

Міністерство освіти і науки України  
Чернігівський національний технологічний університет  
Навчально-науковий інститут технологій

# **Різальний інструмент**

## **Методичні вказівки**

до лабораторних занять з обов'язкової дисципліни

«Різальний інструмент»

для студентів за спеціальностями 133 – Галузеве машинобудування,  
131 – Прикладна механіка

**ЗАТВЕРДЖЕНО**  
на засіданні кафедри  
«Автомобільного транспорту та  
галузевого машинобудування»  
Протокол №1  
від 30.08.2019 р.

Чернігів ЧНТУ 2019

Різальний інструмент. Методичні вказівки до лабораторних занять з обов'язкової дисципліни «Різальний інструмент» для студентів за спеціальностями 133 – Галузеве машинобудування, 131 Прикладна механіка / Укл.: Кальченко В.В., Кологойда А.В. Чернігів: ЧНТУ, 2019. – 76 с.

Укладач:

Кальченко Володимир Віталійович  
д.т.н., професор

Кологойда Антоніна Вікторівна,  
старший викладач

Відповідальний за випуск:

Кологойда Антоніна Вікторівна,  
старший викладач кафедри  
«Автомобільний транспорт та галузеве  
машинобудування»

Рецензент:

Пасов Геннадій Володимирович  
кандидат технічних наук,  
доц. каф. «Автомобільний транспорт  
та галузеве машинобудування»

## Вступ

Методичні вказівки призначені для закріплення теоретичних знань студентів з дисципліни "Різальний інструмент", а також придбання практичних навичок по заточенню різальної частини інструментів та контролю її параметрів.

Для виконання лабораторних робіт студент повинен попередньо вивчити відповідні розділи курсу, ознайомитися з роботою устаткування і приладів, зробити потрібні розрахунки. Підготовленість студента перевіряє викладач шляхом попереднього опитування та оцінює балами.

Перш ніж приступити до роботи на обладнанні, студент повинен вивчити правила охорони праці, пройти інструктаж з техніки безпеки з відповідним оформленням, правила роботи на обладнанні і приладах, точно сформулювати поставлену задачу і передбачуваний результат, намітити шлях виконання роботи. При виконанні слід вивчити конструкцію інструмента, скласти ескіз у необхідних проекціях з розрізами і перетинами, проставити потрібні розміри.

Необхідно установити метод контролю поверхонь та геометричних параметрів інструментів, вибрати прилади й вимірювальний інструмент, зробити виміри і зіставити результати з заданими. При відхиленні величин більше допустимих значень, знайти причини відхилення і зробити повторну обробку до забезпечення поставлених вимог.

Фактичні матеріали необхідно приводити у вигляді розрахунків, таблиць, графіків і діаграм.

У звітах про виконання роботи потрібно дати формулювання поставленої задачі, привести короткі теоретичні відомості, шлях виконання, характеристику устаткування і приладів, які використовуються, виконані розрахунки з необхідними схемами та ескізами, обґрунтувати вибір методів і результати контролю, зробити висновки.

## 1 Лабораторна робота №1

### Вивчення конструкції різців з механічним кріпленням багатогранних пластин

**Мета роботи** – вивчення конструктивних особливостей різців з механічним кріпленням багатогранних пластин, що не переточуються (БНП), методів кріплення пластин та знайомство з класифікацією державок різців та пластин згідно ISO.

#### *Теоретичні відомості*

Використання багатогранних пластин з механічним кріпленням має ряд суттєвих переваг порівняно з паяним кріпленням. Головні з них це можливість використовувати багатократно державки, яка є найскладнішою частиною інструмента, можливість використання пластин з покриттям, що значно збільшує період стійкості, відсутність заточувальних операцій.

Використовують наступні типи пластин:

1. По призначенню: різальні, опорні, остружколамні. Опорні пластини застосовують, забезпечуючи більшу довговічність корпуса, захищаючи його від пошкоджень при поламці різальної та збільшують загальну товщину твердого сплаву.

2. За формою: шестигранні і п'ятигранні; круглі; квадратні; тригранні; ромбічні з найменшими кутами при вершині 35, 50, 75, 80, 86°; шестигранні; прямокутні; паралелограмні з кутом при вершині 55, 84, 85, 88°.

Для 3-х та 4-х граней пластин використовують задні кути  $\alpha_{пл.} = 0,7, 11, 20^\circ$ . П'ятигранні та шестигранні пластини не мають задніх кутів

3. По конструкції: з отвором; без отвору.

4. За формою передньої поверхні: плоскі, з остружколаммними канавками.

5. По розмірах діаметра вписаного кола: 6,35; 9,525; 12,7; 15,875; 19,05 і 25,4 мм.

6. По величині задніх кутів.

7. По оформленню вершини леза: з радіусом, фасками (перехідними різальними кромками).

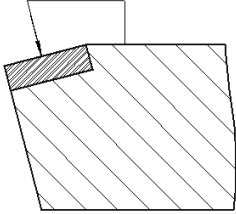
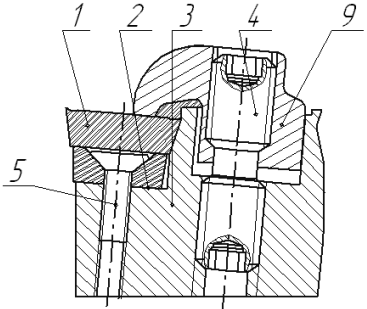
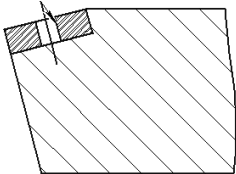
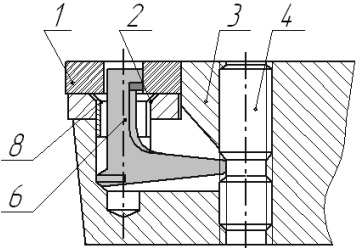
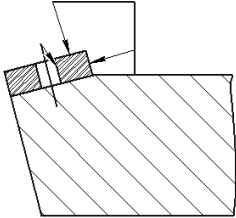
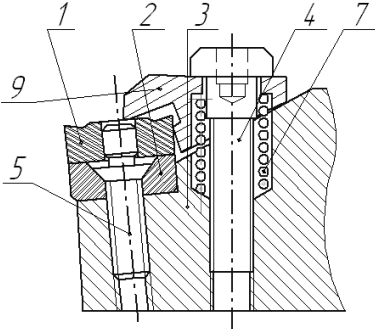
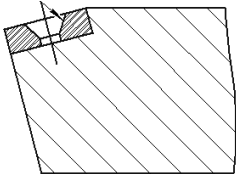
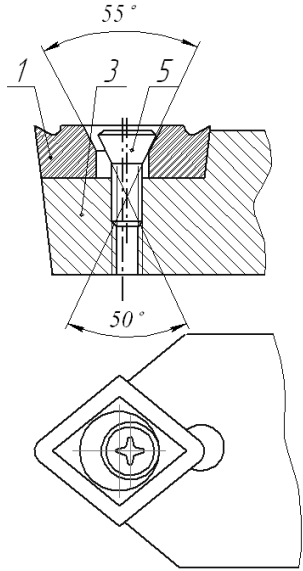
8. По точності виготовлення класів допусків: *A, F, C, H, E, G, I, K, L, M, U*.

Для зазначених класів допусків точність діаметра вписаного кола складає від  $\pm 0,013(F)$  до  $\pm 0,25$  мм (*U*); товщини пластини від  $\pm 0,025$  до  $\pm 0,13$  мм. Пластини точних класів допусків застосовують для багатозубих інструментів і інструментів, що вимагають заміну без під наладки (наприклад, для різців автоматичних ліній).

Рекомендації по застосуванню пластин різних форм приведені в ГОСТ 19042 - 80. Пластини з БВТС мають розміри, аналогічні розмірам пластин з вольфрамових сплавів, але випускаються більш обмеженої номенклатури. За ГОСТ 25003-81 пластини з мінералокераміки випускають чотирьох форм: квадратні, трикутні, ромбічні і круглі з розмірами, аналогічними твердосплавним пластинам без отворів.

Схеми кріплення пластин до державок наведені у таблиці 1.1, а класифікація пластин та державок згідно ISO у таблицях 1.2 та 1.3.

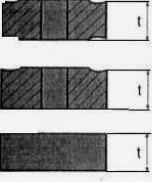
Таблиця 1.1 – Схеми та варіанти конструкцій кріплень пластин до державок різців

Позначення	Схема кріплення	Варіант конструкції
С		
Р		
М		
S		

Таблиця 1.2 – Позначення пластинки згідно ISO

1 Форма			2 Задній кут		4 Тип Пластинки																																																																																						
<b>C</b>	<b>D</b>	<b>E</b>	<b>N</b>	<b>B</b>	<b>A</b>	<b>G</b>	<b>M</b>																																																																																				
<b>H</b>	<b>K</b>	<b>R</b>	<b>C</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>B, W</b>	<b>T.H</b>																																																																																				
			<b>Special Z, X</b>																																																																																								
<b>S</b>	<b>T</b>	<b>V</b>																																																																																									
<b>W</b>																																																																																											
3 Точність																																																																																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Class</th> <th>m</th> <th>t</th> <th>d</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>A</b></td> <td>±0.005</td> <td>±0.025</td> <td>±0.025</td> </tr> <tr> <td><b>F</b></td> <td>±0.005</td> <td>±0.025</td> <td>±0.013</td> </tr> <tr> <td><b>C</b></td> <td>±0.013</td> <td>±0.025</td> <td>±0.025</td> </tr> <tr> <td><b>H</b></td> <td>±0.013</td> <td>±0.025</td> <td>±0.013</td> </tr> <tr> <td><b>E</b></td> <td>±0.025</td> <td>±0.025</td> <td>±0.025</td> </tr> <tr> <td><b>G</b></td> <td>±0.025</td> <td>±0.13</td> <td>±0.025</td> </tr> <tr> <td><b>M</b></td> <td>±0.08 - ±0.18</td> <td>±0.13</td> <td>±0.05 - ±0.13</td> </tr> <tr> <td><b>U</b></td> <td>±0.13 - ±0.38</td> <td>±0.13</td> <td>±0.08 - ±0.25</td> </tr> </tbody> </table>				Class	m	t	d	<b>A</b>	±0.005	±0.025	±0.025	<b>F</b>	±0.005	±0.025	±0.013	<b>C</b>	±0.013	±0.025	±0.025	<b>H</b>	±0.013	±0.025	±0.013	<b>E</b>	±0.025	±0.025	±0.025	<b>G</b>	±0.025	±0.13	±0.025	<b>M</b>	±0.08 - ±0.18	±0.13	±0.05 - ±0.13	<b>U</b>	±0.13 - ±0.38	±0.13	±0.08 - ±0.25	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="3">Діаметр вписаного кола</th> <th colspan="4">Точність</th> </tr> <tr> <th colspan="2">m</th> <th colspan="2">d</th> </tr> <tr> <th>Class M</th> <th>Class U</th> <th>Class M</th> <th>Class U</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><b>6.35</b></td> <td>±0.08</td> <td>±0.13</td> <td>±0.05</td> <td>±0.08</td> </tr> <tr> <td><b>9.52</b></td> <td>±0.08</td> <td>±0.13</td> <td>±0.05</td> <td>±0.08</td> </tr> <tr> <td><b>12.70</b></td> <td>±0.13</td> <td>±0.20</td> <td>±0.08</td> <td>±0.13</td> </tr> <tr> <td><b>15.88</b></td> <td>±0.15</td> <td>±0.27</td> <td>±0.10</td> <td>±0.18</td> </tr> <tr> <td><b>19.05</b></td> <td>±0.15</td> <td>±0.27</td> <td>±0.10</td> <td>±0.18</td> </tr> <tr> <td><b>25.40</b></td> <td>±0.18</td> <td>±0.38</td> <td>±0.13</td> <td>±0.25</td> </tr> <tr> <td><b>31.75</b></td> <td>±0.18</td> <td>±0.38</td> <td>±0.13</td> <td>±0.25</td> </tr> </tbody> </table>				Діаметр вписаного кола	Точність				m		d		Class M	Class U	Class M	Class U	<b>6.35</b>	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08	<b>9.52</b>	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08	<b>12.70</b>	±0.13	±0.20	±0.08	±0.13	<b>15.88</b>	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18	<b>19.05</b>	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18	<b>25.40</b>	±0.18	±0.38	±0.13	±0.25	<b>31.75</b>	±0.18	±0.38	±0.13	±0.25
Class	m	t	d																																																																																								
<b>A</b>	±0.005	±0.025	±0.025																																																																																								
<b>F</b>	±0.005	±0.025	±0.013																																																																																								
<b>C</b>	±0.013	±0.025	±0.025																																																																																								
<b>H</b>	±0.013	±0.025	±0.013																																																																																								
<b>E</b>	±0.025	±0.025	±0.025																																																																																								
<b>G</b>	±0.025	±0.13	±0.025																																																																																								
<b>M</b>	±0.08 - ±0.18	±0.13	±0.05 - ±0.13																																																																																								
<b>U</b>	±0.13 - ±0.38	±0.13	±0.08 - ±0.25																																																																																								
Діаметр вписаного кола	Точність																																																																																										
	m		d																																																																																								
	Class M	Class U	Class M	Class U																																																																																							
<b>6.35</b>	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08																																																																																							
<b>9.52</b>	±0.08	±0.13	±0.05	±0.08																																																																																							
<b>12.70</b>	±0.13	±0.20	±0.08	±0.13																																																																																							
<b>15.88</b>	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18																																																																																							
<b>19.05</b>	±0.15	±0.27	±0.10	±0.18																																																																																							
<b>25.40</b>	±0.18	±0.38	±0.13	±0.25																																																																																							
<b>31.75</b>	±0.18	±0.38	±0.13	±0.25																																																																																							

Продовження таблиці 1.2

<p><b>6</b> Товщина пластини</p>  <p>                 O1 = 1.59mm                  T1 = 1.98mm                  O2 = 2.38mm                  T2 = 2.78mm                  O3 = 3.18mm                  T3 = 3.97mm                  O4 = 4.76mm                  O5 = 5.56mm                  O6 = 6.35mm                  O7 = 7.94mm                  O9 = 9.52mm             </p>	<p><b>7</b> Радіус при вершині</p>  <p>                 O1 = 0.1mm                  O2 = 0.2mm                  O4 = 0.4mm                  O5 = 0.5mm                  O8 = 0.8mm                  12 = 1.2mm                  16 = 1.6mm                  20 = 2.0mm                  24 = 2.4mm                  32 = 3.2mm             </p>	<p><b>8</b> Напрямок подачі</p>  <p> <b>R</b> Right hand  <b>L</b> Left hand             </p>	<p><b>9</b> Позначення Стружкопалу</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><b>WS</b> Winer Super Finishing Чистова Обробка</li> <li><b>FA</b> Finishing Accurate</li> <li><b>FG</b> General Finishing</li> <li><b>EA</b> Finishing, Exotic Materials</li> <li><b>SF</b> Finishing, Stainless Steel</li> <li><b>MP</b> Medium Popular</li> <li><b>GU</b> Medium Roughing</li> <li><b>MT</b> Medium Roughing</li> <li><b>SU</b> Medium, Exotic Materials</li> <li><b>WT</b> Wiper, Medium Roughing</li> <li><b>ET</b> Roughing, Exotic Materials</li> <li><b>RT</b> Roughing, Tough Rake Angle</li> <li><b>RH</b> Roughing High Feed Чорнова Обробка</li> <li><b>HT</b> Roughing, High Feed</li> </ul>
<p><b>12</b> <b>04</b> <b>08</b> ( <b>R</b> ) <b>MP</b></p> <p>5 6 7 8 9</p>			

