцією, що складається з круглих зубців, здійснюють зняття припуску 1 у попередньо виготовленому отворі; шліцьовими зубцями виконують обробку прямокутних шліцьових пазів (припуск 3).

Протяжки типу 1 використовують при обробці втулки для шліцьового з'єднання з центру-

ванням по зовнішньому діаметрі або бічних поверхнях шліців.

При centruванні по внутрішньому діаметрі можливе використання протяжок типу 2, 3 або 4. Однак варто мати на увазі, що для комбінованої протяжки, виготовленої по типу 4, круглі зубці виконують несекціонованими. Вони мають підйом на кожен зубець. Усі зубці мають однакову форму без викружок. Через це ці протяжки коротші за протяжок типів 2 і 3. Крім того, протяжки типу 4 більш технологічні у виготовленні, тому їм варто віддавати перевагу.

3.2 Вибір матеріалу протяжки

Матеріал різальної частини протяжки вибирається в залежності від оброблюваного матеріалу, його фізико-механічних властивостей, типу протяжки, характеру виробництва (табл. 1).

Таблиця 1 – Матеріал протяжки в залежності від матеріалу деталі

Оброблюваний матеріал	Протяжки циліндричні, плоскі, шпонкові	Протяжки шліцеві, квадратні, фасонні
Вуглецева і легована конструкційна сталь твердістю HB 240—250; кольорові метали; чавун твердістю $HB < 220$	P6M5; 9XBG; XBG; XГ	P9; 9XBG; XBG
Легована конструкційна сталь твердістю HB 240—300; твердий чавун ($HB > 220$)	P6M5; XBG	P6M5; P6M3
Леговані конструкційні сталі твердістю $HB > 300$	P9M5; P9	P9M5;
Жароміцні сталі і сплави	P9M5; P9Ф5; BK6M; BK8M	—

По конструкції протяжки бувають цільними, складеними і збірними. Протяжки, виготовлені зі сталей XГ, 9XBG, XBG, виконують цільними, незалежно від їхнього діаметра. Протяжки зі швидкорізальної сталі виготовляють цільними, якщо їхній діаметр $D \leq 15$ мм; звареними з хвостовиком зі сталі 45X, якщо $D > 15$ мм. Зварювання хвостовика з ріжучою частиною роблять по перехідній шийці (l_2 , рис. 2) на відстані 15–25 мм від початку перехідного конуса зварюванням тертям або електроконтактним зварюванням.

4 ВИБІР ТИПУ ХВОСТОВИКА І ЙОГО РОЗМІРІВ

Тип хвостовика і його розміри вибирають у залежності від виду патрона протяжного верстата, перевагу варто віддавати швидкозмінним патронам.

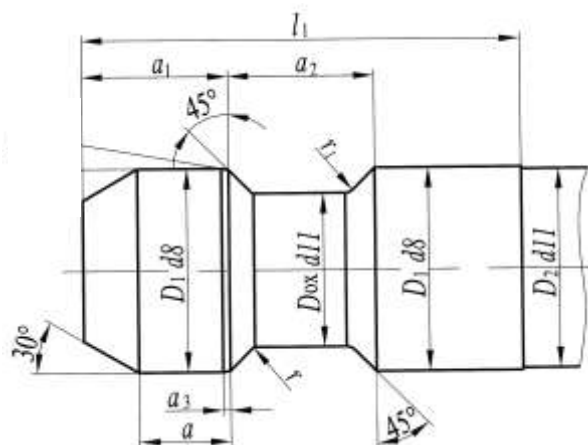


Рисунок 4 – Основні розміри хвостовика протяжки

Діаметр хвостовика повинний бути менше діаметра попередньо обробленого отвору D_0 не менш, ніж на 0,3 мм для вільного входу хвостовика у деталь. Остаточний діаметр хвостовика приймається рівним найближчому стандартному розміру. Хвостовик протяжки виконують з допуском по $e8$, $d8$ або $f8$.

Форма хвостовика під швидкозмінний патрон для внутрішньої протяжки показана на рис. 4. Основні розміри хвостовиків приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Основні розміри хвостовиків під швидкозмінні патрони

D_1	D_{ox}	a	a_1	a_2	r	r_1	a_3	$F_{ox}, \text{мм}^2*$	l_1
20	15,0	15	25	25				176,7	75
22	17,0							227,0	
25	19,0							283,5	
28	22,0							380,1	
32	25,0	20	32	32	0,4	1,6	1,0	490,9	96
36	28,0							615,7	
40	32,0				0,5	2,5	1,6	804,2	
45	34,0							907,9	
50	38,0	25	40	40	0,6	4,0	1,6	1134,1	120
56	42,0							1385,4	
63	48,0							1809,6	
70	53,0							2206,2	

* - площа поперечного перетину з діаметром D_{ox} (опасного перетину).

5 ВИЗНАЧЕННЯ ПРОФІЛЮ І ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЗУБЦІВ ПРОТЯЖКИ

5.1 Вибір розмірів та профілю стружкових канавок

У протяжок шаг чорнових і перехідних зубців на всіх частинах протяжки приймається однаковим і рівним

$$t = K\sqrt{L}, \text{ мм},$$

де L – довжина оброблюваної втулки;

$K=1,25\dots 1,5$ для одинарної схеми різання,

$K=1,8\dots 2,0$ для групової схеми різання.

Отримане значення шагу зубців t округляється до найближчого більшого стандартного, наведеного в табл. 3. По таблиці 3 визначають також форму, розміри профілю зубців і активну площу стружкової канавки. Форма профілю показана на рис. 5.

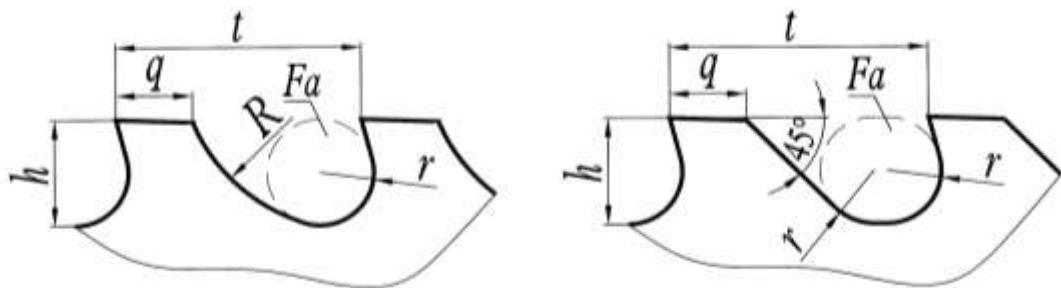


Рисунок 5 – Форма і розміри профілю зубців протяжки

Таблиця 3 – Розміри профілів зубців протяжки, мм

t	h	r	q	R	$F_a, \text{мм}^2$
10	4,5	2,25	3	7	15,9
11	4,5	2,25	4	7	15,9
12	5	2,5	4	8	19,6
13	5	2,5	4	8	19,6
14	6	3	4	10	28,3
15	6	3	5	10	28,3

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

Для забезпечення нормальної роботи протяжки без вібрацій та задовільної якості обробленої поверхні повинна виконуватись нерівність

$$2 \leq Z_{max} \leq 6...7,$$

де Z_{max} – максимальна кількість одночасно працюючих зубців;

$$Z_{одн} = \frac{L}{t} - \text{кількість одночасно працюючих зубців}$$

Ціла частина $Z_{одн}$ показує мінімальну кількість одночасно працюючих зубців Z_{min} , а величина $Z_{max} = Z_{min} + 1$ – максимальну кількість одночасно працюючих зубців. Якщо ця умова не виконується, необхідно змінити шаг зубців t .

5.2 Вибір геометричних параметрів протяжки

Величини передніх кутів зубців протяжки залежать від оброблюваного матеріалу. Передній кут γ впливає на зусилля протягування, чистоту обробленої поверхні і стійкість протяжки. Для чорнових і перехідних зубців величина переднього кута вибирається в залежності від оброблюваного матеріалу.

При невеликих подачах на зуб (до 0,02 мм) цей вплив незначний, тому що при цьому величина радіуса заокруглення різальної кромки зубця близька до товщини зрізу. Тому на чистових і калібруючих зубцях передній кут приймають рівним $(0 - 5)^\circ$, щоб підвищити їхню стійкість.

Задній кут α служить для зменшення тертя задньої поверхні зубця об оброблювану поверхню. Зі збільшенням заднього кута зменшується величина зносу по задній поверхні зубця протяжки. Однак зі збільшенням заднього кута послабляється різальна кромка і погіршується відвід тепла від зубця протяжки; це обмежує величину заднього кута. Крім того, величина заднього кута на чорнових зубцях обмежена тим, що при значних величинах задніх кутів протяжка швидко втрачає діаметральні розміри після переточування по передній поверхні.