**5** Довжина різального леза

I.C(mm)	C	D	E	R	S	T	V	W	K	H
3.97	03	04			03	06		02		
4.76	04	05			04	08	08			
5.56	05	06			05	09	09	03		
6.35	06	07			06	11	11	04		
7.94	08	09			07	13	13	05		
8.0				08						
9.52	09	11		09	09	16	16	06	16	
10.0				10						
12.0				12						
12.7	12	15	13		12	22	22	08		05
15.88	16	19		15	15	27	27	10		
16.0				16						
19.05	19	23		19	19	33	33	13		10
20.0				20						
25.0				25						
25.4	25	31		25	25	44				
32.0				32						

Таблиця 1.3 – Позначення державки згідно ISO

1 Схема Затиску Пластини		4 Задній Кут Пластини		2 Форма Пластини		
P/Lever Lock	C/Top Clamp	N	B	C	D	E
S/Screw Clamp	M/Multi Lock	C	P	H	K	R
T,D/Double Clamp	W/Wedge Clamp			S	T	V
						W

<b>P</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>
1	2	3	4	5

3 Кут у Плані								
Symbol	Форма	Примітка	Symbol	Форма	Примітка	Symbol	Форма	Примітка
A		X	J		○	V		X
			K		○	W		○
B		X	L		○	X	special	
			M		X	C*		X
D		X	N		X	H*		○
E		X	R		○	Q*		○
F		○	S		○			
G		○	T		○			
			U		○			

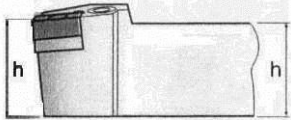
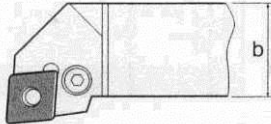
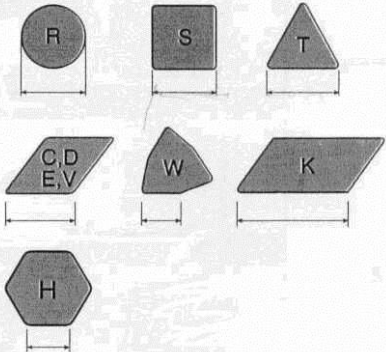
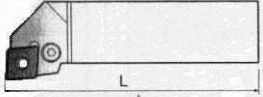
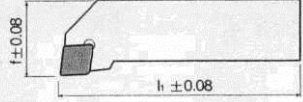
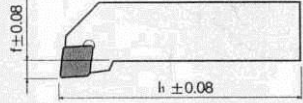
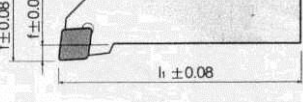
  

5 Напрямок Подачі	
	Right hand
	R
	Neutral
	N
	Left hand
	L

Примітка ○ = I.S.O. X = Taegu'



Продовження таблиці 1.3

6	7	9																																																					
<p>ВИСОТА ДЕРЖАВКИ</p> 	<p>ШИРИНА ДЕРЖАВКИ</p> 	<p>ДОВЖИНА РІЗАЛЬНОГО ЛЕЗА</p> 																																																					
<p><b>25</b> 6</p>	<p><b>25</b> 7</p>	<p><b>M</b> 8</p>	<p><b>12</b> 9</p>	<p>— 10</p>	<p>— 11</p>																																																		
<p>8</p> <p>ДОВЖИНА ІНСТРУМЕНТА</p>	<p>10</p> <p>КОМПЛЕКТНИЙ ІНСТРУМЕНТ</p>		<p>11</p> <p>ВІРОБНИК</p>																																																				
	<p>Q</p> 																																																						
<table border="1"> <thead> <tr> <th>L (mm)</th> <th>Symbol</th> <th>L (mm)</th> <th>Symbol</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>32</td><td>A</td><td>160</td><td>N</td></tr> <tr><td>40</td><td>B</td><td>170</td><td>P</td></tr> <tr><td>50</td><td>C</td><td>180</td><td>Q</td></tr> <tr><td>60</td><td>D</td><td>200</td><td>R</td></tr> <tr><td>70</td><td>E</td><td>250</td><td>S</td></tr> <tr><td>80</td><td>F</td><td>300</td><td>T</td></tr> <tr><td>90</td><td>G</td><td>350</td><td>U</td></tr> <tr><td>100</td><td>H</td><td>400</td><td>V</td></tr> <tr><td>110</td><td>J</td><td>450</td><td>W</td></tr> <tr><td>125</td><td>K</td><td>500</td><td>Y</td></tr> <tr><td>140</td><td>L</td><td>Special</td><td>X</td></tr> <tr><td>150</td><td>M</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	L (mm)	Symbol	L (mm)	Symbol	32	A	160	N	40	B	170	P	50	C	180	Q	60	D	200	R	70	E	250	S	80	F	300	T	90	G	350	U	100	H	400	V	110	J	450	W	125	K	500	Y	140	L	Special	X	150	M			<p>F</p> 		
L (mm)	Symbol	L (mm)	Symbol																																																				
32	A	160	N																																																				
40	B	170	P																																																				
50	C	180	Q																																																				
60	D	200	R																																																				
70	E	250	S																																																				
80	F	300	T																																																				
90	G	350	U																																																				
100	H	400	V																																																				
110	J	450	W																																																				
125	K	500	Y																																																				
140	L	Special	X																																																				
150	M																																																						
	<p>B</p> 																																																						

У вітчизняній практиці найбільш поширеними є чотири схеми механічного кріплення різальних пластин до державки (таблиця 1.1), кожна з яких відрізняються великою різноманітністю варіантів конструкції.

Кріплення прихватком (*спосіб С*) застосовують для пластин без отворів, в тому числі керамічних. Пластину встановлюють в закритий паз і базують по опорній і бічних поверхнях із забезпеченням високої точності базування пластин і надійність кріплення за рахунок збільшення товщини твердого сплаву, різальна 1 та опорна 2 пластинки якого щільно прилягають по базових поверхнях. На різцях для обробки сталей може застосовуватися остружколамні пластини. Кількість різальних лез при застосуванні негативних пластин у 2 рази більша. Недоліками даного способу є відносна складність конструкції та великі габарити. Якість обробки базових поверхонь державки 3 характеризується параметром шорсткості  $R_{z6,3-10}$  мкм при не площинності 0,05 у бік увігнутості.

Схема кріплення по *способу Р* передбачає застосування поворотного елемента (поз.6, таблиця 1.1) (*L*-подібного важеля або штифта), який забезпечує притискання пластини 1 до бічних базових поверхонь закритого паза державки 3, і застосовується для пластин з отвором, забезпечуючи високу точність базування, однак не гарантує точного прилягання опорних поверхонь пластини та державки. Один з найпоширеніших варіантів даної конструкції представлено у таблиці 1.1. Використання крихких матеріалів через концентратор напружень не можливе, однак відведення остружки по відкритій передній поверхні не ускладнено.

Кріплення пластини по *способу М* виконується клином-прихватком, який зсувається по похилій площині. Забезпечується надійне кріплення, однак зусилля сил різання та затиску спрямовані у різні боки, що приводить до невизначеності положення пластини. Тому такий тип кріплення доцільно використовувати для чорнового інструменту.

Схема, (*спосіб S*) передбачає застосування пластин з конічним отвором, які кріплять гвинтами з конічною голівкою. Вісь гвинта зміщена на 0,15 мм відносно отвору пластини, забезпечуючи тим самим притиск її до опорної і бічної сторін закритого паза. Таке надійне і малогабаритне кріплення застосовують на кінцевих фрезах, збірних свердлах і розточувальному інструменті. Відсутність зазору між опорними поверхнями пластини і корпусу забезпечується при затягуванні.

При виборі геометричних параметрів різальної частини різця для конкретних умов обробки слід мати на увазі наступне.

Кут в плані значно менше впливає на стійкість інструменту ніж значення переднього та заднього кутів. Так, відхилення цих геометричних параметрів від оптимальних значень приводять до значного зменшення стійкості інструменту. Наприклад, відхилення величини переднього кута на  $5^\circ$  від його оптимального значення може привести до зниження стійкості у різців до 3 разів, у фрез – до 2 разів; відхилення величини заднього кута на  $5^\circ$  викликає зниження стійкості у різців в 2 рази, у фрез – до 5 разів та приводить до викрашування різальних кромки. В той самий час вибір неоптимального значення кута в плані  $\varphi$  приводить до значно меншого зменшення стійкості.

В таблиці 1.4 приведені рекомендації по вибору радіусів при вершині в залежності від режимів різання і вимог до шорсткості оброблюваної поверхні.

Таблиця 1.4 - Радіуси закруглень при вершині багатогранних пластин

Шорсткість Ra, мкм	H <sub>max</sub>	S <sub>0</sub> , мм/об					
		0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,6	1,6	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
1,6	4,0	0,11	0,15	0,19	0,22	0,24	0,23
3,2	10	0,17	0,24	0,24	0,34	0,38	0,42
6,3	16	0,22	0,30	0,37	0,43	0,48	0,53
8,0	25	0,27	0,38	0,47	0,54	0,60	0,66
32,0	100	0,54	0,76	0,98	1,08	1,20	1,32

## Необхідне обладнання, інструменти та прибори:

1. Різці з механічним кріпленням пластинок.
2. Штангенциркуль, лінійка, ключі торцеві і накладні, відкрутка.
3. Універсальний кутомір.
4. Стенд, що пояснює класифікацію різців згідно ISO

## Порядок виконання роботи

Послідовність розглянутих теоретичних питань та відповідні літературні джерела, у яких викладені необхідні довідкові дані, представлені в таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – Порядок виконання роботи

№ п/п	Зміст роботи	Сторінки в літер. джерелі		
		[13]	[8]	[10]
1.	Ознайомитися з різцями, виданими викладачем для виконання роботи. Позначити державки різців і різальні пластинки відповідно ГОСТ 19042-80 та ГОСТ 19043-80.	68- 90	159- 181	257- 290, 227- 237
2.	Виконати робоче креслення різців з механічним кріпленням пластин з позначенням схеми кріплення, кутів робочої частини	-	159- 181	257- 290
3.	Визначити для яких технологічних переходів механічної обробки можна застосовувати різці. Виконати ескізи.	-	156	299- 304

## Зміст звіту

Звіт повинен мати: формулювання мети лабораторної роботи, ескіз різця з позначенням конструкції та способу кріплення, лінійних та кутових розмірів, розшифровкою класифікації ISO, а також основні висновки.

## Контрольні запитання

1. Які переваги інструментів оснащених БНП?
2. Назвіть методи кріплення пластинок твердого сплаву до токарних різців та дати їм коротку характеристику?
3. Вкажіть можливе використання різальних пластин, які мають нульовий задній кут?
4. Які зображення входять в робоче креслення різального інструмента за ГОСТ 2.109-73?
5. Для чого необхідні опорні пластинки різців?
6. Яка точність кутових та лінійних розмірів токарних різців та методи їх контролю?
7. Особливості конструкції чистових або чорнових різців, орієнтовні значення режимних параметрів?
8. Які вимоги надаються до поверхонь гнізд під різальні пластини?
9. Які основні критерії вибору допоміжного інструмента для верстатів з ЧПУ?
10. Які вимоги висувають до різального інструмента верстатів з ЧПУ?
11. Назвіть основні способи закріплення інструмента на токарних верстатах з ЧПУ?
12. Які переваги модульного інструмента в порівнянні з суцільним?
13. Що таке допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПУ та які вимоги надають до нього?
14. Охарактеризуйте допоміжний інструмент для токарних верстатів з ЧПУ розроблений закордонними фірмами.
15. Які особливості обробки різцями на важких токарних верстатах?

## 2 Лабораторна робота №2 Заточення і доводка різців

**Мета роботи:** оволодіння методикою і практичними навиками вимірювання величини зносу різців, розрахунку кількості переточувань, строку служби і норми витрат різців, вибору матеріалу абразивного інструменту та знайомство з технологією заточування і доведення різців, методикою налагодження поворотної заточувальної голівки.

### Теоретичні відомості

**Заточенням** називають операцію шліфування передньої і задньої поверхонь різця. При виготовленні різців проводять первинне заточування. При експлуатації – багатократно повторюють цю операцію для відновлення різальної властивості затуплених різців.

В залежності від режимів обробки, властивостей оброблюваного матеріалу, умов охолодження та інших факторів головне зношення різців може відбуватися : по задній поверхні по фасках, на яких величина заднього кута дорівнює нулю, (рисунок 2.1, а); по передній поверхні з утворенням лунки (рисунок 2.1, б); одночасно по передній та задній поверхням (рисунок 2.1, в).

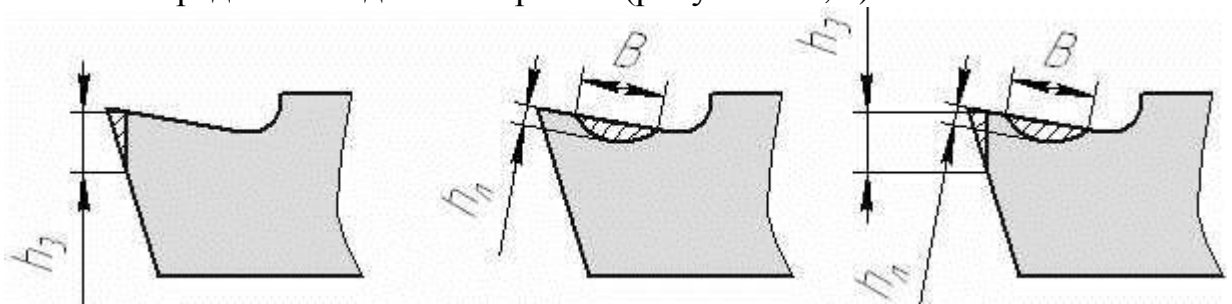


Рисунок 2.1 – Схеми зносу різців

При зрізанні тонких стружок (товщиною до 0,15 мм) з малими швидкостями різання знос утворюється в основному на задній поверхні (рисунок 2.1, а). Пояснюється це більшим шляхом тертя (через усадку стружки), пружною деформацією поверхневого шару при близьких значеннях його товщини до радіусу заокруглення різальної кромки. Такий знос характерний для протяжок, зуборізних довбачів, фасонних різців та іншого інструменту.