На калібруючих зубцях, для яких важливо зберегти поперечні розміри, задній кут менше, ніж в чорнових. Крім того, для збереження розміру при переточуваннях на задніх гранях калібруючих зубців у протяжок для внутрішнього протягування шліфують циліндричні стрічечки шириною $f=0,2 - 0,6$ мм. Калібруючі зубці протяжок для циліндричних отворів допускається виготовляти без стрічечок.

Передні і задні кути зубців протяжки вибирають по табл. 4 у залежності від типу зубців і оброблюваного матеріалу.

Таблиця 4 – Геометричні параметри протяжок групового різання

Вид зубців	Передні кути γ в залежності від оброблюваного матеріалу				Задні кути α в залежності від точності обробки	
	Сталь вуглецева, легована		Чавун		7-9-й квалітети	10-й квалітет і нижче
	НВ 180-270	НВ 270-370	до НВ 180	св. НВ 180		

Чорнові, перехідні	15-18°	10-12°	8-10°	4-8°	3° – 4°	3° – 4°
Чистові	0 – 5	0 – 5	0...(-5°)*	0°*	2°	3°
Калібруючі	0 – 5	0 – 5	0...(-5°)*	0°*	1°	1°30'

Примітка У випадках, відзначених * кути $\gamma=0$ виконувати на ділянці $f=0,5-1,0$ мм.

На чистових зубцях допускається фаска на задній поверхні не більш 0,05 мм. На калібруючих зубцях фаска по задній поверхні може досягати 0,2-0,3 мм.

Для того, щоб зменшити тертя бічних поверхонь зубців об оброблену поверхню, на шліцьових зубцях, висота яких перевищує 2,5 мм, роблять піднутрення під кутом $\varphi_I=(1-2)^\circ$ (рис. 6). Для правильного формування бічної поверхні шліцу на зубці виконують стрічку $f_o=0,8-1,0$ мм. Якщо висота зубця менше 2,5 мм, кут $\varphi_I=0$.

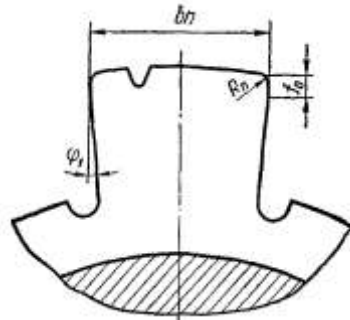


Рисунок 6 – Профіль зубців з піднутренням

Граничні відхилення кутів в залежності від їх величини приймають рівними:

для кутів $(5-20)^\circ - \pm 1^\circ$,

для кутів $(3-5)^\circ - \pm 30'$,

для кутів $< 3^\circ - \pm 15'$,

Стружко розподільча канавка робиться для зубців, ширина яких перевищує 15 мм.

5.3 Визначення підйомів на зубець

Чорнові зубці протяжки об'єднані у групи по два зубця в кожній. Підйом на чорнову групу розраховується по формулі

$$S_{zч} = F_{акт} / (L \cdot K_{дон}), \text{ мм/гр},$$

де $F_{акт}$ – активна площа стружкової канавки зубців протяжки (вибирається по табл. 3), мм²;

$K_{дон}$ – мінімально припустимий коефіцієнт заповнення стружкової канавки.

Значення коефіцієнту $K_{дон}$ залежить від матеріалу деталі, яка обробляється. Для обробки сталі $K_{дон} \geq 3$, для обробки чавуна - $K_{дон} = 2 \dots 2,5$.

Для нормального розміщення в канавці стружка повинна звертатися у спіральний валик. Для кожної глибини стружкової канавки h існує максимальний підйом на зубець, при якому звертання стружки в валик відбувається нормально. Ці значення підйомів приведені у таблиці 5. Розраховані значення $S_{zч}$ повинні бути меншим, ніж наведені у таблиці.

Таблиця 5 – Максимальні значення підйому на зуб, при яких стружка звертається у валик, мм/зуб

Ширина слою, що зрізається одним зубом, b_1 , мм *	Максимальний підйом на зуб при глибині стружкової канавки h				
	3	4	5	6	7

до 3	0,15	0,2	0,25	0,30	0,40
до $1,2\sqrt{d}$	0,10	0,15	0,20	0,30	0,30
до $1,5\sqrt{d}$	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25

* Ширина слою, що зрізується одним зубом, b_1 розраховується по формулам, наведеним у п. 6.1.

Отримані значення $S_{zч}$ округляють до значення, кратного 0,01 мм.

На перехідній частині протяжки зубці також об'єднані у двозубі групи. Підйом на перехідну групу вибирається в залежності від знайденої $S_{zч}$ по таблиці 6.

Таблиця 6 – Підйом на перехідну групу зубців протяжки

Підйом на чорнових зубцях $S_{zч}$, мм	Припуск на перехідні зубці $A_{пер}$, мм	Кількість перехідних секцій	Розподіл припуску по секціях, мм		
			1 секція	2 секція	3 секція
0,06 – 0,1	0,14 – 0,16	1	$A_{пер}$	-	-
0,11 – 0,15	0,16 – 0,2	2	$0,67A_{пер}$	$0,33 A_{пер}$	-
0,16 – 0,24	0,32 – 0,38	2	$0,67 A_{пер}$	$0,33 A_{пер}$	-
0,25 – 0,30	0,56 – 0,66	3	$0,53 A_{пер}$	$0,30 A_{пер}$	$0,17 A_{пер}$
0,31 – 0,40	0,67 – 0,80	3	$0,53 A_{пер}$	$0,30 A_{пер}$	$0,17 A_{пер}$

Таблиця 7 – Підйом зубців на чистовій частині, число чистових і калібруючих зубців

Вид зубців	Шліцьові		Круглі		
	7-й квалітет, $Ra = 2,5 - 1,25$	грубіше	7-й квалітет, $Ra = 2,5 - 0,63$	7-й квалітет, $Ra = 2,5 - 1,25$	грубіше
Загальний припуск на чистові зубці на діаметр	0,08	0,08	0,14	0,12	0,10
Загальна кількість чистових зубців	3	2	5	4	3
Число чистових зубців з підйомом $S_z = 0,02$	1	2	2	2	2
Число чистових зубців з підйомом $S_z = 0,01$	2	-	3	2	1
Число калібруючих зубців	4	3	4 – 5	4 – 5	3 – 4

Чистові зубці протяжки виконують несекціонованими з підйомом на кожний зубець. Підйом на чистові зубці та загальна кількість чистових та калібруючих зубців залежить від квалітету точності і шорсткості обробленої поверхні. Значення їх приведені у таблиці 7.

6 ВИБІР ВЕРСТАТА

6.1 Розрахунок сил різання при протягуванні

Для вибору верстата необхідно визначити сили різання, що виникають при протягуванні на різних частинах комбінованої протяжки. Максимальні сили різання виникають при роботі чорнових зубців, тому при виборі верстата враховують тільки їх.

Сила різання, яка виникає під час роботи чорнових зубців протяжки, залежить від параметрів зрізу та оброблюваного матеріалу

$$P = pb_1 Z_{max} K, \text{ Н,}$$

де p – питома сила різання, яка припадає на одиницю довжини різальної кромки зубця, Н/мм^2 , вибирається з таблиці 8;

Z_{max} – максимальне число одночасне працюючих зубів;
 b_1 – довжина різальної кромки одного зубця, мм;
 K – коефіцієнт.

Коефіцієнт K враховує геометричні параметри протяжки

$$K = K_\alpha K_\gamma K_h K_0,$$

де - K_α та K_γ - коефіцієнти, які враховують вплив переднього та заднього кутів протяжки (див. табл. 9),

K_h – коефіцієнт, який враховує вплив зносу протяжки. Для нової протяжки $K_h=1$, для величини зносу зубців більше ніж 0,3 мм $K_h=1,75$;

K_0 – коефіцієнт, який враховує охолодження. При роботі без охолодження $K_0=1,34$, з охолодженням - $K_0=1,0$.

Таблиця 8 – Питома сила різання, Н/мм

Підйом на зубець, мм/зуб	Питома сила різання, при обробці				Підйом на зубець, мм/зуб	Питома сила різання, при обробці			
	сталь НВ190-230	сталь НВ>230	Чавун НВ<180	Чавун НВ>180		сталь НВ190-230	сталь НВ>230	Чавун НВ<180	Чавун НВ>180
0,06	195	282	151	166	0,18	436	625	334	370
0,08	235	335	180	200	0,20	473	685	360	402
0,10	273	390	207	236	0,22	503	738	385	427
0,12	315	450	243	268	0,25	545	810	421	465
0,14	357	505	273	303	0,28	575	858	452	498
0,16	398	560	305	336	0,30	615	983	476	522

Для протяжок групового різання кожний зубець групи знімає $1/Z$ частину загальної ширини шару металу, що знімається, де Z – кількість зубців в групі. Для фасочної частини протяжки довжина різальної кромки одного зубця рівна

$$b_1 = \frac{(b + 2f)n}{Z_\phi}, \text{ мм}$$

де b – ширина шліцьового пазу, мм,

f – величина фаски в основі шліцу, мм,

$Z_\phi=2$ – кількість зубців у групі фасочної частини протяжки,

n – кількість шліців.

Для шліцьової частини протяжки довжина різальної кромки одного зубця рівна

$$b_1 = \frac{bn}{Z_u}, \text{ мм},$$

де $Z_u=2$ – кількість зубців у групі шліцьової частини протяжки.

Для круглої частини протяжки типу 2 довжина різальної кромки одного зубця рівна

$$b_1 = \frac{\pi d}{Z_\kappa}, \text{ мм},$$

де d – внутрішній діаметр оброблюваної втулки, мм,

$Z_\kappa=2$ – кількість зубців у групі круглої частини протяжки.

Для круглої частини протяжок типів 3 і 4 довжина різальної кромки одного зубця рівна

$$b_1 = \frac{(\pi d - bn)}{Z_\kappa}, \text{ мм}.$$

Таблиця 9 – Значення коефіцієнтів K_α та K_γ

Коефіцієнти	Значення кутів				
	α^0		γ^0		
	$\alpha \leq 1$	$\alpha > 1$	$\gamma \leq 3$	$\gamma = 3 \dots 9$	$\gamma > 9$
K_α	1,12-1,20	1,0	-	-	-
K_γ	-	-	1,35	1,13	1,0

6.2 Вибір моделі верстата

В даний час найбільш широко використовуються чотири моделі протяжних верстатів, які відрізняються по тяговому зусиллю і максимальній довжині ходу штока. Характеристики протяжних верстатів приведені в табл. 10. Для ефективної роботи верстатів необхідно їхнє оптимальне використання по потужності. Найбільш раціональним є використання потужності верстата на (80-90)%. Верстат вибирають по максимальній розрахованій силі різання з урахуванням ККД..

Таблиця 10 – Характеристики протяжних верстатів

Показники	Показники по моделі верстатів			
	7Б510	7А520	7А530	7Б540
Номінальне тягове зусилля верстата Q, Н	100000	200000	300000	400000
Максимальна довжина робочого ходу, мм	1250	1600	1800	2000
Межі швидкості робочого ходу протяжки в м/хв	1 – 9	1,5 – 11	1,5 – 8	1,5 – 8
Потужність електродвигуна, кВт	10	20	25,5	40
Мінімальний розмір від торця хвостовика протяжки до першого зуба, що різє $l_{сч} = l_1 + l_2 + l_3 + l_4$ (рис.1)	190 + L	200 + L	300 + L	400 + L

L – довжина втулки, що протягується.

6.3 Визначення швидкості різання

Швидкість різання при протягуванні значно менша, ніж при інших видах обробки. У залежності від оброблюваного матеріалу, конструкції і матеріалу протяжки, подачі, характеру виконаної роботи, вимог до точності і чистоти поверхні швидкість різання по сталі і чавунові складає, як правило, від 0,5 до 15 м/хв (табл.11).

Обрана швидкість різання повинна бути перевірена по потужності верстата. Потрібна потужність верстата N визначається по відомій величині зусилля протягування P и призначеної швидкості V з урахуванням ККД верстата, який приймається рівним 0,8...0,9. Потужність різання визначається залежністю

$$N = 0,13PV, \text{ кВт,}$$

Таблиця 11 – Швидкості різання при протягуванні в залежності від оброблюваного матеріалу та матеріалу протяжки

Оброблюваний матеріал	7-й квалітет при $Ra = 1,25 - 0,63$		грубіше	
	Р6М5	ХВГ	Р6М5	ХВГ
Вуглецева і легована конструкційна сталь твердістю НВ 240—250; кольорові метали; чавун твердістю НВ < 220	5	4	8	5
Легована конструкційна сталь твердістю НВ 240—300; твердий чавун (НВ > 220)	4,5	3,5	7	5

Леговані конструкційні сталі твердістю HB > 300	3,5	3	6	4
Жароміцні сталі і сплави	2,5	2,5	4	4

Якщо отримана потужність N більше, ніж фактична потужність верстата (див. табл. 11), то необхідно вибрати меншу швидкість різання, при якій необхідна потужність не перевищила б потужності верстата.

6.4 Перевірка протяжки на міцність

Для того, щоб у процесі роботи не відбулося розриву протяжки, необхідно зробити її перевірку на міцність по небезпечному перетину. небезпечним перетином протяжки є той, у якому її діаметр мінімальний. У залежності від розмірів оброблюваної втулки небезпечним може бути перетин, що проходить через мінімальний діаметр хвостовика D_{ox} (див. рис.4), або перетин, що проходить по западині першого зубця. Необхідно перевірити виконання двох умов:

- 1) умова відсутності небезпеки розриву протяжки по хвостовику

$$P_{don} \geq Q\eta,$$

де P_{don} - припустиме розривне зусилля для хвостовика, Н,

Q – тягове зусилля верстата, Н,

η – ККД верстата.

Припустиме розривне зусилля для хвостовика розраховується по формулі

$$P_{don} = F_{ox} \cdot [\sigma_p] \cdot K_n, \text{ Н}$$

де F_{ox} – площа небезпечного перетину, мм²;

$[\sigma_p]$ – припустиме напруження на розтягування:

для сталі 40Х – $[\sigma_p] = 250$ МПа;

для сталі Р6М5 – $[\sigma_p] = 400$ МПа;

для сталі ХВГ $[\sigma_p] = 300$ МПа,

K_n – коефіцієнт, який ураховує вплив вигину протяжки ($K_n = 0,9$).

- 2) умова відсутності небезпеки розриву протяжки по западині першого зубця

$$P_{on} = \frac{\pi \cdot D_{on}^2}{4} \cdot [\sigma_p] \geq Q\eta,$$

де $D_{on} = D_o - 2h$ - мінімальний діаметр протяжки в перетині, що проходить по западині першого зуба,

D_o – діаметр отвору до протягування, мм,

h – глибина стружкової канавки, мм,

$[\sigma_p]$ – припустиме напруження матеріалу протяжки на розрив, для швидкорізальної сталі $[\sigma_p] = 400$ МПа, для сталі ХВГ $[\sigma_p] = 300$ МПа.

Якщо хоча б одна з умов не виконується, необхідно вибрати верстат з меншим тяговим зусиллям і при необхідності зменшити підйом на зубець.

7 РОЗРАХУНОК КРУГЛОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ

7.1 Визначення величини припуску на круглі зубці

Протяжка повинна мати круглу частину лише у тому випадку, коли шліцьове з'єднання має центрування по внутрішньому діаметру d . Це необхідно для того, щоб забезпечити точність з'єднання. У цьому випадку попередньо виготовлений в заготовці отвір повинний бути менше остаточно обробленого внутрішнього діаметра шліцьової втулки на величину припуску під протягування круглими зубцями протяжки $A_{кр}$ (припуск 1 на рис. 3). Величина припуску вибирається по табл. 12 в залежності від діаметра і довжини оброблюваної втулки і способу попередньої обробки отвору.

Діаметр попередньо обробленого отвору дорівнює

$$D_0 = d_{max} - A_{кр}, \text{ мм},$$

де $A_{кр}$ – припуск на круглі зубці;

d_{max} – максимальний внутрішній діаметр втулки, що протягується; з урахуванням допуску, мм,

$$d_{max} = d + T \pm \delta,$$

d - внутрішній діаметр втулки,

T – допуск на діаметр,

δ - величина зміни діаметру отвору після протягування, розбивання (+), усадка (-).

Величина δ залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. Усадка $\delta=0,01$ мм спостерігається під час обробки в'язких матеріалів. При обробці конструкційних сталей або чавунів відбувається розбивання отвору. Величина розбивання складає $\delta=(0,005-0,01)$ мм.

Весь припуск $A_{кр}$ знімають чорнові, перехідні та чистові круглі зубці протяжки. Припуск на перехідні групи ($A_{к пер}$) та чистові зубці ($A_{к чист}$) вибирають з таблиць 7 і 8 відповідно.