Знос по передній поверхні з'являється у випадках, коли на ній в процесі різання виникає висока контактна температура, що обумовлена високими питомими значеннями тиску. Таке зношення виникає при обробці сталей без охолодження з високими швидкостями та товщиною зрізаного шару. Між головним різальним лезом і краєм лунки залишається перемичка (рисунок 2.1, б), яка зменшується при збільшенні ширини  $B$  та глибини  $h_l$  лунки.

На практиці найчастіше спостерігається одночасне зношення інструменту по передній та задній поверхням, яке є загальним видом зношення.

Інтенсивність зношення залежить від матеріалів пари тертя та може мати абразивний, адгезійно-молекулярний або дифузійний характер.

Кінцевим результатом зносу твердосплавних і керамічних різців є повне крихке руйнування (сколювання) вершини різця, для різців з інструментальних сталей – пластична деформація та оплавлення вершини різця. Якщо оброблюються крихкі і тверді матеріали (чавун та ін.) з великими швидкостями різання край лунки збігається зі зношеною задньою поверхнею.

Таким чином, в залежності від умов змінюється вид та характер зносу різальних інструментів.

При експериментальному дослідженні зносу значення  $h_3$  вимірюють за допомогою спеціальних мікроскопів. Для вимірювання глибини лунки  $h_l$  використовують індикатор.

На основі даних виробництва встановлена економічно доцільна величина допустимого зносу різців. За основну її міру прийнята величина максимальної ширини площадки зносу по задній поверхні  $h_3$  в мм. Значення величин допустимого зносу для різців різних типів в залежності від умов обробки приведені в таблицях 2.1 та 2.2.

Таблиця 2.1 – Рекомендовані величини допустимого зносу твердосплавних різців

Тип різців	Оброблюваний матеріал	Марка твердого сплаву	Допустимий знос $h_3$ , мм	
Токарні відрізні та прохідні	Сталь, чавун, сплави кольорових металів	T5K10, T14K8	0,4...0,6	
		ВК8	0,6...0,8	
Стругальні прохідні, підрізні	Чавун, сплави кольорових металів	ВК6	0,6...0,8	
		ВК8	0,8...1,0	
Токарні прохідні, підрізні, расточувальні	Сталь вуглецева та легована	T5K10	1,0...1,5	
		T14K8, T15K6	0,8...1,0	
		T30K4, T60K6	0,4...0,6	
	Сплави та сталі жароміцні та нержавіючі	ВК, ТК	0,3...0,4	
		Чавун, сплави кольорових та легких металів	ВК8, ВК6	0,8...1,0
			ВК4	0,6...0,8
ВК3, ВК2	0,6...0,7			

Таблиця 2.2 - Рекомендовані величини допустимого зносу швидкорізальних різців

Типи різців	Оброблюваний матеріал	Умови та характер обробки	Допустимий знос $h_3$ , мм.
Токарні прохідні, підрізні, розточувальні	Сталь вуглецева та легувана	З охолодженням	1,5...2,0
		Без охолодження	0,3...0,5
	Сплави, сталі жароміцні та нержавіючі	-	1,0
		Чавун сірий та ковкий	Чорнова
Напівчистова	1,5...2,0		
Токарні відрізні та прорізні	Сталь, чавун ковкий	-	0,8...1,0
	Чавун сірий	-	1,5...2,0
Стругальні прохідні, підрізні	Сталь	Без охолодження	1,5...2,0
	Чавун	Чернова	3,0...4,0
		Чистова	1,5...2,0

За величиною допустимого зносу різців визначають норму зношення – товщину шару інструментального матеріалу, який знімається при заточуванні, та при одному заточуванні по задній поверхні (рисунок 2.2) визначається

$$M_3 = h_3 \cdot \sin \alpha + \Delta, \text{ мм} \quad (2.1),$$

де  $h_3$  – максимальна ширина зносу різця по задній поверхні в мм;

$\alpha$  – задній кут різця в град;

$\Delta$  – товщина дефектного шару в результаті зносу різця в мм,  $\Delta=0,15$  мм.

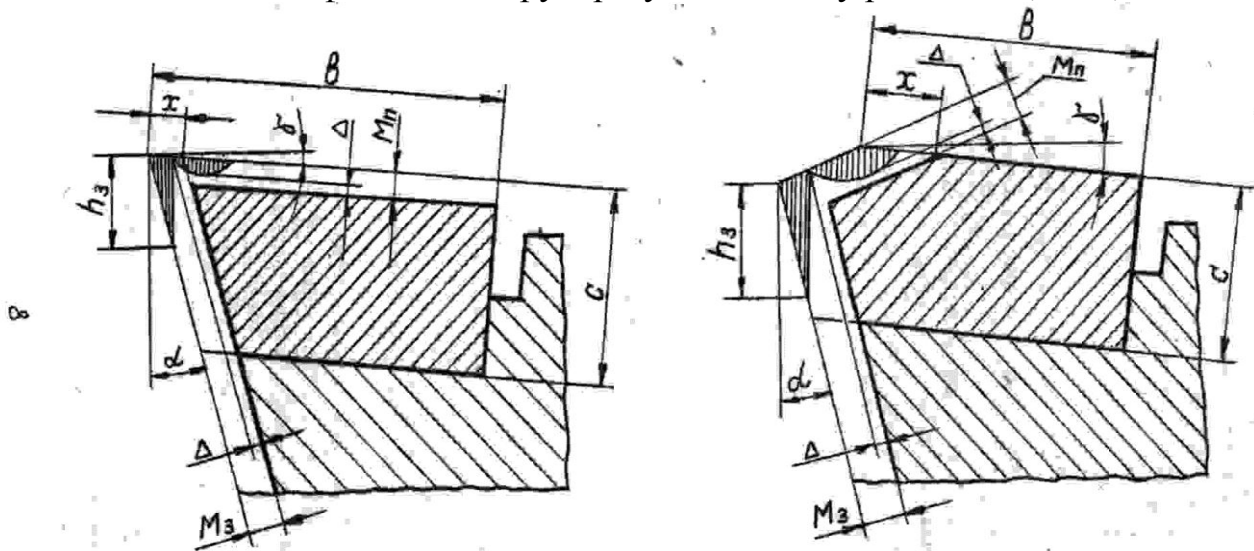


Рисунок 2.2 – Переріз різця головною січною площиною

Товщина шару, що зрізається при одному заточуванні різця, по передній поверхні (рисунок 2.2)

$$M_n = h_l + \Delta, \text{ мм} \quad (2.2)$$

де  $h_l$  – глибина лунки зноса на передній поверхні різця в мм.

Кількість переточувань, які допускаються пластиною при заточенні різця по задній поверхні

$$n_3 = \frac{b_c}{x}, \quad (2.3)$$

де  $b_c$  – допустима ширина сточування пластини  $b_c = 0,7 * b > 4$  мм,

$b$  – ширина пластини в мм;

$x$  – ширина шару, яку вимірюють по передній поверхні, при заточуванні задньої.

$$x = \frac{M_3}{\cos(\alpha + \gamma)} \cdot K_c, \text{ мм} \quad (2.4)$$

де  $\gamma$  – передній кут різця в град.;

$K_c$  – коефіцієнт, який враховує дрібні сколи різальних лез при зношуванні твердосплавних різців. (таблиця 2.3). Для різців з швидкорізальної сталі  $K_c = 1$ .

Таблиця 2.3 – Значення коефіцієнта  $K_c$  для різних типів різців

Вид обробки	Тип різців	
	Токарні прохідні, підрізні	Токарні відрізні, стругальні
Чернова	1,1	1,3
Чистова	1,2	

Кількість переточувань, допустимих пластиною, при заточуванні різця по передній поверхні

$$n_n = \frac{C_c}{M_n} \quad (2.5)$$

де  $C_c$  – найбільша допустима товщина сточування пластини,  $C_c = 0,6C$ ;  $C$  – товщина пластини в мм.

Загальний строк служби різця з врахуванням переточувань

по передній поверхні  $\sum T = n_n \cdot T$ , хв. (2.6)

по задній поверхні  $\sum T = n_3 \cdot T$ , хв. (2.7)

де  $\sum T$  – сумарна стійкість різця, яка відповідає даному зносу, в хв.

Середнє значення стійкості різців приведені в табл. 2.4.

Норма витрати різців (штук) на 1000 верстато–годин роботи

$$N = \frac{1000 \cdot 60}{\sum T} \cdot K_e, \quad (2.8)$$

де  $K_e$  – коефіцієнт випадкової втрати різців (таблиця 2.4).

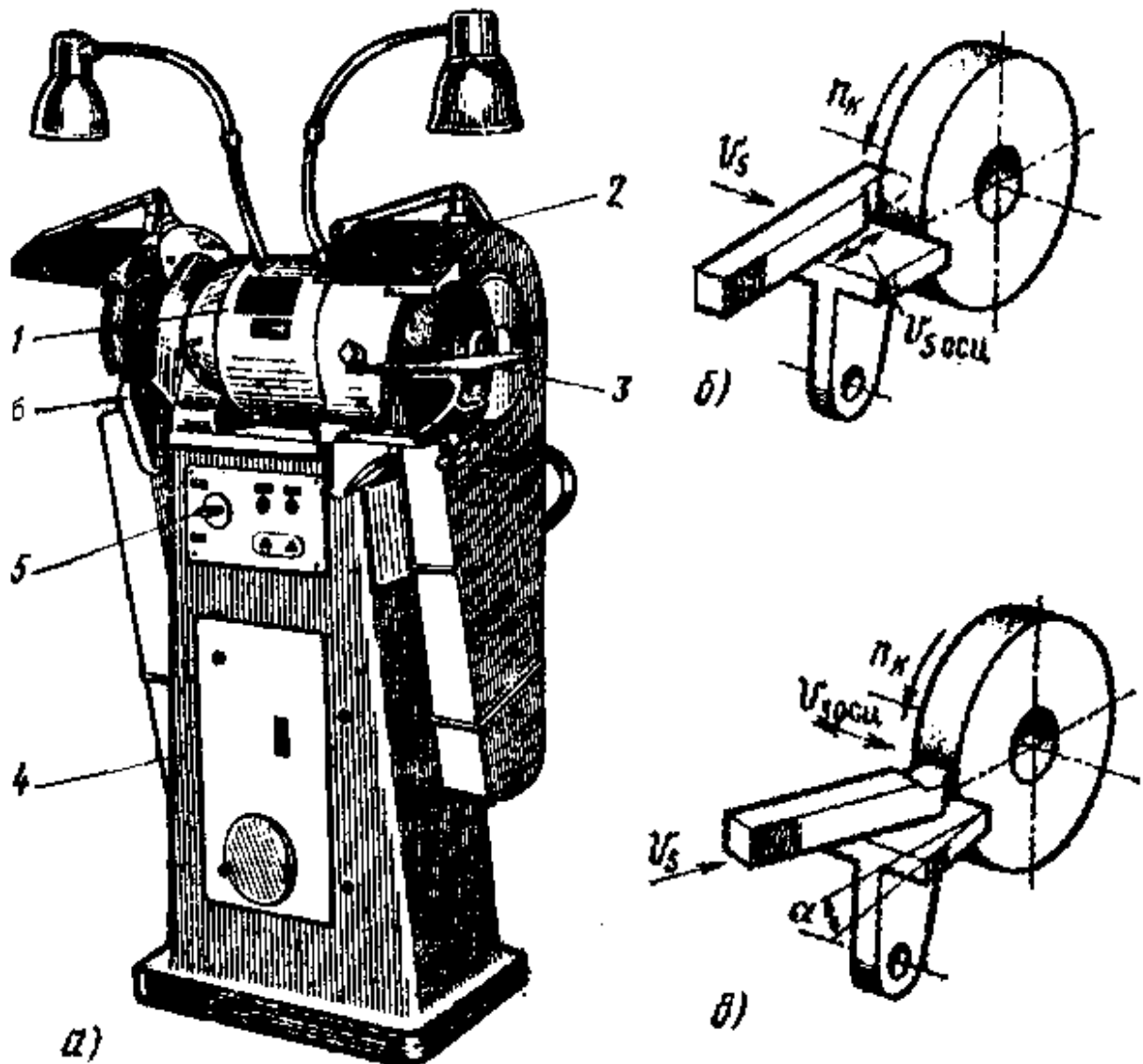
Таблиця 2.4 - Значення коефіцієнту випадкової втрати різців

Типи різців		$K_e$
Прохідні	Чистові	1,05
	Чернові	1,20
Підрізні		1,25
Відрізні		1,40



Коефіцієнтом випадкові втрати враховують невіправні пошкодження та поломку різців в процесі їх експлуатації. Причинами поломки можуть бути, наприклад, випадкове вимикання електроенергії, падіння різця і т.п.

Заточування різців виконують на спеціальних, універсальних та простих за конструкцією точильних верстатах (точилах). На точильних верстатах мод. 3Б633 (рисунок 2.3), 332А, 332Б, ТШ – 250 та інших поперечно і повздовжню подачі, а також притискання різця до шліфувального круга виконують вручну, тому при заточуванні важко отримати необхідну точність геометричної форми та високу якість робочих поверхонь та лез, що не дозволяє використовувати їх до роботи на верстатах з ЧПК та автоматах.



1 – шліфувальна голівка;  
4 – станина

2 – кожух  
5 – пульт керування

3 – торцевий стіл  
6 – підручник

а) загальний вигляд

б) наладка на заточення передньої поверхні

в) наладка на заточення задньої поверхні

Рисунок 2.3 – Точильно-шліфувальний верстат мод.3Б633

Більш високі точність, якість і продуктивність заточування різців забезпечує використання спеціальних заточувальних верстатів. Більшість спеціальних верстатів для заточування є напівавтоматами: 3А624, 3623, 3Е624 та ін. Цілком автоматизувати заточування різців ускладнено різноманітністю, широкими допусками на розміри державок і точністю пайки пластин, відсутністю точних баз для орієнтації при заточуванні.

На спеціальних верстатах можна виконувати заточування жорстке або пружне, за методом електрохімічної обробки (мод. 3626Э, 3623 та ін.), радіусних поверхонь (мод. 3629), виконувати шліфування остружколамних поріжків та лунок (мод. 3Б632В та ін.). Спеціальні верстати доцільно економічно використовувати тільки при заточуванні великих партій на спеціалізованих інструментальних та машинобудівних заводах.

Для заточування невеликих партій різців використовують універсально-заточувальні верстати моделей: 3Б641, 3В641 та ін. призначені для інструментів невеликих розмірів; мод. 3Б642, 3В642 та ін. – для середніх розмірів, мод. 3Б643 та ін. – для заточування крупно габаритних інструментів. Заточування може виконуватися при ручному або автоматичному переміщенні столу. Для автоматичного переміщення столу верстати гідрофіковані. Для встановлення і закріплення різців при заточуванні на універсально-заточувальних верстатах використовують трьох поворотні лещата (рисунок 2.4). Вони мають можливість повертатись у взаємо перпендикулярних площинах. Відлік кутів повороту лещат проходить по шкалам А, Б, В від початкового положення різця.

Різці заточують периферією круга прямого профілю (тип 1) або торцем чашкового круга (типи 6 та 11 ГОСТ 2424-83) (рисунок 2.5,а).

Шліфування торцем круга підвищує продуктивність заточування, знижує витрати абразивного матеріалу круга, забезпечує кращу шорсткість поверхні в порівнянні з обробленням периферією круга, тому є загальним способом заточування різців як на універсально-заточувальних, так і на спеціальних заточувальних верстатах.

При заточуванні на універсально-заточувальному верстаті різцю надають два рухи столом верстата: зворотно-поступальне переміщення вздовж робочої поверхні круга (повздовжня подача -  $S_{np}$ ) та переміщення на круг (поперечна подача на глибину шліфування -  $t$ ).

Поперечна подача може проводитись на подвійний або одинарний поздовжній хід стола верстата. Продуктивність процесу заточування при подачі на одинарний хід вища в порівнянні з заточуванням при подачі на подвійний хід. Але на універсально-заточувальних верстатах з ручним управлінням подачу на одинарний хід практично виконати важче, тому майже завжди заточування виконують з подачею на подвійний хід стола.

Шліфувальний круг та поверхня різця (рисунок 2.5,б,в) можуть знаходитись в безперервному контакті (*безперервна схема* заточування); або періодично виходить з контакту при кожному повздовжньому ході стола верстата (*переривчата схема* заточування).

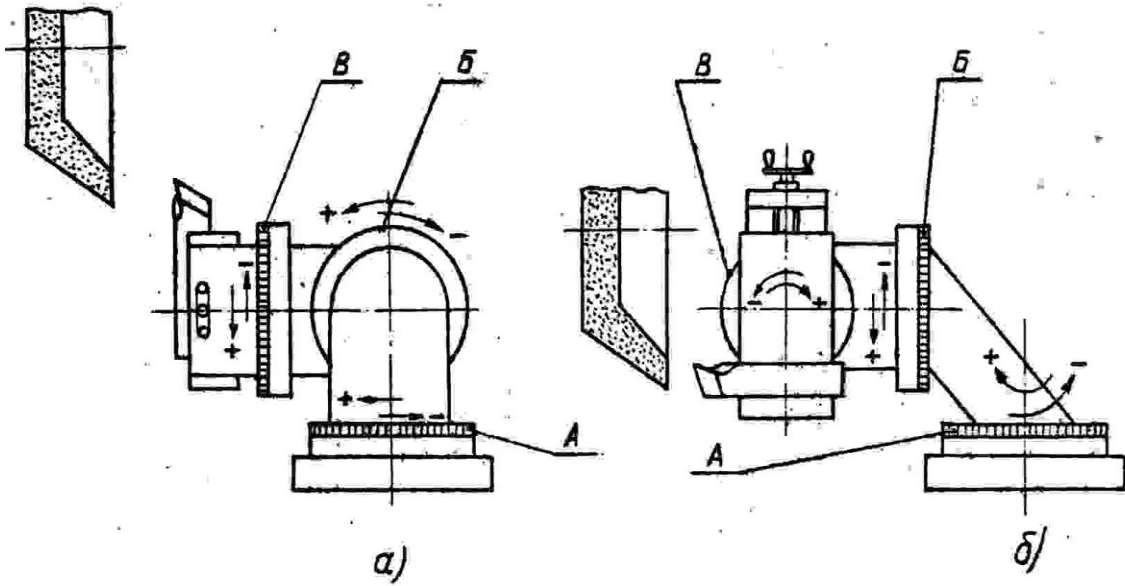


Рисунок 2.4 – Схема вихідних положень різця під час заточування

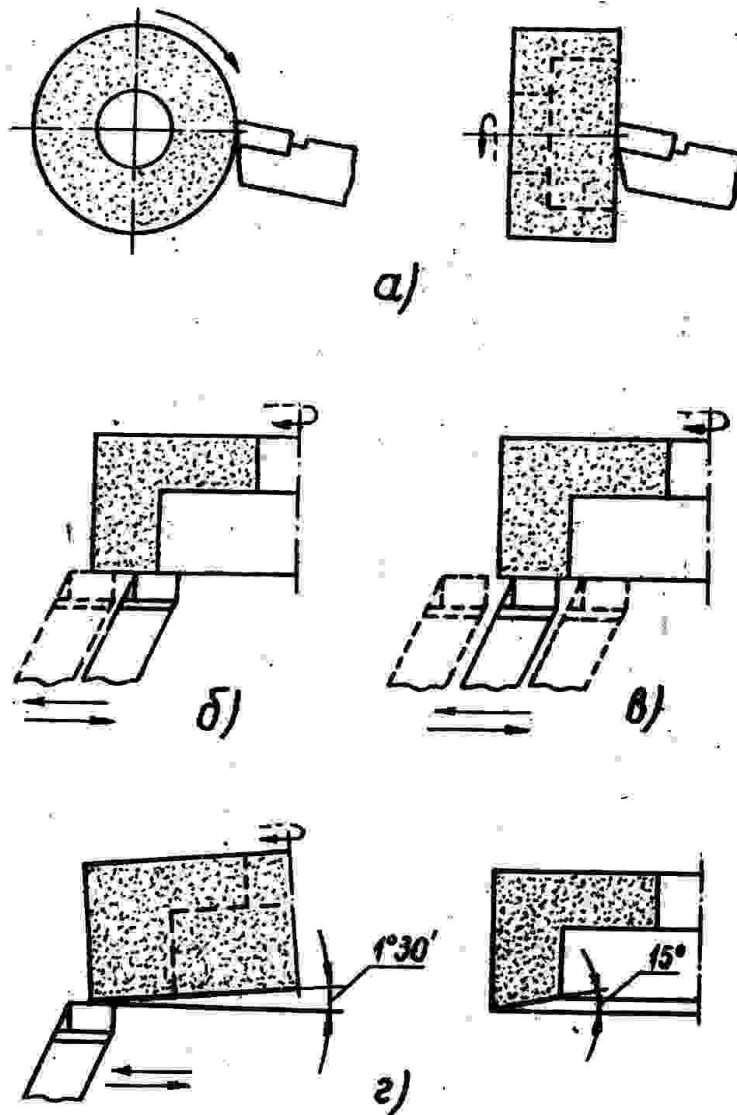


Рисунок 2.5 – Схеми заточення різців

При переривчатій схемі заточування врізання круга відбувається на усю глибину шліфування. Це викликає удари в момент торкання, які приводять до появи коливань системи ВПД, збільшенню шорсткості поверхні, підвищенню витрат абразивного матеріалу. Крім того, багатократне циклічне нагрівання та охолодження приводить до появи тріщин на твердосплавних пластинах.

При безперервній схемі заточування врізання круга проходить плавно, з невеликою швидкістю. Це дає змогу зменшенню шорсткості, зниженню питомих витрат абразивного матеріалу круга. Відсутність холостих перебігів підвищує продуктивність заточування. Недоліком схеми є підвищене нагрівання через відсутність охолодження при холостих перебігах різця.

Співставлення особливостей двох схем показує, що при заточуванні твердосплавних різців найбільш доцільно використовувати шліфування з неперервним контактом, а при заточуванні різців з швидкорізальної сталі – шліфування з переривчастим контактом.

Для зниження нагріву і зменшення шорсткості поверхонь, що заточують, торець абразивного круга правлять під кутом 15 градусів (рис. 2.5, г), а при встановленні шліфувального круга на універсальному заточувальному верстаті повертають шліфувальну головку верстата на кут 1 град. 30 хв.

При неправильно вибраних режимах заточування і характеристиці шліфувального круга на заточувальних поверхнях утворюються припали, тріщини та інші дефекти в поверхневому шарі, а також проходить викривлення геометричної форми поверхонь і різальних лез в результаті відгину круга.

**Доведенням** називають кінцеву чистову обробку робочих поверхонь різців. Вона необхідна для усунення дефектів, що залишаються після заточення, придання різальній кромці правильної геометричної форми, а також для зменшення радіусу закруглення лез і шорсткості робочих поверхонь різців. При доведенні кромки контакт між різальним та доводочним інструментами повинен бути мінімальним, по невеличкій фасці.

Використовують два методи доведення різців: дрібнозернистими шліфувальними кругами і абразивними пастами, нанесеними на диск (притир) (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 - Характеристика кругів для доведення різців

Матеріал робочої частини різця	Характеристика круга		
	Абразивний матеріал	Зернистість	Зв'язка
Твердий сплав	АС2, (АС0, АСМ)	50/40-40/28	Бакелітова
Швидкорізальна сталь	КО		
	ЛО	Л6 – ЛМ40	

Паста складається з суміші абразивних порошків з неабразивними допоміжними речовинами. Абразивні порошки використовуються з розміром зерна 5...20 мкм алмаза, ельбору або карбідів бора, кремнію, кубаніту тощо. В склад допоміжних речовин входять: стеарин, парафін, олеїнова кислота, мастила та інші речовини. Допоміжні речовини сприяють утриманню на поверхні притиру

абразивних зерен і прискорюють процес руйнування оброблюваного матеріалу (через хімічну активність).

Притир виготовляють з чавуну. Швидкість обертання притиру 2,5 м/с в напрямку від державки до леза різця – протилежному напрямку обертання заточувального круга. Режими доведення:  $V=25..30$  м/с;  $t=0,007...0,01$  мм/дв.х.;  $s=0,5...1,0$  м/хв. Якість доведення пастами вище, ніж шліфувальними кругами. через те, що зерна абразиву при вільному положенні на поверхні притиру, який повільно обертається, не утворюються великі тиски і високі температури. Але, доведення пастами більш тривале. Для доведення різців пастами використовують спеціальні верстати для доведення, наприклад, мод. 3818 та ін., а для доведення шліфувальними кругами – ті ж верстати, що і для заточування різців, а також спеціальні, наприклад, мод. 3622Д та ін.

Форма передньої поверхні може бути плоскою або криволінійною (рисунок 2.6,а,в). Плоску форму використовують при обробці різанням твердих і крихких матеріалів (чавун, бронза, сталь  $\sigma_b > 800$  мПа та ін.), вона може мати додатній або від'ємний передній кут  $\gamma$ .

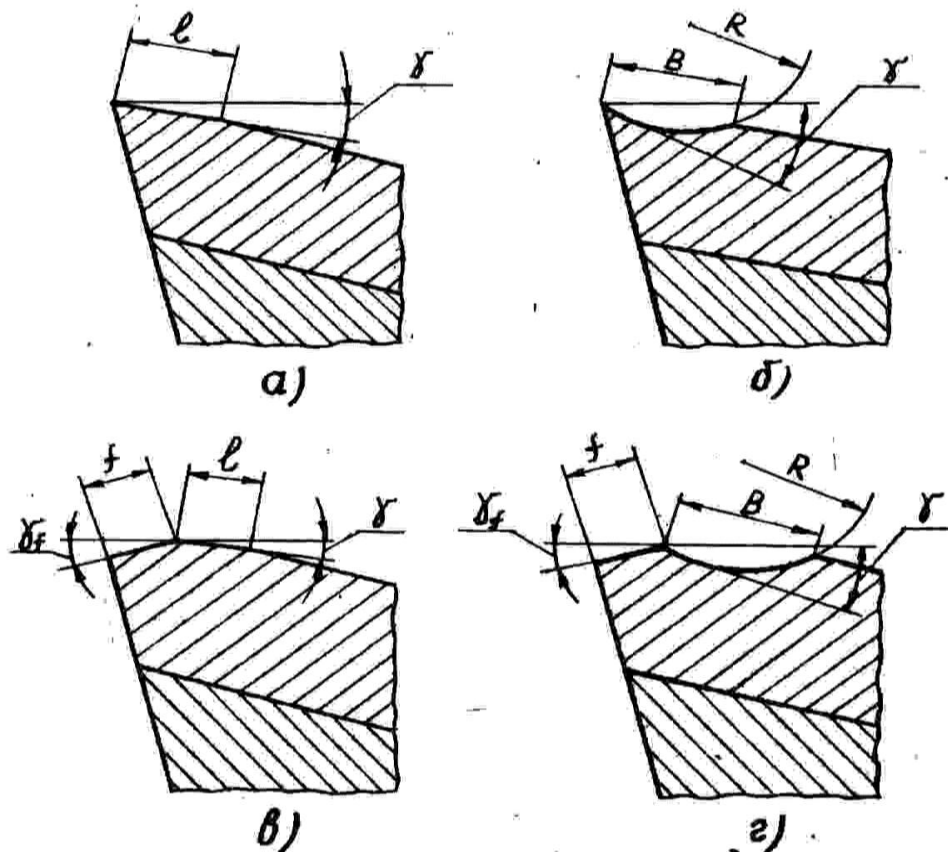


Рисунок 2.6 - Форма заточених і доведених робочих поверхонь різців

Криволінійну форму передньої поверхні (рисунок 2.6,б,г) використовують при обробці в'язких, м'яких та середньої твердості матеріалів ( $\sigma_b \leq 800$  мПа) лунка полегшує завивання та відвід стружки при роботі різця, її розміри вибирають в залежності від режиму різання та механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

Для збільшення міцності та запобігання від викрашування різальних лез різців обидві форми передньої поверхні можуть бути доповнені спрочнувальною фаскою (рисунок 2.6,в,г). Це сприяє економії інструментального матеріалу та скороченню часу на заточування передньої поверхні. Ширина фаски  $f=2\dots4$  мм та величина кута її нахилу  $\gamma_f$  залежать від величини подачі і механічних властивостей інструментального і оброблюваного матеріалів.

Задню поверхню виконують під одним, двома та трьома задніми кутами (рисунок 2.7, а,б,в), а також з зависанням пластини над державкою (рисунок 2.7,г). Величина зависання пластини після напаявання  $m=1,5$  мм, після заточування –  $m=0,8$ мм. Задню поверхню з одним кутом виконують у різців, які не потребують доведення, з двома кутами – для доведення смужкою шириною  $h=2..3$ мм, з трьома кутами – у твердосплавних різців, з метою заточування пластини та державки різними шліфувальними кругами.