Припуск на чорнову частину розраховують по формулі

$$A_{к ч} = A_{к} - (A_{к пер} + A_{к чист}), \text{ мм.}$$

Таблиця 12 – Припуски під протягування для круглих зубців

Довжина отвору, що протягується, мм	Припуск після свердлення або чорнового розточування отвору				Припуск після зенкування або чистового розточування отвору				
	Діаметри отворів, що протягуються, мм								
	10-18	18-30	30-50	50-80	10-18	18-30	30-50	50-80	80-120
6 – 10	0,4	0,5			0,2	0,3			
10 – 18	0,5	0,5	0,6		0,3	0,3	0,4		
18 – 30	0,6	0,6	0,8	1,0	0,4	0,4	0,5	0,6	
30 – 50	0,8	0,8	1,0	1,2	0,5	0,5	0,5	0,6	
50 – 80		0,8	1,0	1,2		0,5	0,6	0,7	0,7
80 – 120		1,0	1,0	1,2			0,6	0,6	0,8
120 – 180			1,2	1,4			0,7	0,8	0,8
св. 180			1,2	1,4			0,7	0,8	1,0

7.2 Розрахунок кількості зубців

Кількість чорнових секцій

$$i_{кч} = \frac{A_{кч}}{2S_{зч}}, \text{ шт.}$$

де $S_{зч}$ – підйом на зуб у чорнових секціях по п.5.3.

Кількість чорнових зубців

$$Z_{кч} = 2i_{кч} + 1.$$

Одиниця додається через те, що перший зубець протяжки виконується без підйому – його діаметр дорівнює діаметру попередньо обробленого отвору з нижнім відхиленням. Це робиться для того, щоб уникнути випадкового збільшення навантаження на перший зубець через нерівномірність припуску, побічних включень у метал та ін.

Якщо виходить дробове число, то його округляють у меншу сторону до найближчого цілого числа, а не знятий припуск переноситься на перехідні секції.

Кількість перехідних секцій вибирається з таблиці 7.

Кількість перехідних зубців

$$Z_{кпер} = 2i_{кпер}$$

Кількість чистових ($Z_{кчист}$) та калібруючих ($Z_{ккал}$) зубців вибирається по табл.8.

7.3 Визначення параметрів викружок

Круглі чорнові і перехідні зуби групуються в секції по два зубці в кожній. Викружки для розподілу стружки роблять тільки на першому зубці секції, другий зуб роблять циліндричним без викружок (рис. 7) заниженим по діаметрі на 0,02 – 0,04 мм для компенсації пружної деформації металу втулки

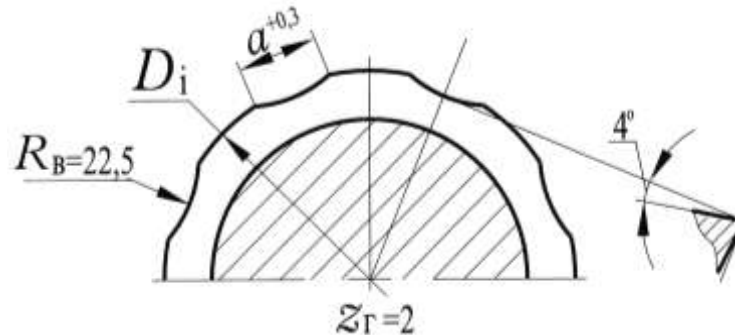


Рисунок 7 – Профіль чорнових і перехідних круглих зубців з викружками

Якщо круглі зубці ідуть першими (тип протяжки КФШ), то параметри викружок вибирають з таблиці 13.

Для типу протяжки ФШК круглі зубці знімають припуск лише на тим ділянках, де він залишився після прорізання шліцьових пазів. Тому зубці роблять не секціонованими, без викружок.

Таблиця 13 – Параметри викружок на круглих зубцях

Діаметр зубця, D, мм	Кількість викружок, i	Ширина викружки, a, мм	Підйом на зубець, Sb, мм	Діаметр зубця, D, мм	Кількість викружок, i	Ширина викружки, a, мм	Підйом на групу, Sb, мм
21,1...23	8	4	0,10	53,1...56	12	7,5	0,21
23,1...24		4,5	0,12	56,1...60		8	0,23
24,1...26		5	0,14	60,1...64		8,5	0,25
26,1...28		5,5	0,16	64,1...68		9	0,27
28,1...30,5		6	0,18	64,1...68		7,5	0,19
30,6...33	10	6,5	0,20	68,1...72	14	8	0,21
33,1...35,5		7	0,22	72,1...76		8,5	0,23
35,6...38		7,5	0,25	76,1...81	9	0,25	
35,6...38		6	0,16	76,1...81	16	8	0,21
38,1...41		6,5	0,18	81,1...85		8,5	0,23
41,1...44		7	0,20	85,1...89		9	0,25
44,1...47		7,5	0,22	89,1...94		9,5	0,27
47,1...50		8	0,24	94,1...99		10	0,29
50,1...53		8,5	0,25	99,1...104		10,5	0,32
53,1...56		9	0,25	104,1...109		11	0,35

Чистові зуби виконують не секціонованими з підйомом на кожен зуб. Викружок на чистових і калібруючих зубцях немає.

7.4 Розрахунок довжини круглої частини протяжки

Для підвищення точності обробленої поверхні шаг чистових та калібруючих зубців приймають меншим, ніж шаг чорнових зубців $t_{чист} = (0,7 - 0,8)t$, мм.

Загальна довжина круглої частини протяжки визначається по формулі

$$L_k = (Z_{к черн} + Z_{к пер}) * t + (Z_{к чист} + Z_{к кал}) * t_{чист}, \text{ мм.}$$

8 РОЗРАХУНОК ФАСОЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ

Фасочна частина протяжки призначена для формування фаски в основі шліцу. Вона знімає припуск 2 (див. рис.3). Ця частина протяжки має лише чорнові зубці.

8.1 Визначення припуску на фасочні зубці

Величина припуску, який знімають фасочні зубці протяжки залежить від її типу (див. п.3.1). Для протяжки типу 1, яка використовується при обробці шліцьової втулки для шліцьового з'єднання з центруванні по зовнішньому діаметрі або бічних сторонах, внутрішній діаметр протяжкою не оброблюється. Діаметр попередньо обробленого отвору дорівнює внутрішньому діаметрові шліців з відповідним полем допуску

$$D_0 = d.$$

Припуск під фасочні зубці дорівнює

$$A_{\phi} = d_{\phi n} - d, \text{ мм},$$

де $d_{\phi n} = d + 2f + (0,3...0...0,4)$ – діаметр останнього фасочного зубця, мм;

f - величина фаски в основі шліца, мм;

d – внутрішній діаметр шліцьової втулки, мм.

Діаметр останнього фасочного зуба приймається на 0,3...0,4мм більше діаметра фаски для того, щоб забезпечити запас на переточування протяжки.

Аналогічно розраховується припуск під фасочні зубці для протяжки типу 2, коли круглі зубці, які розташовані першими, вже обробили діаметр d .

Для типів протяжки 3 і 4, коли фасочні зубці розташовані першими, припуск на фасочні зубці визначається по формулі

$$A_{\phi} = d_{\phi n} - D_0, \text{ мм},$$

де D_0 - діаметр попередньо обробленого отвору, мм.

8.2 Розрахунок кількості зубців

Кількість чорнових секцій

$$i_{\phi c} = \frac{A_{\phi c}}{2S_{zc}}, \text{ шт.}$$

де S_{zc} – підйом на зуб у чорнових секціях по п.5.3.

Для усіх типів протяжок, коли фасочні зубці розташовані першими, кількість зубців визначається по формулі

$$Z_{\phi c} = 2i_{\phi c} + 1.$$

Одиниця додається через те, що перший зубець протяжки виконується без підйому – його діаметр дорівнює діаметру попередньо обробленого отвору із нижнім відхиленням. Це робиться для того, щоб уникнути випадкового збільшення навантаження на перший зубець через нерівномірність припуску, побічних включень у метал та ін.

Коли фасочні зубці розташовані після круглих, під час розрахунку кількості зубців одиниця не додається і усі зубці об'єднані у двохзубі секції.

Отримане значення округляють у більшу сторону до цілого числа. При цьому підйом на останню секцію може вийти менше розрахункового, але діаметр останнього фасочного зубця повинний бути равним розрахованому в п. 8.1.

8.3 Визначення параметрів викружок

Фасонні зуби групуються в двозубі секції, причому перші зубці в кожній секції мають на бічних сторонах викружки для розподілу стружки по ширині, а другі виконуються без викружок, занижені по діаметрі на 0,02 – 0,04 мм для компенсації пружної деформації металу втулки. Радіус

викружки вибирається графічно так, щоб ширина першого зубця секції була приблизно на половину менше ширини другого зуба (рис. 8). Глибина викружки повинна бути не менше $3S_z$. Бічні сторони зубців виконують під кутом фаски. Радіуси викружок приведено у табл. 14. Ширина викружок приймається рівною

$$b_1=(0,5-0,6)b,$$

де b – ширина шліця.