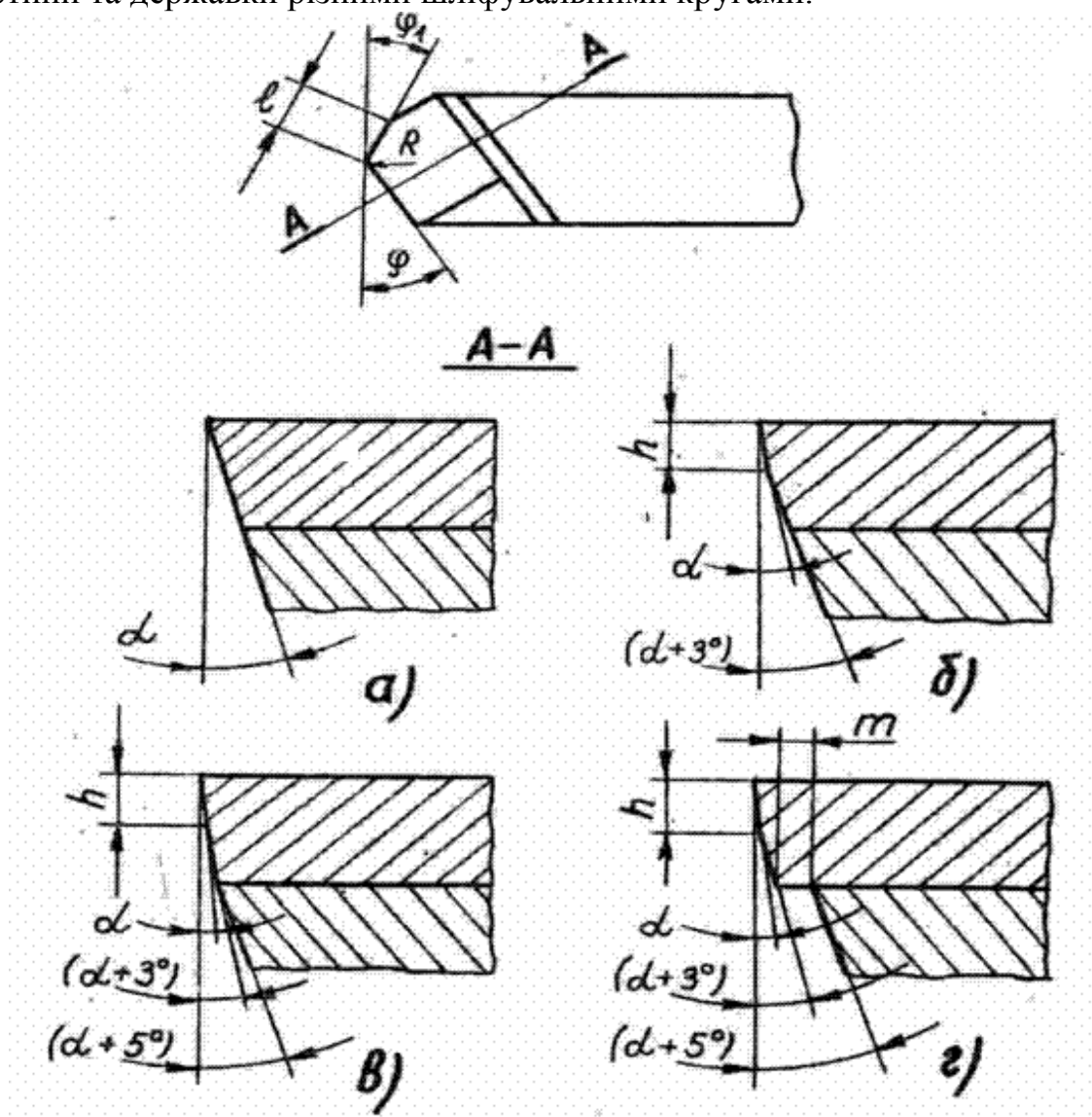


Рисунок 2.7 – Форма заточення і доведення задніх поверхонь

Форми допоміжної та головної задніх поверхонь аналогічні, заточування виконують на ширині  $h=3\dots5$ мм. (рисунок 2.6).

Рекомендовані форми заточування робочих поверхонь різців та величин кутів на них приведені в ГОСТах 18868 – 73, 18884 – 73 та довідниках.

**Технологічні процеси заточування і доведення різців.**

Послідовність операцій заточування та доведення різців з напаяними пластинами твердого сплаву.

1) Шліфування головної та допоміжної задніх поверхонь *на державці* під кутами ( $\alpha+5^\circ$ ) та ( $\alpha_1+5^\circ$ ).

2) Заточування головної і допоміжної задніх поверхонь *на пластині* під кутами ( $\alpha+3^\circ$ ) та ( $\alpha_1+3^\circ$ ), при відсутності доведення різця – під кутами  $\alpha$  та  $\alpha_1$ .

У випадку використання алмазних кругів на керамічній зв'язці К1, операції 1 та 2 суміщають – різці заточують одночасно по державці і пластині.

3) Заточування передньої поверхні різця під кутом ( $\gamma+2^\circ$ ), при відсутності доведення різця – під кутом  $\gamma$ .

4) Заточення остружколамних канавок (лунок) або уступів.

Для заточування канавок використовуються алмазні шліфувальні круги з напівкруглим опуклим профілем, форма 1FF1 за ГОСТ 16180-91. Уступи заточують алмазними кругами (типу 11 –АЧК). Для отримання заданої форми уступу круг перед заточуванням опрацьовують по профілю уступу.

5) Доведення передньої поверхні під кутом  $\gamma$ , фаски  $\gamma_f$ , задніх поверхонь по смужкам під кутами  $\alpha$  та  $\alpha_1$ , вершини різця по радіусу R (рисунок 2.6).

Для заточення різців, оснащених пластинами твердого сплаву з вмістом кобальту в сплаві менше 6% (наприклад, сплави марок ВК2, Т30К4 та ін.), використовують алмазні шліфувальні круги; а пластин з вмістом кобальту в сплаві більш 6% (наприклад, сплави марок ВК8, Т5К10 та ін.) – шліфувальні круги з карбіду кремнію зеленого.

Круги з карбіду кремнію зеленого економічно доцільно використовувати також при заточуванні різців, які мають крупні сколення на різальних лезах та знос робочих поверхонь, який перевищує допустимий. Після заточування кругами із карбіду кремнію необхідне доведення робочих поверхонь для виділення дефектного шару, утвореного в процесі заточування.

Для доведення використовують, звичайно, дрібнозернисті алмазні круги, пастами доводять різці для більш точних прецизійних робіт. Зміст і послідовність операцій заточування і доведення різців з швидко різальної сталі та твердого сплаву цілком відповідають. Виключенням є операція попереднього шліфування задніх поверхонь державки, яка окремо не виконується.

Різці з швидкорізальної сталі нормальної продуктивності (наприклад, марок Р6М5, Р18 та ін.) заточують шліфувальними кругами з електрокорунду, а підвищеної продуктивності (наприклад, марок Р9Ф5, Р14Ф5, Р10К5Ф5 та ін.) – кругами з ельбору або кубоніту через велику кількість карбідів ванадію, які мають приблизно таку ж твердість, як і зерна електрокорунду. Тому при шліфуванні в тонкому поверхневому шарі виникають висока температура і тиск, через значне тертя, можуть утворитися припали, змінитися структура і механічні властивості.

Поверхневий шар зі зміненою структурою і механічними властивостями становиться дефектним, що різко знижує стійкість різця, він швидко зношується та, відповідно, потребує частих переточувань.

Для доведення різців з швидкорізальної сталі використовують, в більшості, дрібнозернисті круги з ельбору або кубоніту, пастами доводять різці, призначені для прецизійних робіт.

Для охолодження зони різання при заточуванні і доводці різців використовують мастильно-охолоджуючі рідини (МОР), які направляють у місце контакту круга з поверхнею різця в більшості випадків способом поливу безперервним струмком з витратою від 3 до 5 л/хв. При відсутності на верстаті системи подачі і збору МОР, використовують охолодження кругів за допомогою тампона з фетру. Тампон змочують з капельниці, закріпленої на кронштейні шпindelної головки верстата. В якості МОР може бути використана 1,5...3% емульсія НГЛ-205 або інші склади, рекомендовані довідковою літературою.

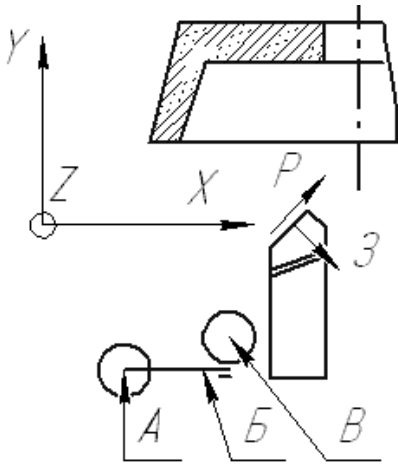


Рисунок 2.8 – Схема наладки верстату

### Розрахунок кутів орієнтації заточувальної головки

Виконують за звичайним алгоритмом:

1. визначають нормаль до поверхні, що заточують (доводять);
2. орієнтують нормаль навколо осей голівки у визначеному порядку .

Фрагмент програми по визначенню параметрів орієнтації поворотної голівки під час заточення виконаний у пакеті програм MathCAD наведено нижче

### Визначення нормалі до задньої поверхні, яка заточується

Результати вимірювань кутів  $\phi := 40 \cdot \text{deg}$   $\phi = 0.698$   $\alpha := 9 \cdot \text{deg}$   $\alpha = 0.157$   $\lambda := 0$

Знаходження векторів , що знаходяться у задній площині та нормалі до неї

$$P := \begin{pmatrix} \cos(\phi) \\ \sin(\phi) \\ -\tan(\lambda) \end{pmatrix} \quad P = \begin{pmatrix} 0.766 \\ 0.643 \\ 0 \end{pmatrix} \quad Z := \begin{pmatrix} \sin(\phi) \\ -\cos(\phi) \\ -1 \\ \tan(\alpha) \end{pmatrix} \quad Z = \begin{pmatrix} 0.643 \\ -0.766 \\ -6.314 \end{pmatrix} \quad N := P \times Z$$

У поверненому положенні нормаль спрямована вздовж осі Y

$$a := 0 \quad b := 0 \quad \text{Given} \quad (L4(a) \cdot L6(b) \cdot N)_0 = 0 \quad (L4(a) \cdot L6(b) \cdot N)_2 = 0$$

$$U := \text{Find}(a, b) \quad U \cdot \frac{180}{\pi} = \begin{pmatrix} 9 \\ -40 \end{pmatrix}$$

Перевірка  $\theta_b := 9 \cdot \text{deg}$   $\theta_v := -40 \cdot \text{deg}$   $L4(\theta_b) \cdot L6(\theta_v) \cdot N = \begin{pmatrix} 0 \\ 6.392 \\ n \end{pmatrix}$



### **Контроль якості заточення та доводки різців**

Попередній контроль якості заточування робочих поверхонь проводять зовнішнім оглядом на відсутність видимих дефектів: викрашувань, зазубрин, крупних тріщин (за допомогою лупи і мікроскопу), припалів та ін.

Після заточування та доведення проводять контроль геометричних параметрів різців (кутів заточування, ширини фасок, площинності передньої і задньої поверхонь, їх якості та лез різців, шорсткості, відсутності тріщин, викрашувань, припалів і т.п.). величину кутів заточування заміряють універсальними і спеціальними кутомірами.

Допустимі відхилення величин кутів заточування різців за ГОСТ 5688-61 та ГОСТ 10047-62 приведені в таблиці 2.6. Радіус при вершині різця заміряють на проекторі або шаблоном, ширину доведених смужок – на мікроскопі, площинність робочих поверхонь та прямолінійність лез – лекальною лінійкою.

Таблиця 2.6 - Допустимі відхилення кутів при заточуванні різців

Найменування кутів різця	Межі значень кутів, град.	Допустиме відхилення, град.
Передній	Менше 12	±1
	Більше 12	±2
Головний задній	Від 6 до 15	±1
Допоміжний задній	Менше 2	±0,5
	Більше 2	±1
Головний в плані	Від 30 до 90	±2
Допоміжний в плані	Менше 2	±0,5
	Від 2 до 5	±1
	Більше 5	±2
Кут нахилу ГРЛ	Від -20 до +20	±1

Для полегшення контролю на відсутність тріщин твердосплавних різців, заточені поверхні змочують бензином. Проникний в тріщини бензин обрисовує їх контури до тих пір, поки весь не випариться. Більш досконалий контроль тріщин проводять методом кольорової дефектоскопії (метод кольорових фарб) або люмінесцентним методом.

Для контролю шорсткості робочих поверхонь різців використовують прибори та методи, що розповсюджені в загальному машинобудуванні. При замірі шорсткості різальних лез різців на профілографах, замість алмазної голки використовують спеціальні алмазні лопаточки. За ГОСТ 18868 – 73, 18884 – 73 шорсткість поверхонь повинна бути в межах  $R_a 1 \dots 0,5$  мкм, а на доведених смужках робочих поверхонь –  $R_a 0,32 \dots 0,16$  мкм.

Таблиця 2.7 - Несправності при експлуатації різців та міри для їх усунення

Види	Причини	Міри усунення
Низька стійкість різців при досягненні допустимої величини зносу	Наявність припалів, забоїн, завалів на робочих поверхнях різців з швидкорізальної сталі; мікротріщин та внутрішніх напружень в поверхневому шарі у твердосплавних різців	Дотримуватись режимів заточування. Правильно вибирати характеристику шліфувального круга та умов заточування.
	Недотримання заданих величин кутів заточування	Переточити різець, встановити контроль за виконанням заданих геометричних параметрів різця після заточування і доведення
Відслоювання та утворення тріщин на пластинах з твердого сплаву	Перегрів пластини при заточуванні	Строго дотримуватись технологічну дисципліну при виконанні операції пайки та заточування різців
	Погана пайка: погане підготовка місць під пластину; витікання припою та перегрів пластини при через мірно високій температурі на апаратах ТВЧ; охолодження різця після пайки на повітрі	
Погана якість обробленої поверхні	Дефекти заточування – завали на різальних кромках, риски і нерівності на передній поверхні різця, яка приводить до налипання стружки та інтенсивному утворенню наросту. Відсутність доводки.	Ввести операцію доводки і ретельно довести робочі поверхні та різальні леза різця
	Недостатній радіус закруглення вершини різця	Збільшити радіус закруглення вершини різця, довести поверхню співпряження головної та допоміжної задньої поверхонь
	Неправильно вибрані кути різця в плані $\phi$ , $\phi_1$	В відповідності до умов різання по можливості зменшити величини кутів в плані $\phi$ та $\phi_1$
Викрашування різального леза різця	Погана доводка різця	Ретельно довести різець. Якщо є викрашування лез, закруглити кромки

Таблиця 2.8 - Середнє значення стійкості різців

Тип різців	Розмір державки різця, мм	Стійкість, хв.		
		Матеріал різальної частини різця		
		Твердий сплав	Швидкорізальна сталь	
		Оброблюваний матеріал		
		Сталь, чавун	Сталь	Чавун
Прохідні, підрізні, розточувальні	10x16	30	35	40
	16x25	35	40	50
	20x30	40	55	70
	25x40	55	45	60
	30x45	60	-	-
	40x60	100	50	70
Відрізні, прорізні	10x16	25	15	30
	16x25	30	20	35
	20x30	40	25	50
	30x45	45	-	-

Таблиця 2.9 – Протокол вимірювань

Оброблюваний матеріал									
Найменування та тип різця, ГОСТ									
Розміри державки різця $B \times H$ , мм									
Матеріал різальної пластини, ГОСТ									
Розміри пластини $a_x, b_x, c$ , мм, ГОСТ									
Геометричні параметри різальної частини різця, град.	$\gamma$	$\alpha$	$\alpha_1$	$\varphi$	$\varphi_1$	$\gamma_f$	$\lambda$	$R$	
	Рекомендовані								
	По результатам вимірювань								
Рекомендована стійкість різця $T$ , хв.	(по табл. 2.8)								
Величина зносу різця по задній поверхні $h_3$ , мм.	(рекомендована по табл. 2.1, 2.2)				(результати вимірювань)				
Кількість допустимих переточувань по задній поверхні									
Товщина шару, що допускається пластиною $h_3$									
Загальний строк служби різця									
Норма витрати різців, шт/верстатогод									
Кути орієнтації поворотної голівки									
Кути встановлення різця за шкалами, град	А		Б			В			

### **Об'єкти дослідження, обладнання, прибори і інструменти**

1. Різці загального призначення з пластинками з твердого сплаву або швидкорізальної сталі.
2. Універсально заточувальний верстат мод. 3А64М, шліфувальні круги.

Операції заточування та доведення різця виконуються під наглядом учбового майстра після перевірки правильності настроювання. Забороняється стояти в площині обертання круга, торкатися частин верстата, що обертаються, працювати без кожуха – огородження і захисних окулярів.

3. Лещата трьох поворотні універсальні.
4. Кутоміри універсальні та спеціальні.
5. Мікроскоп типу БМИ або ММИ.
6. Лупа вимірювальна загального призначення типу МПБ–2 з двадцятикратним збільшенням розмірів.
7. Штангенциркуль, точність відліку по ноніусу 0,05мм.
8. Індикатор годинникового типу, ціна ділення 0,01мм. Стійка до індикатора.

**Звіт повинен вміщувати** наступні розділи:

1. найменування та мету роботи;
2. короткі теоретичні відомості і розрахункові формули;
3. технологічний процес заточування та доведення різця;
4. характеристики шліфувального інструмента та режимів заточування і доводки різця
5. методику налагодження поворотної голівки для заточення різців;
6. ескіз зношеної робочої частини різця та схему сточування шарів інструментального матеріалу на робочих поверхнях;
7. висновки по роботі;

### **Контрольні запитання**

1. Види та характер зносу (абразивний, адгезійний, дифузійний та ін.)
2. Поясніть вибір марки абразивного круга для заточення різця?
3. Як знаходять товщину шару, що зрізають при заточенні?
4. Як визначити необхідну кількість інструментів для роботи впродовж заданого часу?
5. Як розрахувати термін роботи різця?
6. Поясніть методи вимірювання зношення по поверхнях та як знайти припустимі величини?
7. Як визначити необхідну кількість переточувань даного інструменту?
8. Порядок розрахунку кутів орієнтації голівки
9. Дати характеристику безперервному та переривчастому заточенню, периферією та торцем інструменту.
10. Порядок переходів при заточенні передніх та задніх поверхонь.
11. Як контролюють заточений різець?
12. У чому відмінність операцій доведення та шліфування.
13. Охарактеризувати несправності при експлуатації різців.

### 3 Лабораторна робота №3 Заточування спіральних свердел

**Мета роботи** - вивчити геометрію і конструкцію свердел, освоїти методику їх заточування і вимір геометричних параметрів.

#### **Теоретичні відомості**

Спіральні свердла призначені для обробки глухих і наскрізних отворів у суцільному матеріалі діаметром до 30 мм і розсвердлювання до 80 мм раніше просвердлених отворів. Діаметр попередньо просвердленого отвору звичайно приймають рівним  $\frac{1}{2}$  від кінцевого. Під час розсвердлювання глибину різання бажано мати більше ніж 5 мм, щоб уникнути відламування куточків різальних кромок у місцях їхнього переходу в стрічки. Довжина оброблюваних спіральними свердлами отворів звичайно не перевищує 5 діаметрів.

Спіральне свердло складається з робочої частини, шийки і хвостовика, у свою чергу робоча – з різальної та напрямної частин. На різальній частині мається два головні різальні леза, розташовані симетрично відносно осі свердла та поперечне, розташоване на перемичці.

На напрямній частині є дві допоміжні різальні кромки, розташовані по гвинтовій поверхні. Для зменшення тертя свердла з обробленою поверхнею по всій довжині допоміжного леза залишають стрічку мінімальної ширини, (в межах 0,2...2 мм для свердел діаметром від 1 до 50 мм).

Хвостовик свердел невеликого діаметра (до 12 мм), звичайно циліндричний і служить для закріплення інструмента в спеціальному патроні. Свердла більшого діаметра мають конічний хвостовик для встановлення у конічному отворі шпинделя чи в перехідній конічній втулці (конуси Морзе з №0 по №6).

Геометрію різальної частини свердла характеризують кутами, які значно змінюють значення вздовж різальних кромок (рисунок 3.1): переднім  $\gamma$ , заднім  $\alpha$ , у плані  $\phi$  (або при вершині  $2\phi$ ), нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$ , нахилу гвинтової остружкової канавки  $\omega$ , нахилу головної різальної кромки  $\lambda$ . Значення цих кутів і конструктивні елементи свердла вибирають в залежності від призначення інструмента й умов обробки.

Визначимо повздовжні передні кути для точок головної різальної кромки свердла у циліндричному перерізі 0-0 гвинтової поверхні (рисунок 3.2):

$$\operatorname{tg}\gamma_{ox} = \operatorname{tg}\omega_x = \frac{D_x}{D} \operatorname{tg}\omega \quad (3.1)$$

де  $\omega_x$  - кут нахилу гвинтової канавки на циліндрі діаметра  $D_x$

При відомому кроці  $H$  остружкової канавки

$$\operatorname{tg}\omega_x = \frac{\pi D_x}{H} \quad (3.2)$$

Нормальний передній кут  $\gamma_N$ , тобто у конічному перерізі, на периферії свердла дорівнює

$$\operatorname{tg}\gamma_N = \operatorname{tg}\omega / \sin\phi \quad (3.3)$$

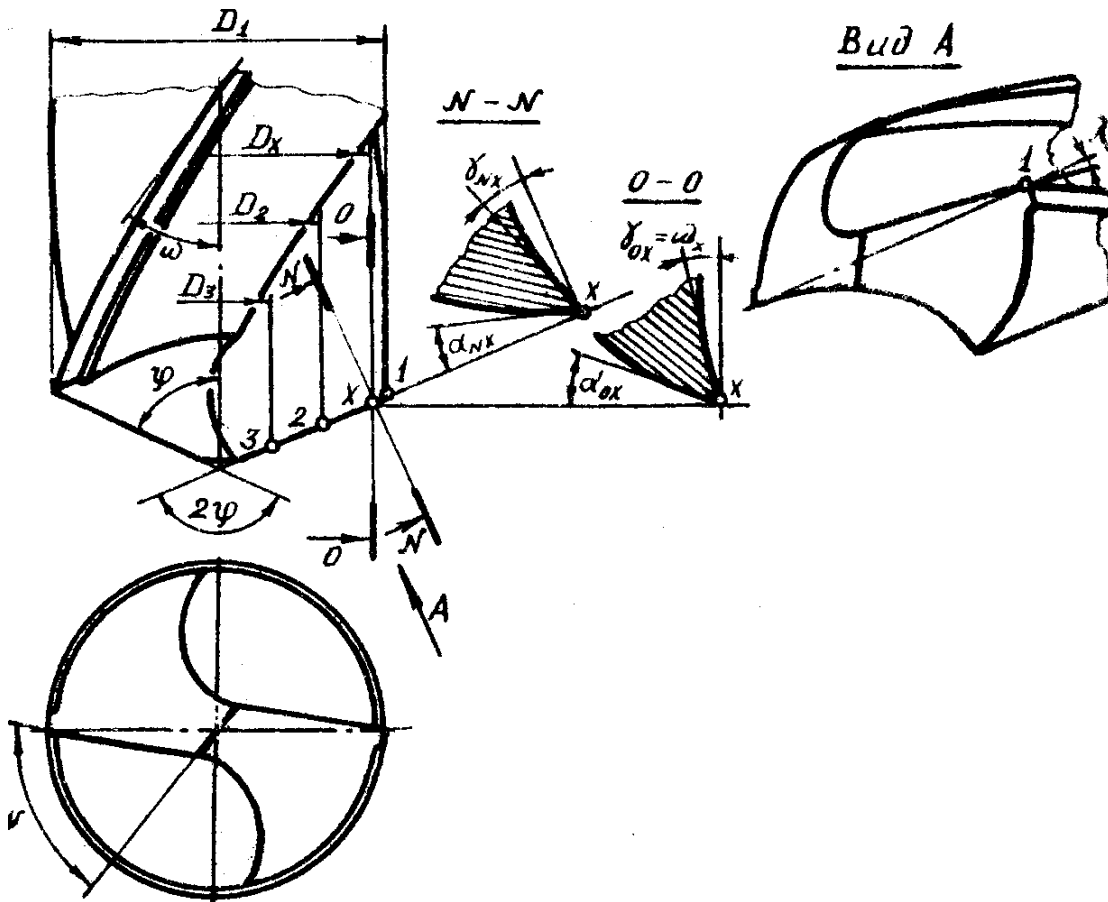


Рисунок 3.1 - Геометричні параметри різальної частини свердла

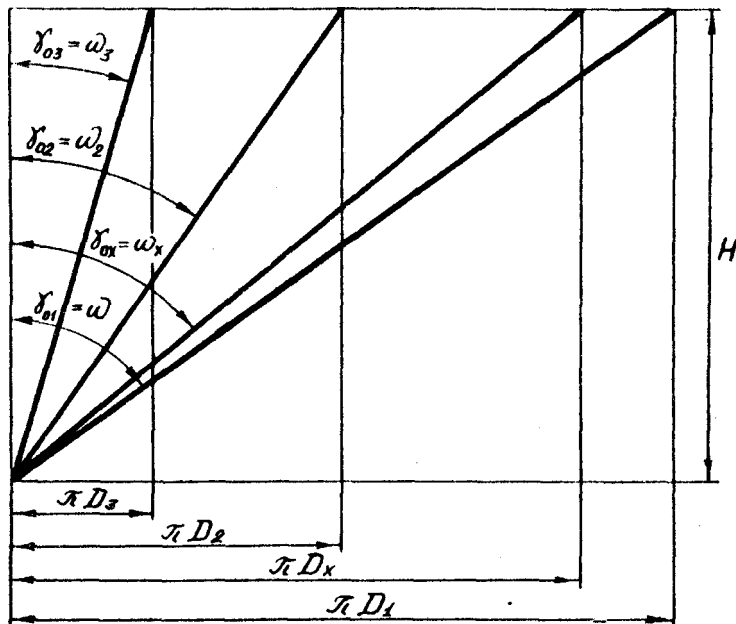


Рисунок 3.2 - Величини передніх кутів уздовж головних різальних кромки спірального свердла

Задні поверхні свердел можуть мати різну форму. Найбільш часто на практиці застосовують форми задньої поверхні: одно- і двох площинну, конічну, гвинтову.

**Заточування задньої поверхні у вигляді площин.** Технологічно найбільш простим способом є оформлення задньої поверхні у вигляді площини. Однак щоб уникнути *інтерференцію* (перетинання задньої поверхні свердла з поверхнею різання не по різальній кромці) при одноплощинному заточуванні задній кут повинен бути не менш  $28...30^\circ$ , що обмежує можливості використання цього методу. Щоб отримати звичайні значення задніх кутів ( $\alpha = 10...16^\circ$ ) і попередити перетинання, свердло необхідно заточувати по двом площинам або по іншій поверхні конічній чи гвинтовій. Отже, *одноплощинне заточування* застосовують для свердел діаметром до 2 мм при будь-яких масштабах виробництва і діаметром до 10 мм для обробки таких матеріалів, де задній кут рекомендується більш  $27^\circ$ . *Заточування по двом (та більше) площинам* застосовують для свердел, оснащених пластинками з твердого сплаву.

**Заточування по конічним поверхням.** Застосовують для спіральних свердел діаметром від 2 до 50 мм при конструктивній простоті верстатів. Крім обертального руху шліфувального круга, свердлу надають коливальний навколо осі уявного конуса. З метою рівномірного зношення профілю круга свердло має також зворотно-поступальний рух.

Відносне положення конуса і свердла визначається чотирма параметрами (рисунок 3.3):  $\delta$  – кутом при вершині уявного конуса;

$\sigma$  - кутом схрещування осей конуса і свердла;

$l$  – відстанню від осі свердла до вершини уявного конуса, яку приймають в залежності від діаметра свердла в заданих межах, зменшення відстані  $l$  приводить до збільшення задніх кутів;

$k$  – відстанню між перехресними осями свердла і уявного конуса, за рахунок чого досягають отримання додатних задніх кутів, починаючи від різальної кромки, приймають в долях діаметра свердла,  $k = (1/13 \div 1/10)D$

Існують три типи конічного заточування, що відрізняються величиною параметрів (рисунок 3.3).

Заточування *по Уошборну* виконують на верстатах моделей ЗБ652, ЗБ653, МФ73, МФ201 ( $\sigma = 45^\circ$ ) або 3657 ( $\sigma = 20^\circ$ ). Кут схрещування осей приймають різним, а при вершині конусу  $\delta > 0$ , центр координат розміщений у вершині конуса, яка знаходиться ближче до вершини свердла, ніж до периферійних точок. При заточуванні на верстаті ЗБ652 відстань  $l = 1,9D$  (рисунки 3.3,а, 3.4,а).