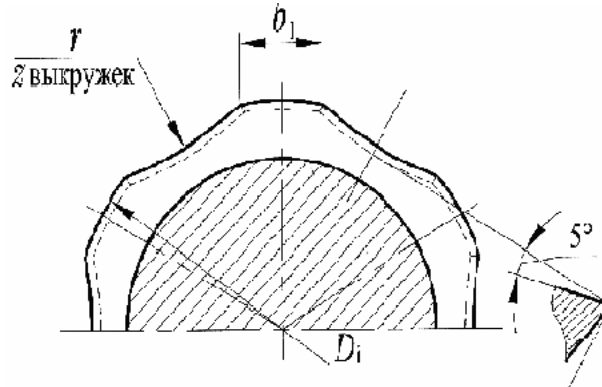


Рисунок 8 – Профіль фасочних зубців з викружками

Таблиця 14 - Параметри викружок на фасочних зубцях

Діаметр зубців D , мм	Число шлицев z	r , мм
25	6	22,5
26...34		50
36...42	8	50
46...48		50
50...54		50
58...65		85
68	10	85
78...92		50

8.4 Розрахунок довжини фасочної частини протяжки

Загальна довжина фасочної частини протяжки визначається по формулі

$$L_{\phi} = Z_{\phi} * t, \text{ мм.}$$

де t – крок чорнових зубів протяжки по п.5.1.

9 РОЗРАХУНОК ШЛІЦОВОЇ ЧАСТИНИ ПРОТЯЖКИ

9.1 Припуск на шліцьові зубці

Шліцьові зубці протяжки, незалежно від її типу, знімають припуск 3 (див. рис.3), величина якого розраховується по формулі

$$A_{ш} = D_{max} - d_{\phi}, \text{ мм,}$$

де d_{ϕ} – діаметр фаски в основі шліцу,

D_{max} – максимальний зовнішній діаметр втулки, що протягується, з урахуванням допуску та розбивання, мм,

$$D_{max} = D + T \pm \delta,$$

T – допуск на діаметр,

δ - величина зміни діаметру отвору після протягування, розбивання (+), усадка (-).

Величина δ залежить від властивостей оброблюваного матеріалу. Усадка $\delta=0,01$ мм спостерігається під час обробки з в'язких матеріалів. При обробці конструкційних сталей або ча-

вунів відбувається розбивання отвору. Величина розбивання складає $\delta=(0,005-0,01)$ мм.

Весь припуск $A_{ш}$ знімають чорнові, перехідні та чистові зубці протяжки. Припуск на перехідні групи ($A_{ш\ пер}$) та чистові зубці ($A_{ш\ чист}$) вибирають з таблиць 7 і 8 відповідно.

Припуск на чорнову частину розраховують по формулі

$$A_{шч} = A_{ш} - (A_{ш\ пер} + A_{ш\ чист}), \text{ мм.}$$

9.2 Розрахунок кількості зубців

Діаметр першого шліцьового зубця приймається рівним діаметру фаски у основі шліцу d_f . Кількість чорнових секцій

$$i_{шч} = \frac{A_{шч}}{2S_{шч}}, \text{ шт.}$$

де $S_{шч}$ – підйом на зуб у чорнових секціях по п.5.3.

Кількість чорнових зубців

$$Z_{шч} = 2i_{шч}.$$

Якщо виходить дробове число, то його округляють у меншу сторону до найближчого цілого числа, а не знятий припуск переноситься на перехідні секції.

Кількість перехідних секцій вибирається з таблиці 7. Кількість перехідних зубців

$$Z_{шпер} = 2i_{шпер}.$$

Кількість чистових ($Z_{шчист}$) та калібруючих ($Z_{шкал}$) зубців вибирається по табл.8.

9.3 Розрахунок допуску на ширину шліців протяжки

Ширина шліців на протяжці повинна забезпечити ширину паза шліцьової втулки у межах поля допуску. Під час роботи відбувається розбивання паза. Тому допуск на виготовлення шліців протяжки не співпадає з допуском на ширину паза шліцьової втулки. Взаємне розташування полів допусків паза і шліца протяжки показано на рис. 9.

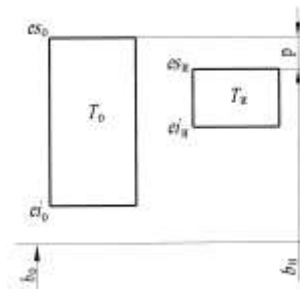


Рисунок 9 – Положення полів допусків на ширину шліцу протяжки

Допуск розраховується по формулі:

$$b_{ш} = b_o + eS_o - p,$$

де $b_{ш}$ - номінальна ширина шліцу протяжки,

b_o - номінальна ширина шліцу втулки,

eS_o - верхнє відхилення розміру шліца втулки,

$p \approx \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2}$ - розбивання шліца протяжки,

Δ_1 - накопичена погрішність окружного шагу шліців протяжки (див додаток),

Δ_2 - допуск спераліобразності бічних поверхонь зубців протяжки щодо осі центрів на 500 мм довжини,

Δ_3 - допуск симетричності зубців щодо осі центрів у поперечному перерізі зуба протяжки.

9.4 Параметри викружок

Шліцьові чорнові і перехідні зуби групуються в секції, причому перші зуби в кожній секції мають на бічних сторонах викружки для розподілу стружки по ширині, а другі виконуються без викружок, занижені по діаметрі на 0,02 – 0,04 мм для компенсації пружної деформації металу втулки. Радіус викружки вибирається графічно так, щоб ширина першого зуба секції була приблизно на половину менше ширини другого зуба. Глибина викружки повинна бути не менше $3S_z$. На зубцях, діаметр яких більше $d_{\phi}+2,5$ мм, роблять бічні піднутрення (кут ϕ_1) для зменшення тертя між бічною поверхнею зуба й обробленою поверхнею (рис. 6). Радіуси викружок приведено у табл. 15. Ширина викружок приймається рівною

$$b_1=(0,5-0,6)b,$$

де b – ширина шліця.

Чистові зубці виконують не секціонованими з підйомом на кожен зубець. Викружок на чистових і калібруючих зубцях немає.

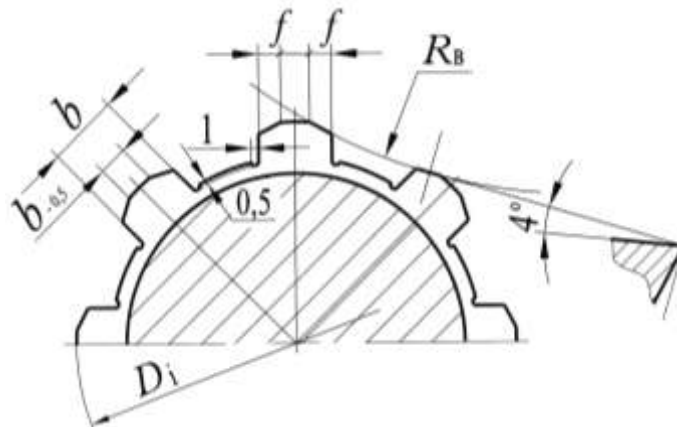


Рисунок 10 – Профіль чорнових і перехідних шліцьових зубців з викружками

Таблиця 15 – Параметри викружок для шліцьових зубців протяжки

Діаметр зубців D_i мм	Число шліців z	Ширина шліця b	R_B
24...28	6	7	50
25...32		8	
30...35		9	
32...42		10	
38...45		11	
42...50		13	
47...55	8	14	75
51...65		15...16	85
26...38		6	50
34...45		7	
40...55	8...9,5		
49...65	10		
18...22	10	3,5	22,5
20...25		4	
22...30		4,5	
26...42		5...6	
36...45		7	
40...50		8	
45...60		9	
53...70		10...11	
65...80		12	
73...90		14	

9.5 Розрахунок довжини шліцьової частини протяжки

Для підвищення точності обробленої поверхні шаг чистових та калібруючих зубців приймають меншим, ніж шаг чорнових зубців $t_{чист} = (0,7 - 0,8)t$, мм.

$$\ell_{ш} = (Z_{ш\ год} + Z_{ш\ пер}) * t + (Z_{ш\ чистий} + Z_{ш\ кал}) * t_{чист}, \text{ мм.}$$

10 ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ ПРОТЯЖКИ

10.1 Визначення діаметрів зубців

Усі чорнові та перехідні зубці у фасочній, круглій та шліцьовій частинах протяжки об'єднані у групи. У межах кожної групи зубці відрізняються між собою шириною, між групами – діаметром.

Діаметри перших зубців груп визначають шляхом додатка подвійного підйому на зубець до діаметра першого зубця попередньої групи

$$d_{i+1} = d_i + 2 S_{zч}, \text{ мм.}$$

Діаметр другого зубця групи виконуються меншим по діаметрі на 0,02–0,04мм для компенсації пружної деформації оброблюваного металу.

Зубці у чистових частинах протяжки виконують несекціонованими, тобто діаметр кожного наступного зубця розраховується по формулі:

$$d_{i+1} = d_i + 2 S_{zччч}, \text{ мм.}$$

Діаметри останнього чистового зубця і всіх калібруючих однакові і рівні максимальному діаметру оброблюваної втулки з урахуванням допуску на розбиття.

Граничні відхилення діаметрів зубців повинні відповідати значенням, зазначеним у таблиці 16.

Таблиця 16 - Граничні відхилення діаметрів зубців протяжки

Номинальний діаметр зубців, мм	Граничні відхилення діаметрів зубців при підйомі на зуб по діаметру, мм			
	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		- 0,025
Св. 180				

10.2 Шийка та перехідний конус

Ці елементи призначені для з'єднання хвостовика протяжки з її робочою частиною. Довжина перехідної шийки (l_2 рис. 1) повинна забезпечити можливість приєднання протяжки до патрону протяжного верстата.

Перехідний конус (l_3 рис. 1) виконується для забезпечення легкого вводу направляючої протяжки в оброблювану втулку. Довжина перехідного конуса $l_3 = 10-20$ мм, в залежності від діаметра.

Мінімальна довжина шийки визначається в залежності від типу верстата та довжини оброблюваної деталі.

$$l_{ш} = l_{см} - l_{нк} - l_{нр}, \text{ мм,}$$

де $L_{см}$ - мінімальний розмір від торця хвостовика протяжки до першого ріжучого зубця (див. табл. 11),

l_3 – довжина перехідного конусу, мм,

l_4 – довжина передньої направляючої, мм.

Розраховану довжину збільшують на 5-30 мм для більш вільного оперування з хвостовиком.

Діаметр перехідної шийки приймається меншим ніж діаметр хвостовика на 0,3-1 мм з допу-

ском по $h14$. Шийка оброблюється з чистотою поверхні $Ra3,2$ і використовується для маркування протяжки та зварювання.

10.3 Передня та задня направляючі

Передня направляюча призначена для встановлення оброблюваної втулки співвісною з протяжкою, завдяки чому знімається рівномірний припуск по всьому периметру отвору.

За довжину передньої направляючої приймається відстань від кінця перехідного конусу до першого ріжучого зубця, включаючи ширину першої западини між зубцями (l_4 , рис. 1).

Задня направляюча (l_7 рис. 1) призначена для того, щоб виключити можливість перекосу обробленої деталі і пошкодження обробленої поверхні в момент виходу з неї останнього зубця протяжки.

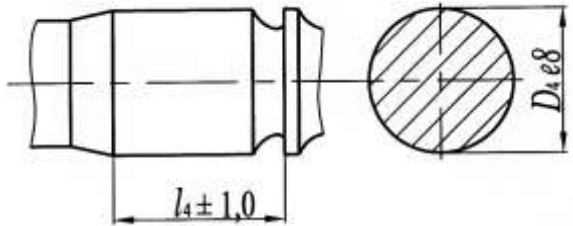
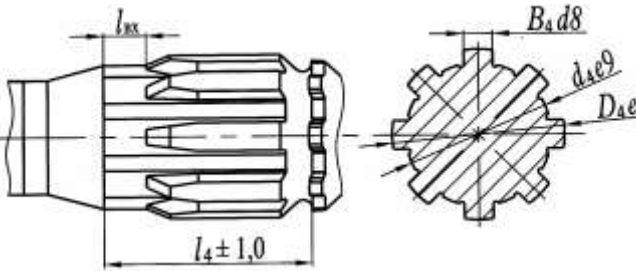
Довжина передньої направляючої вибирається в залежності від відношення довжини втулки, що протягається L , до її діаметра D :

при $L/D \leq 1,5$ $l_{nn} = L$;

при $L/D > 1,5$ $l_{nn} = 0,75L$, але довжина її не повинна бути менше 40 мм.

Форма та розміри передньої та задньої направляючих залежать від розмірів отвору та типу протяжки (див. табл. 17).

Таблиця 17 – Форма та розміри направляючих

Передня направляюча							
Ескіз				Розміри			
для протяжки першого проходу				$D_4 = d_0$ $l_4 = (0,75...1) \cdot l_0$, але не менш 40 мм			
							
для протяжки другого проходу				$D_4 = D_{p1} - (0,1...0,3)$ мм, де D_{p1} – зовнішній діаметр шліців втулки після першого проходу; $d_4 = d_0$, де d_0 – внутрішній діаметр втулки після першого проходу $l_4 = (0,75...1) \cdot l_0$, але не менш 40 мм $l_{вх} = 0,3 \cdot l_4$; $B_4 = b_1 - (0,05...0,1)$ мм			
							
Задня направляюча							
довжина задньої направляючої							
Довжина втулки l_0	до 25	от 25 до 30	от 30 до 40	от 40 до 50	от 50 до 70	от 70 до 100	більше 100
Довжина задньої направляючої l_5	20	25	30	35	45	50...65	70

Форма і розміри задньої направляючої приймаються рівними формі і розмірам готового отвору з відхиленнями по $d8, f8$ або $e8$.

10.4 Загальна довжина протяжки

Загальна довжина протяжки розраховується як сума довжин усі складових частин протяжки

$$L = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_f + l_{ш} + l_{кр} + l_{zn}, \text{ мм.}$$

Довжина протяжки не повинна перевищувати величини, що допускається технологічними можливостями її виготовлення (див. табл. 18), і параметрами верстата (див. табл. 11).

Таблиця 16 – Граничні довжини протяжок, оброблюваних у центрах, мм

Діаметр протяжки	12 – 20	20 – 25	25 – 30	30 – 50	50-70	більш 70
Припустима довжина протяжки	800	1000	1200	1300	1500	2000

Якщо умова не виконується, варто перейти до протягування в два проходи. При призначенні протягування в два проходи рекомендується розбивати протягання по шліцьовій частині, що забезпечує задовільне центрування протяжки другого проходу.

Ширина зубців шліцьової частини першої протяжки призначається менше ширини шліцьового пазу у втулці b , а матеріал, що залишився, знімається додатковими зубцями на другій протяжці, що працюють за одинарною схемою. Така вимога визначена необхідністю обробляти бічну сторону шліца зубами одного інструмента для зменшення погрешностей.

Слід зазначити, що наприкінці протяжки першого проходу додають кілька калібруючих зубів як запас на переточування.

У загальному випадку довжини протяжок першого і другого проходу повинні бути близькими, щоб забезпечити приблизно рівний основний технологічний час обробки.

11 ЗАГОСТРЮВАННЯ ПРОТЯЖОК

Загострювання протяжки — один з найважливіших етапів у їхній експлуатації. Своєчасне і доброякісне загострювання визначає її стійкість і якість обробки виробів.

Загострювання круглих шліцьових, багатограних протяжок ведеться по передній поверхні і тільки при великому зносі або ушкодженні зубців прибігають до шліфування задньої поверхні на круглешліфувальному верстаті.

Загострювання по передній поверхні протяжки проводиться профільною частиною круга на спеціальних верстатах для загострювання протяжок (рис. 11).

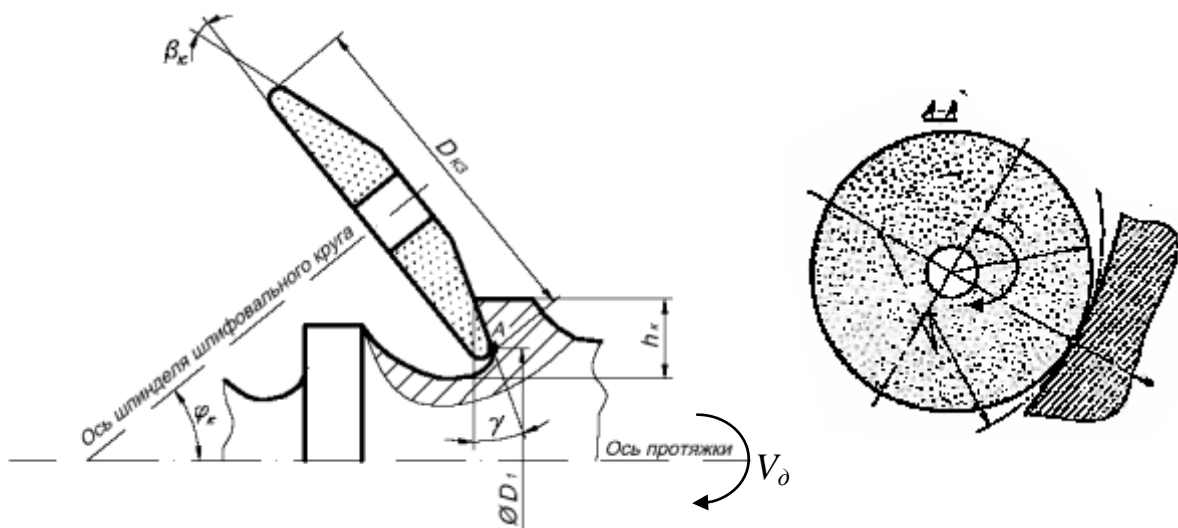


Рисунок 11 – Схема загострювання протяжки по передній поверхні

Щоб кривизна поверхні абразивного круга вписалася в конічну передню поверхню зубця і при загострюванні був отриманий необхідний передній кут, діаметр круга повинний дорівнювати

$$D_{kз} = \frac{0,85D_1 \sin \varphi_k}{\sin \gamma},$$

де D_1 — діаметр протяжки в місті переходу від передньої поверхні до радіусу заокруглення,

$$D_1 = D_i - h + r,$$

γ — передній угол;

$\varphi_k = \gamma + \beta$ — кут між осями круга і протяжки або кут установки шпинделя заточувального верстата.