Кут  $\alpha_{0x}$  змінюється найбільш інтенсивно, тому у свердел створюються сприятливіші задні кути на прилеглих до серцевини ділянках, де за рахунок кінематики різання він може мати від'ємне значення. Це викликає велике тертя та посилене зношення поперечної різальної кромки, особливо для свердел з підточеними перемичками, коли різальна кромка наближається до осі свердла. В цьому випадку зношення особливо вірогідне при різанні в'язких матеріалів, схильних до пружної післядії. З метою уникнення подібних явищ, часто загострюють свердла таким чином, щоб при статичному вимірюванні задні кути збільшувались в міру наближення до осі.

Зменшуються кут нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$  і негативні значення передніх кутів на ній. Крім того, різальна кромка виходить рівномірною, так як зі зменшенням діаметра передній кут зменшується, а задній збільшується.

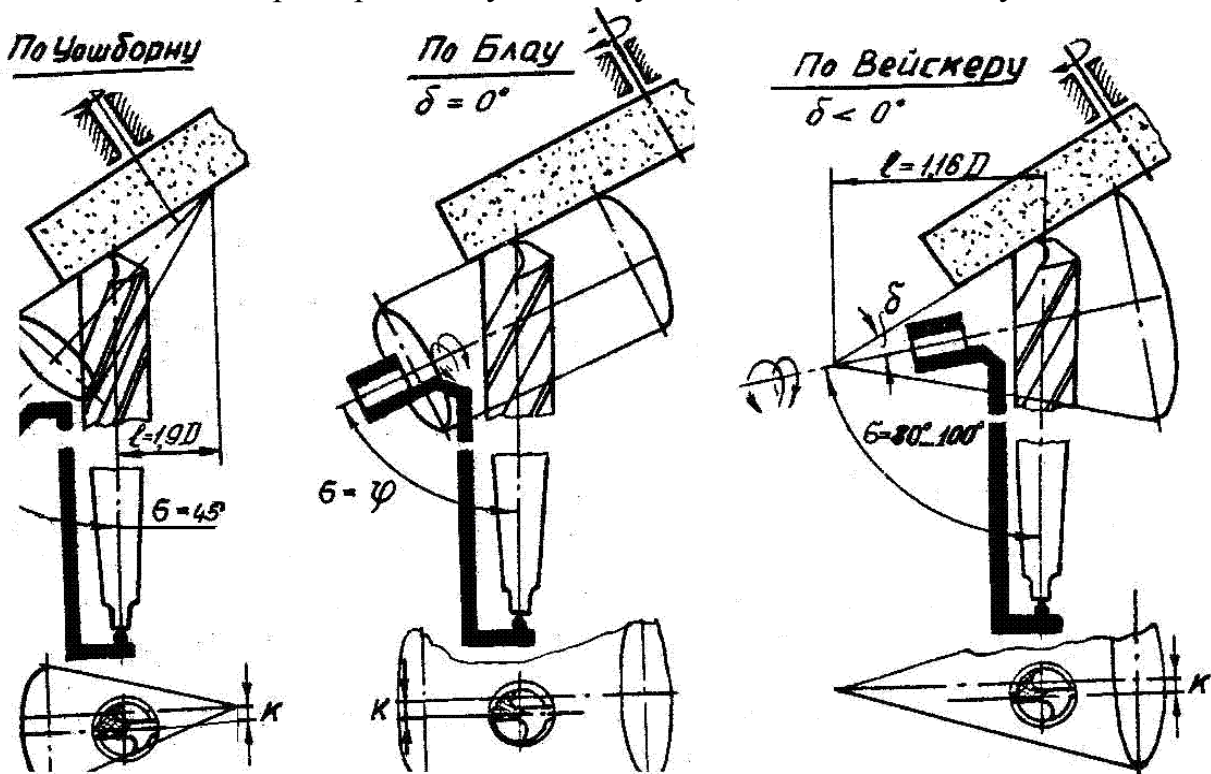
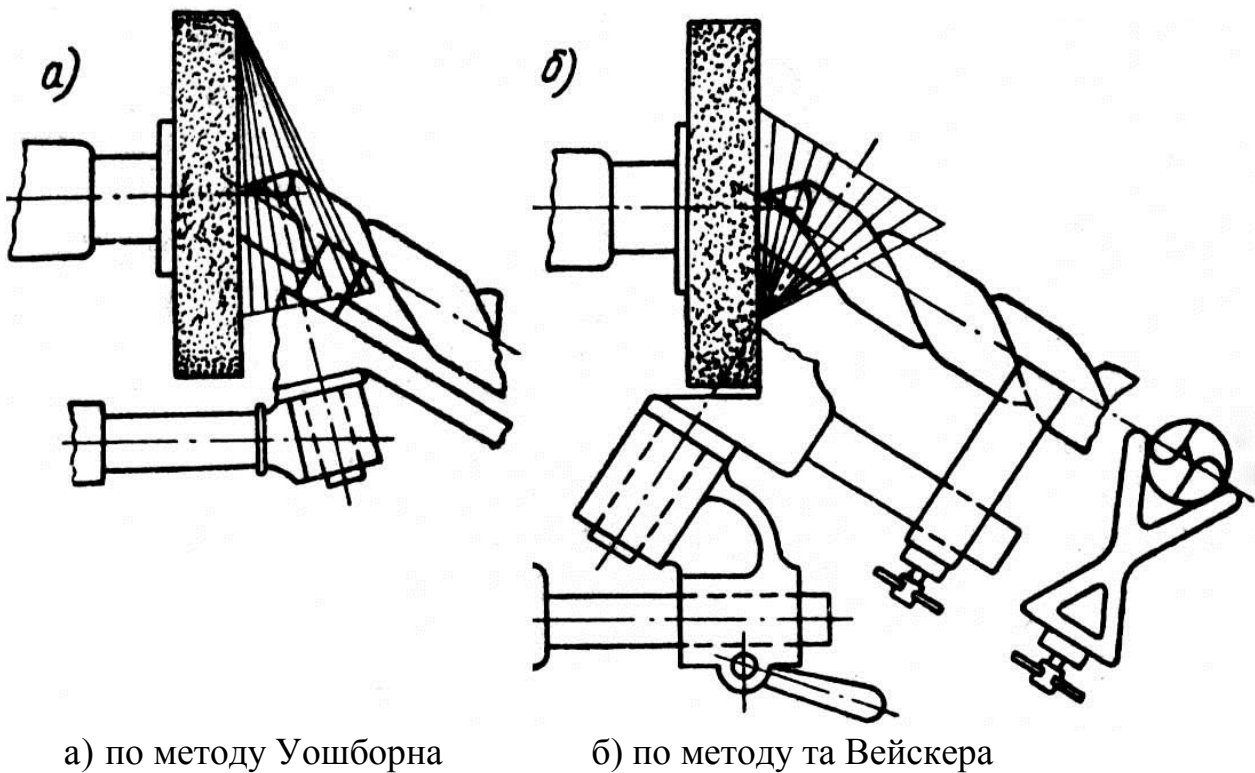


Рисунок 3.3 – Варіанти оформлення задньої поверхні



а) по методу Уошборна

б) по методу та Вейскера

Рисунок 3.4 – Схеми пристосувань для заточення свердел



На рисунку 3,5 показана схема загострення свердла по Уошборну. У процесі загострення воно повертається від руки навколо осі  $O_1O_1$ , яка співпадає з віссю конуса заточення з кутом  $2\sigma$ , розташованим під кутом  $45^\circ$  до осі свердла. Вершина уявного конуса знаходиться вище вершини свердла, а його задня поверхня утворюється як ділянка конічної поверхні.

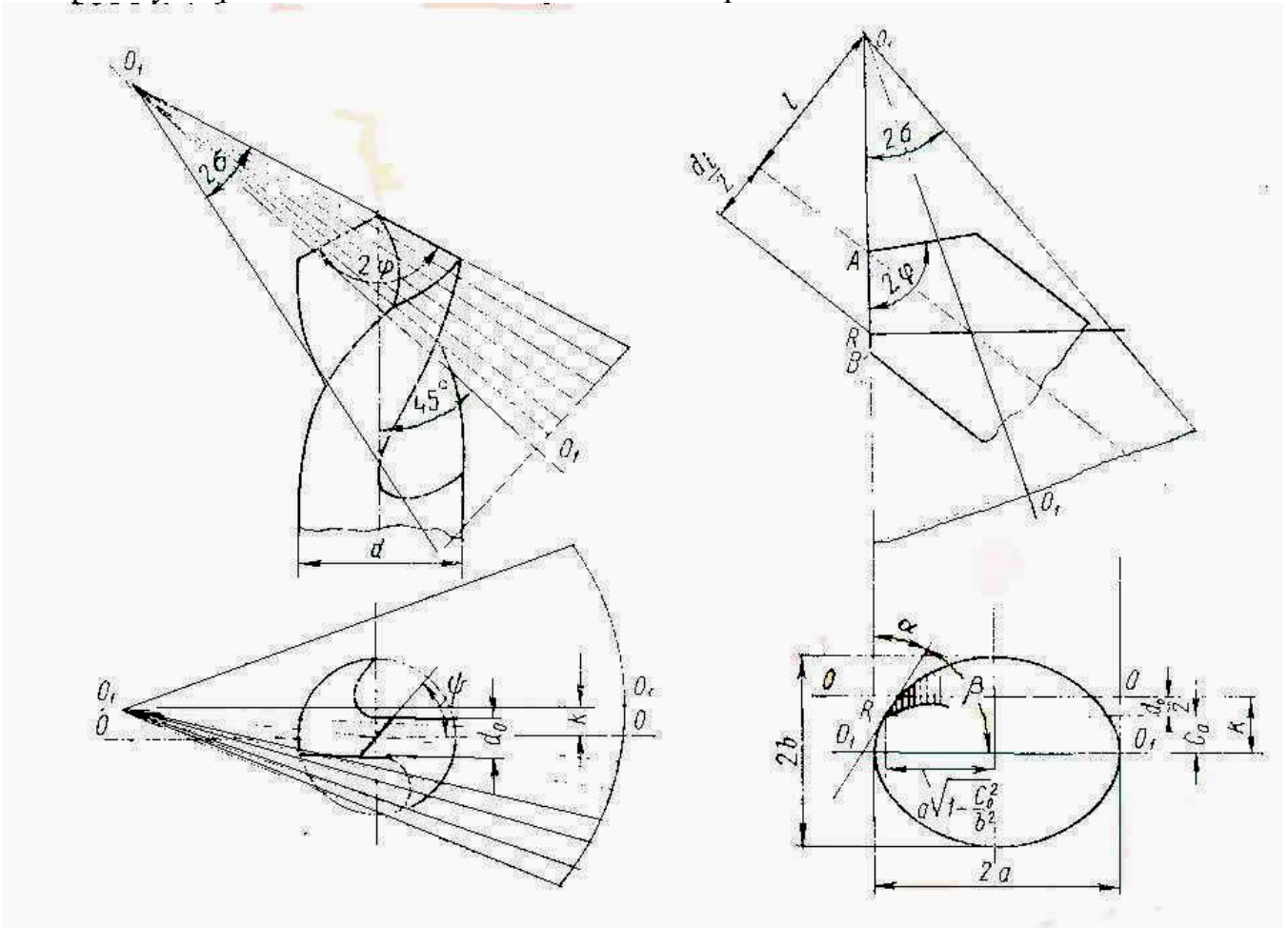


Рисунок 3.5 – Схема визначення задніх кутів для метода Уошборна

У перетині свердла і конуса загострення площиною, нормальною до головного різального леза утворюється еліпс, рівняння якого

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1. \text{ Звідки } y^2 = \left(1 - \frac{x^2}{a^2}\right) \cdot b^2 \quad (3.4)$$

Точка  $R$  є проекцією головної різальної кромки та віддалена від осі свердла на відстань половини товщини перемички  $d_0/2$ . Відстань між осями конуса і свердла дорівнює  $k = C_0 + \frac{d_0}{2}$ . Задній кут  $\alpha = 90^\circ - \beta$  утворюється між дотичними до сліду задньої поверхні в точці різальної кромки і до кола її обертання навколо осі свердла.

$$\text{Тоді } \operatorname{ctg} \alpha = \operatorname{tg} \beta = \frac{dy}{dx} = \left(\frac{b}{a}\right)^2 \cdot \frac{x}{y}, \text{ але } x = a \cdot \sqrt{1 - \frac{y^2}{b^2}}, \quad y = C_0.$$

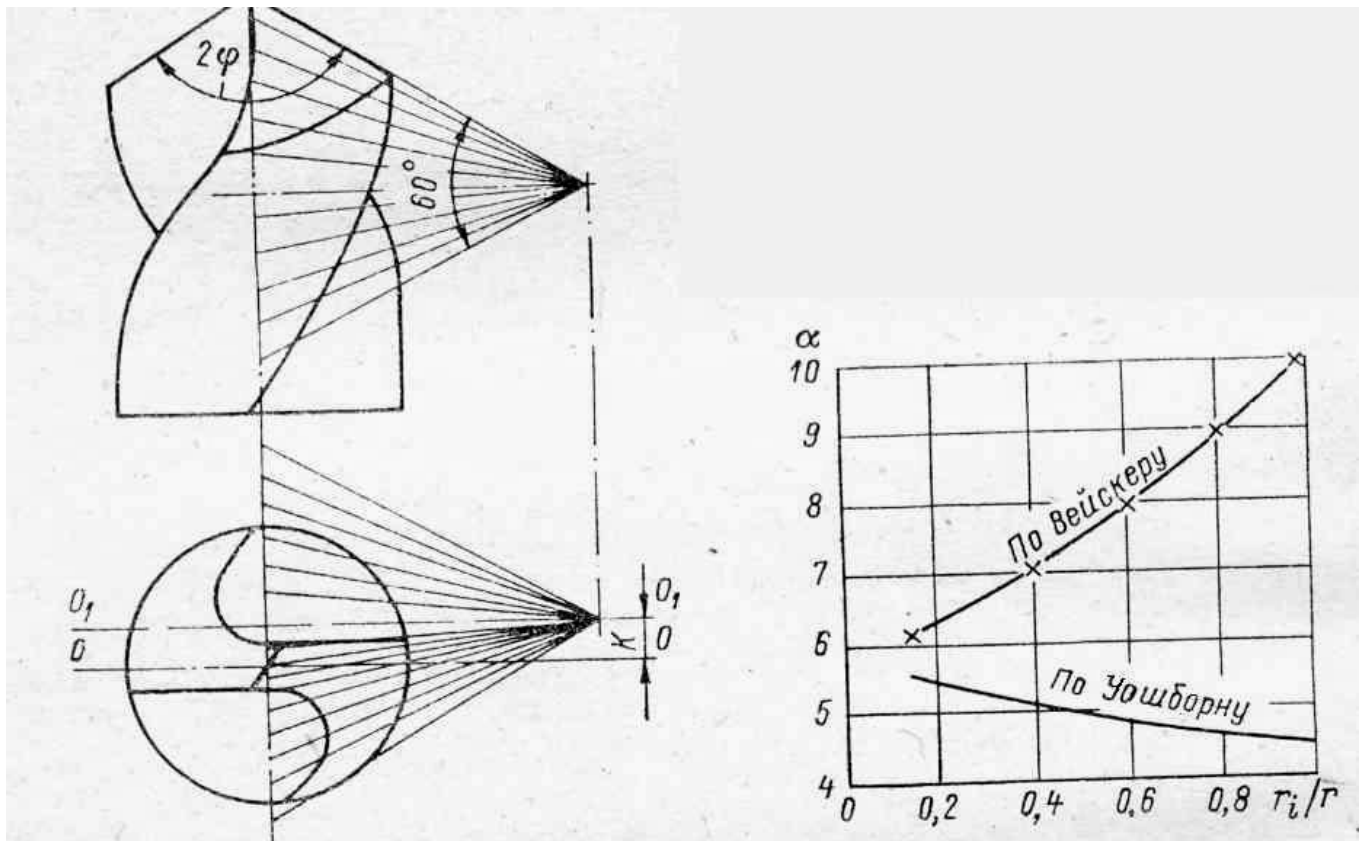
$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{1}{\operatorname{tg} \beta} = \frac{a}{b} \cdot \frac{C_0}{\sqrt{b^2 - C_0^2}}, \quad (3.5)$$

$$\text{де } C_0 = k - \frac{d_0}{2}, \quad a = \frac{\left(l + \frac{d_i}{2}\right)}{2 \cdot \sin \varphi} \cdot \operatorname{tg}(2\sigma), \quad b = a \cdot \sqrt{1 - \operatorname{tg}^2 \sigma}.$$

$l$  – відстань від вершини конуса до осі свердла.