На рис. 12 показані форми загострювання по передній поверхні. За формою А загострюють чорнові зубці. Для збільшення стійкості протяжки рекомендується зменшити величину переднього кута на чистових і калібруючих зубцях.

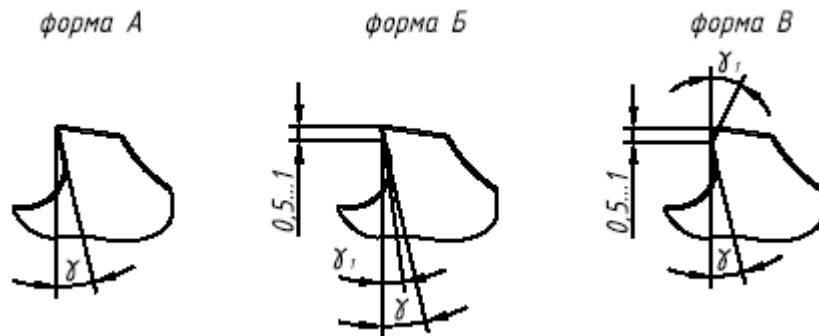


Рисунок 12 – Форми загострювання передньої поверхні зубців протяжки

Передні кути зубців протяжок, які застосовують для обробки сталі, зменшують шляхом загострювання за формою Б, а протяжок, які застосовують для обробки чавуна, — шляхом загострювання за формою В. Подвійне загострення (за формою Б або В) спрощує виготовлення і експлуатацію протяжок, тому що не потребує застосування шаблонів на профіль западин з різними кутами і зменшує площу сточування при загострюванні. При зменшенні діаметра чистових і калібруючих зубців, фаска на їхній передній поверхні легко сточується, кут збільшується і зуб переходить у чорновий.

Калібруючі зубці переточують тільки в міру їх переходу в ріжучі. Для інших калібруючих зубців при необхідності допускається тільки зачищення зі зняттям шару по передній поверхні до 0,02-0,03 мм.

Режими загострювання: подача не більш 0,05 мм на один оборот протяжки; швидкість обертання протяжки 10—15 м/хв; швидкість обертання абразивного круга 25—30 м/сек.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- ГОСТ 1139-60. Основные нормы взаимозаменяемости. Соединения шлицевые прямобо- чные. Размеры и допуски.
- Допуски и посадки: Справочник/ Под ред. Мягкова В.Д. М.: Машиностроение, 1979. – Т.2. – 545с.
- Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. В 2 т. - М.: Машинострое- ние, 1974.
- Маргулис Д.К. Протяжки переменного резания. – М.: Машгиз, 1962. – 269с.

ДОДАТОК 1

Витримки з ГОСТ 28442 "Протяжки для циліндричних, шліцьових і гранних отворів. Техні- чні умови".

- Твердість протяжки:
 - зубців, і задньої направляючої зі швидкорізальної сталі 63...66 HRC₃,
 - зубців зі сталі марки ХВГ 62...65 HRC₃,
 - передньої направляючої зі швидкорізальної сталі 61...66 HRC₃,
 - передньої і задньої направляючої зі сталі марки ХВГ 57...65 HRC₃,
- Центрові отвори - форми В, R або T за ГОСТ 14034.
- Граничні відхилення загальної довжини протяжки:
 - до 1000 мм ± 3 мм;
 - св. 1000 мм ± 4 мм.
- Незазначені граничні відхилення розмірів H16, h16, ±IT16/2.

5. Граничні відхилення діаметра круглої гладкої передньої направляючої і внутрішнього діаметра шліцьової передньої направляючої - по e8.

Граничні відхилення зовнішнього діаметра шліцьової передньої направляючої - по h10.

6. Граничні відхилення діаметра циліндричної задньої направляючих і внутрішнього діаметра шліцьової передньої направляючої - по f7.

Граничні відхилення зовнішнього діаметра шліцьової задньої направляючої - по h11.

7. Накопичена погрішність окружного шагу зубців чистових протяжок для шліцьових отворів із прямобічним профілем не повинна перевищувати значень, зазначених у таблиці 17.

Таблиця 1 - Накопичена погрішність окружного шагу зубців протяжок

Ширина шліцьового пазу втулки, мм	Накопичена погрішність окружного шагу зубців протяжок для полів допусків на ширину шліцьового пазу втулки		
	F8; H8; J _S 10	D9; F10	D10
До 3	0,010	0,012	0,012
Св. 3 до 6			0,016
Св. 6 до 10		0,016	0,020
Св. 10 до 18	0,012	0,020	0,025
Св. 18	0,016	0,025	

8. Допуск паралельності щодо осі центрів на 500 мм довжини шліцьової частини протяжки вибирається в залежності від якості точності втулки і не повинний перевищувати

- при ширині пазу втулки до 6 мм - 0,0050мм;
- при ширині пазу втулки св. 6 мм - 0,010 мм.

9. Допуск симетричності зубця в поперечному перерізі щодо осі центрів не повинний перевищувати 1/3 допуску на ширину шліця.

10. Допуск биття щодо осі центрів конічної поверхні під кулачки в напрямку, перпендикулярному до неї, не повинний перевищувати 0,1 мм.

11. Маркірування.

На хвостовику протяжки повинні бути чітко нанесені:

- 1) товарний знак підприємства-виготовлювача,
- 2) діаметр і позначення шліцьової втулки за ГОСТ 1139;
- 3) марка стали робочої частини протяжки,
- 4) номер проходу протяжки, якщо протяжка призначена для використання в комплекті,
- 5) межі довжин отвору, що протягується.

ДОДАТОК 2

Вихідні данні для проектування протяжки

Вариант	Позначення	r не более	f	Втулка			
				d	D	b	l_0
1	$d - 6 \times 11 \frac{H7}{js6} \times 14 \frac{H12}{a11} \times 3 \frac{F10}{f9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$11^{+0,018}$	$14^{+0,18}$	$3^{+0,060}$ $3^{+0,040}$	25
2	$d - 6 \times 13 \frac{H7}{js7} \times 16 \frac{H12}{a11} \times 3,5 \frac{F10}{h7}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$13^{+0,018}$	$16^{+0,18}$	$3,5^{+0,058}$ $3,5^{+0,010}$	28
3	$d - 6 \times 16 \frac{H7}{n6} \times 20 \frac{H12}{a11} \times 4 \frac{D10}{d9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$16^{+0,018}$	$20^{+0,21}$	$4^{+0,078}$ $4^{+0,030}$	30
4	$d - 6 \times 18 \frac{H8}{e8} \times 22 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{d9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$18^{+0,027}$	$22^{+0,21}$	$5^{+0,060}$ $5^{+0,030}$	40
5	$d - 6 \times 21 \frac{H7}{f7} \times 25 \frac{H12}{a11} \times 5 \frac{D9}{h9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$21^{+0,021}$	$25^{+0,21}$	$5^{+0,060}$ $5^{+0,030}$	45
6	$d - 6 \times 23 \frac{H7}{e8} \times 28 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D9}{k7}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$23^{+0,021}$	$28^{+0,21}$	$6^{+0,060}$ $6^{+0,030}$	50
7	$d - 6 \times 26 \frac{H7}{f7} \times 32 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{F10}{d9}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$26^{+0,021}$	$32^{+0,25}$	$6^{+0,058}$ $6^{+0,010}$	55
8	$d - 6 \times 28 \frac{H7}{g6} \times 34 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F10}{e8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$28^{+0,021}$	$34^{+0,25}$	$7^{+0,068}$ $7^{+0,010}$	60
9	$d - 8 \times 32 \frac{H7}{h6} \times 38 \frac{H12}{a11} \times 6 \frac{D10}{f7}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$32^{+0,025}$	$38^{+0,25}$	$6^{+0,058}$ $6^{+0,010}$	65
10	$d - 8 \times 36 \frac{H7}{h7} \times 42 \frac{H12}{a11} \times 7 \frac{F10}{f8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$36^{+0,025}$	$42^{+0,25}$	$7^{+0,068}$ $7^{+0,010}$	70
11	$d - 8 \times 42 \frac{H7}{h7} \times 48 \frac{H12}{a11} \times 8 \frac{F10}{f9}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$42^{+0,025}$	$48^{+0,25}$	$8^{+0,071}$ $8^{+0,013}$	55
12	$d - 8 \times 46 \frac{H7}{js6} \times 54 \frac{H12}{a11} \times 9 \frac{F10}{h7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$46^{+0,025}$	$54^{+0,30}$	$9^{+0,071}$ $9^{+0,013}$	60
13	$d - 8 \times 52 \frac{H7}{js7} \times 60 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{F10}{h8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$52^{+0,021}$	$60^{+0,30}$	$10^{+0,071}$ $10^{+0,013}$	65
14	$d - 8 \times 56 \frac{H7}{n6} \times 65 \frac{H12}{a11} \times 10 \frac{F10}{h9}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$56^{+0,030}$	$65^{+0,30}$	$10^{+0,071}$ $10^{+0,013}$	70
15	$d - 8 \times 62 \frac{H8}{h6} \times 72 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{D9}{js7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$62^{+0,046}$	$72^{+0,30}$	$12^{+0,120}$ $12^{+0,050}$	75

16	$d - 10 \times 72 \frac{H8}{e8} \times 82 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{Js10}{d10}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$72^{+0,046}$	$82^{+0,35}$	$12^{\pm 0,035}$	65
17	$d - 10 \times 82 \frac{H7}{e8} \times 92 \frac{H12}{a11} \times 12 \frac{F10}{d9}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$82^{+0,035}$	$92^{+0,35}$	$12^{+0,086}$ $12^{+0,016}$	75
18	$d - 10 \times 92 \frac{H7}{f7} \times 102 \frac{H12}{a11} \times 14 \frac{F10}{e8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$92^{+0,035}$	$102^{+0,35}$	$14^{+0,086}$ $14^{+0,016}$	80
19	$d - 10 \times 102 \frac{H7}{g6} \times 112 \frac{H12}{a11} \times 16 \frac{F10}{f7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$102^{+0,035}$	$112^{+0,35}$	$16^{+0,086}$ $16^{+0,016}$	85
20	$d - 10 \times 112 \frac{H7}{h6} \times 125 \frac{H12}{a11} \times 18 \frac{F10}{f8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$112^{+0,035}$	$125^{+0,40}$	$18^{+0,086}$ $18^{+0,016}$	90
21	$D - 6 \times 11 \times 14 \frac{H7}{f7} \times 3 \frac{F8}{f8}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$11^{+0,110}$	$14^{+0,018}$	$3^{+0,020}$ $3^{+0,006}$	25
22	$D - 6 \times 13 \times 16 \frac{H7}{js6} \times 3,5 \frac{F8}{h8}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$13^{+0,110}$	$16^{+0,018}$	$3,5^{+0,028}$ $3,5^{+0,010}$	28
23	$D - 6 \times 16 \times 20 \frac{H7}{n6} \times 4 \frac{F8}{js7}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$16^{+0,110}$	$20^{+0,021}$	$4^{+0,028}$ $4^{+0,010}$	30
24	$D - 6 \times 18 \times 22 \frac{H7}{f7} \times 5 \frac{F8}{f8}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$18^{+0,110}$	$22^{+0,021}$	$5^{+0,028}$ $5^{+0,010}$	40
25	$D - 6 \times 21 \times 25 \frac{H7}{js6} \times 5 \frac{F8}{h8}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$21^{+0,130}$	$25^{+0,021}$	$5^{+0,028}$ $5^{+0,010}$	45
26	$D - 6 \times 23 \times 28 \frac{H7}{n6} \times 6 \frac{F8}{js7}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$23^{+0,130}$	$28^{+0,021}$	$6^{+0,028}$ $6^{+0,010}$	50
27	$D - 6 \times 26 \times 32 \frac{H7}{f7} \times 6 \frac{F8}{f8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$26^{+0,130}$	$32^{+0,025}$	$6^{+0,028}$ $6^{+0,010}$	55
28	$D - 6 \times 28 \times 34 \frac{H7}{js6} \times 7 \frac{F8}{h8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$28^{+0,130}$	$34^{+0,025}$	$7^{+0,035}$ $7^{+0,013}$	60
29	$D - 8 \times 32 \times 38 \frac{H7}{n6} \times 6 \frac{F8}{js7}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$32^{+0,160}$	$38^{+0,025}$	$6^{+0,028}$ $6^{+0,010}$	65
30	$D - 8 \times 36 \times 42 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{f8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$36^{+0,160}$	$42^{+0,025}$	$7^{+0,035}$ $7^{+0,013}$	70
31	$D - 8 \times 42 \times 48 \frac{H7}{js6} \times 8 \frac{F8}{h8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$42^{+0,160}$	$48^{+0,025}$	$8^{+0,035}$ $8^{+0,013}$	55
32	$D - 8 \times 46 \times 54 \frac{H7}{h6} \times 9 \frac{F8}{js7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$46^{+0,160}$	$54^{+0,030}$	$9^{+0,035}$ $9^{+0,013}$	60

33	$D - 8 \times 52 \times 60 \frac{H7}{f7} \times 10 \frac{F8}{f8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$52^{+0,190}$	$60^{+0,030}$	$10^{+0,013}$	65
34	$D - 8 \times 56 \times 65 \frac{H7}{js6} \times 10 \frac{F8}{h8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$56^{+0,190}$	$65^{+0,030}$	$10^{+0,013}$	70
35	$D - 8 \times 62 \times 72 \frac{H7}{n6} \times 12 \frac{F8}{js7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$62^{+0,190}$	$72^{+0,030}$	$12^{+0,016}$	75
36	$D - 10 \times 72 \times 82 \frac{H7}{f7} \times 12 \frac{F8}{f8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$72^{+0,190}$	$82^{+0,035}$	$12^{+0,016}$	65
37	$D - 10 \times 82 \times 92 \frac{H7}{js6} \times 12 \frac{F8}{h8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$82^{+0,220}$	$92^{+0,035}$	$12^{+0,016}$	75
38	$D - 10 \times 92 \times 102 \frac{H7}{n6} \times 14 \frac{F8}{js7}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$92^{+0,220}$	$102^{+0,035}$	$14^{+0,016}$	80
39	$D - 10 \times 102 \times 112 \frac{H7}{f7} \times 16 \frac{F8}{f8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$102^{+0,220}$	$112^{+0,035}$	$16^{+0,016}$	85
40	$D - 10 \times 112 \times 125 \frac{H7}{js6} \times 18 \frac{F8}{h8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$112^{+0,220}$	$125^{+0,040}$	$18^{+0,016}$	90
41	$D - 10 \times 16 \times 20 \frac{H8}{e8} \times 2,5 \frac{Js10}{d10}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$16^{+0,110}$	$20^{+0,033}$	$2,5^{+0,020}$	30
42	$D - 10 \times 18 \times 23 \frac{H8}{h8} \times 3 \frac{F10}{e9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$18^{+0,110}$	$23^{+0,033}$	$3^{+0,006}$	32
43	$D - 10 \times 21 \times 26 \frac{H7}{f7} \times 3 \frac{F10}{f7}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$21^{+0,130}$	$26^{+0,021}$	$3^{+0,006}$	35
44	$D - 10 \times 23 \times 29 \frac{H7}{g6} \times 4 \frac{F10}{h9}$	0,2	$0,3^{+0,20}$	$23^{+0,130}$	$29^{+0,021}$	$4^{+0,010}$	40
45	$D - 10 \times 26 \times 32 \frac{H7}{h6} \times 4 \frac{D9}{d9}$	0,2	$0,4^{+0,20}$	$26^{+0,130}$	$32^{+0,025}$	$4^{+0,030}$	45
46	$D - 10 \times 28 \times 35 \frac{H7}{js6} \times 4 \frac{D9}{e8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$28^{+0,130}$	$35^{+0,025}$	$4^{+0,030}$	50
47	$D - 10 \times 32 \times 40 \frac{H7}{n7} \times 5 \frac{D9}{f7}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$32^{+0,160}$	$40^{+0,025}$	$5^{+0,030}$	55
48	$D - 10 \times 36 \times 45 \frac{H8}{e8} \times 5 \frac{D9}{h8}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$36^{+0,160}$	$45^{+0,039}$	$5^{+0,030}$	60
49	$D - 10 \times 42 \times 52 \frac{H8}{h7} \times 6 \frac{D9}{js7}$	0,3	$0,4^{+0,20}$	$42^{+0,160}$	$52^{+0,046}$	$6^{+0,030}$	65

50	$D-10 \times 46 \times 56 \frac{H7}{f7} \times 7 \frac{F8}{e8}$	0,5	$0,5^{+0,20}$	$46^{+0,160}$	$56^{+0,030}$	$7^{+0,010}$ $+0,032$	70
----	-----------------------------------------------------------------	-----	---------------	---------------	---------------	--------------------------	----