При заточуванні *по методу Блау* вісь коливання паралельна твірній шліфувального круга, тому задня поверхня свердла є частиною кругового циліндра  $\delta=0$ , а кут схрещування дорівнює куту у плані  $\sigma = \varphi$  (рисунок 3.3,б).

При заточенні *по методу Вейскера* вершина конуса розташовується ближче до периферійних точок кромки ніж до вершини свердла. Кут при вершині  $\delta < 0$ , а кут схрещування осей звичайно приймається в інтервалі  $\sigma = 80..100^\circ$  (рисунки 3.3,в, 3.4,б, 3.6,а).



а) схема заточення

б) епюри зміни задніх кутів

Рисунок 3.6 – Заточення по Вейскеру

Задній кут у циліндричному перерізі  $\alpha_{0x}$  для всіх типів заточування зростає від периферії до центра свердла, тобто зі зменшенням діаметра січного циліндра. Нормальний задній кут  $\alpha_{nx}$  по мірі наближення до осі свердла при заточуванні першого типу зростає, при заточуванні другого типу - залишається постійним, а при заточуванні третього типу – зменшується (рисунок 3.6,б).

### Конструкція свердлозаточувального верстата моделі ЗБ652

Верстат (рисунок 3.7) призначений для заточування свердел по методу Уошборна діаметром від 3 до 12 мм та складається зі станини I, шпindelної бабки 8 і супорта зі свердло-тримачем 6. Останній складається з нижніх поздовжніх 2 і верхніх поперечних 3 салазок, на яких центрується колонка 4 свердло-тримача 6. Переміщенням верхніх салазок 3 маховиком здійснюється подача свердла уздовж осі шпинделя.

Переміщенням нижніх салазок по напрямних станини (гвинтом при налагодженні та ексцентриком – при робочій подачі) здійснюють подачу свердла на круг в напрямку, перпендикулярному до осі. Величина подачі свердла ексцентриком здійснюється на 0,1 мм із фіксацією через 0,025 мм.

Свердло-тримач верстата мод.ЗБ652 складається із колонки, на основі якої нанесена градусна шкала для установки кута  $\phi$  свердла.

На шпинделі свердло-тримача монтується з однієї сторони маховик 5 із пружиною для здійснення коливального руху шпинделя, а з іншого боку - вузол установки і регулювання свердла при заточуванні 6, встановлений під кутом  $45^\circ$  до осі шпинделя. Вузол дозволяє надати свердлу відповідне положення відносно прямолінійної твірної шліфувального круга, яка є також твірною конуса заточення. Віссю уявного конуса є вісь шпинделя свердло-тримача.

Свердло затискається в призмах 7 і фіксується в осьовому напрямку за допомогою упора, закріпленого на голівці. Шпиндель верстата в процесі

заточення здійснює обертальний і зворотно-поступальний рухи. Останній рух здійснюється кулісним механізмом, вмонтованим в станині верстата.

*Послідовність заточення задніх поверхонь свердел на верстаті мод.ЗБ652:*

І свердло встановлюють в призмах так, щоб різальна кромка була паралельна твірній круга, виходила на 2-3 мм за кромку упора. Для зручності орієнтації свердла при заточуванні другого пера на хвостовик свердла надівають втулку, яку фіксують при її контакті з торцями призм;

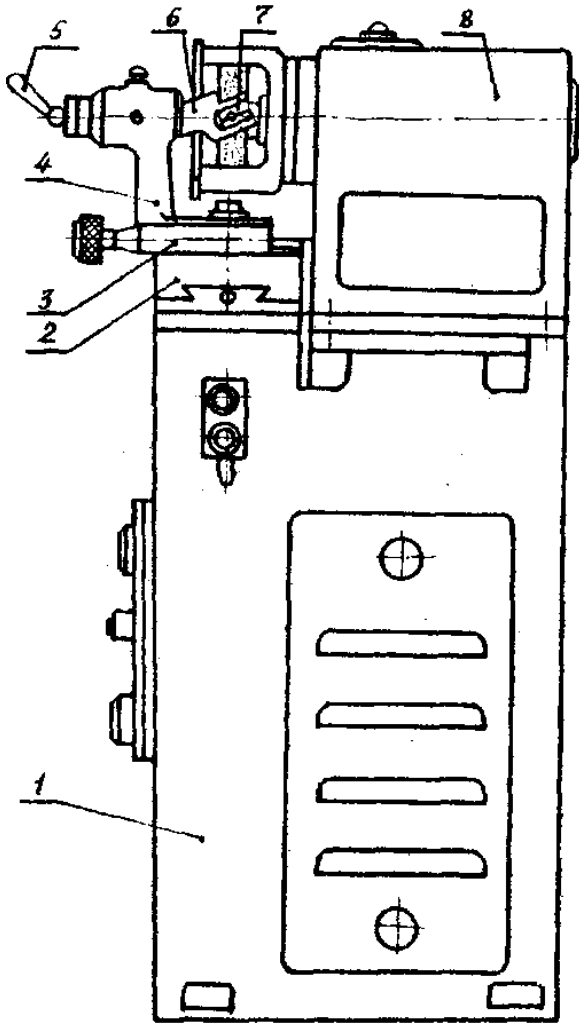


Рисунок 3.7 – Верстат для заточування свердел моделі ЗБ652

2 включають обертання шліфувального круга і встановлюють ексцентрик у початкове положення, а свердло-тримач подається маховиком нижнього супорта на шліфувальний круг до появи іскри;

3 за допомогою верхніх салазок фіксують свердло уздовж осі шпинделя так, щоб його кромка знаходилася посередині твірної шліфувального круга;

4 ексцентриком здійснюють подачу свердла на круг на 0,025 мм і, погойдуючи рукояткою шпинделя свердло-тримача, виконують заточення задньої поверхні. Операцію продовжують до зникнення іскри, потім знову виконують подачу свердла на 0,025 мм і далі до зняття 0.1 мм;

5 закінчивши заточування однієї задньої поверхні, відводять свердло ексцентриком і потім маховиком у початкове положення;

6 розтискають свердло і роблять його поворот на 180°;

7 здійснюють описане заточування другого пера.

### ***Заточування по гвинтовій поверхні***

Характерне універсальністю використання для різних видів інструментів: свердел, нормальних і ступінчастих зенкерів і т.п. Воно здійснюється на автоматах і напівавтоматах для заточування свердел діаметром від 2,5 до 80 мм. *Схема заточування свердла по гвинтовій поверхні* показана на рисунку 3.8. При гвинтовому заточуванні задня поверхня кожного пера свердла є частиною евольвентної гвинтової поверхні.

Необхідна геометрія заточування забезпечується наступними рухами:

- планетарним рухом шпинделя у площині, перпендикулярній до його осі, за рахунок обертання гільзи 3
- зворотно-поступальним рухом шпинделя 2 в напрямку його осі;
- обертанням патрона 4 зі свердлом.

Зворотно-поступальний рух шліфувального круга уздовж осі шпинделя здійснюється за допомогою торцевого кулачка, встановленого жорстко на гільзі. Зворотно-поступальний рух круга і обертання свердла зв'язані кінематикою верстата. На один оберт свердла приходиться два оберти гільзи, тобто і два зворотно-поступальних рухи шліфувального круга. У результаті додавання зворотно-поступального руху шпинделя та узгодженого обертання свердла задня поверхня виходить гвинтовою.

За рахунок планетарного руху у площині обертання робоча поверхня круга переміщається уздовж різальної кромки свердла, цим досягається рівномірний знос круга та підточування поперечної різальної кромки.

Подача свердла на круг у напрямку, паралельному осі шліфувального круга, здійснюється як вручну, так і автоматично.

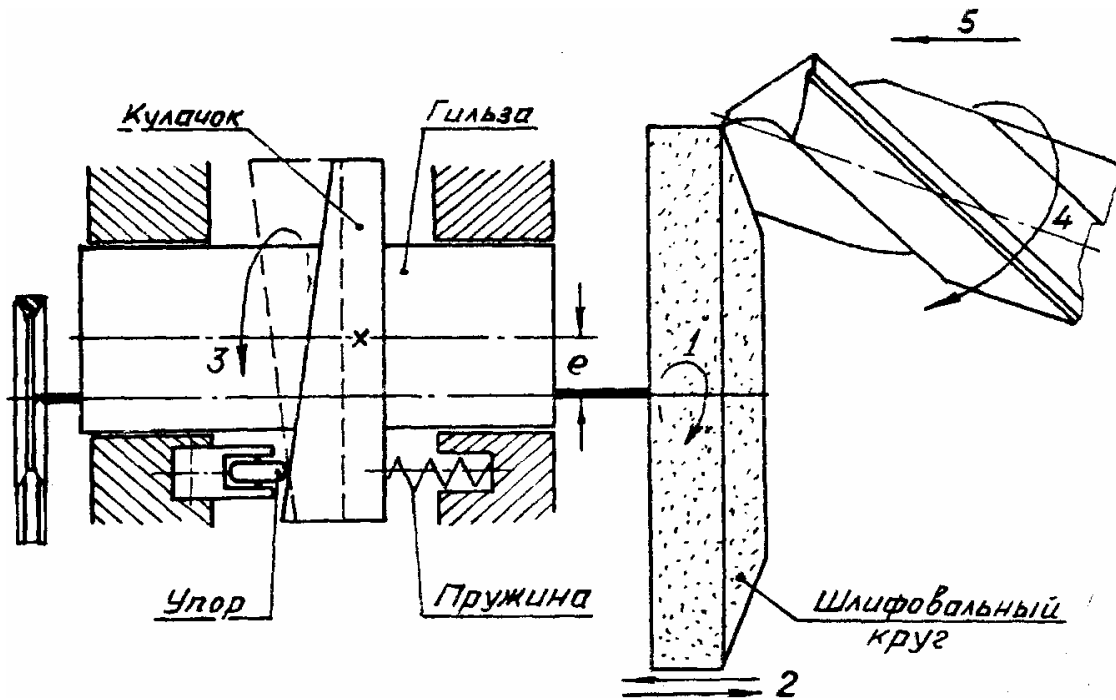


Рисунок 3.8 – Заточення задньої поверхні свердла по гвинтовій лінії

Задній кут при заточуванні свердла по гвинтовій поверхні змінюється уздовж різальної кромки і збільшується до центра. На рисунку 3.9 показана розвертка циліндричних перетинів по різальній частині свердла, що ілюструє характер зміни задніх кутів.

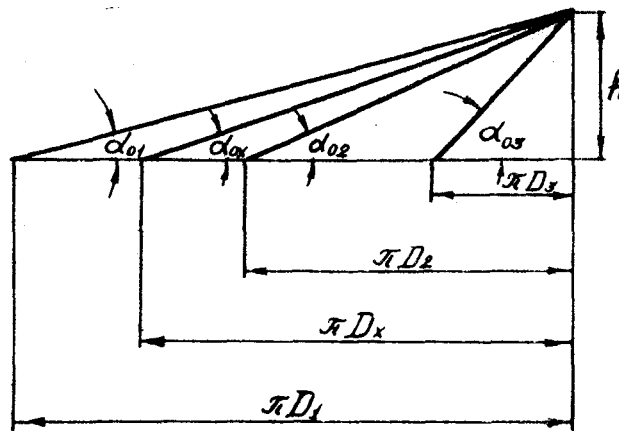
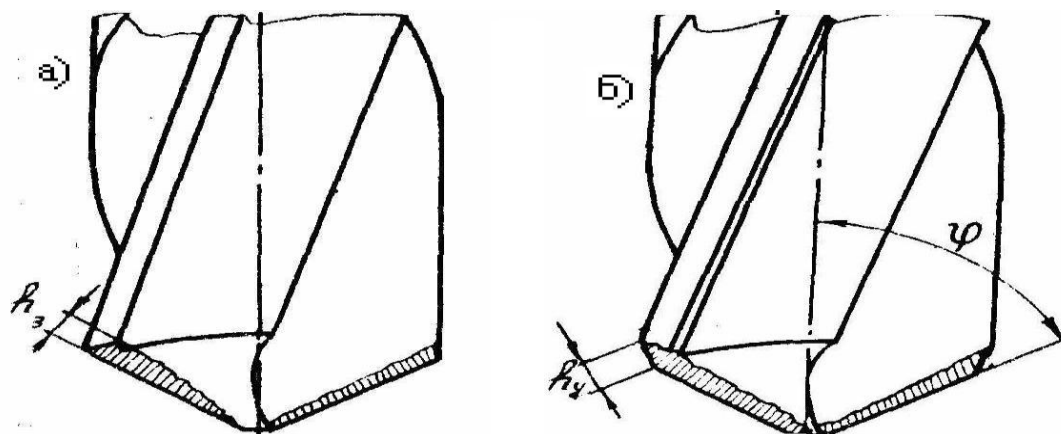


Рисунок 3.9 – Зміна задніх кутів свердла уздовж головної різальної кромки при гвинтовому заточуванні

Регулювання задніх кутів свердла при заточуванні по гвинтовій поверхні здійснюється шляхом зміни кулачків чи робочих доріжок на тому ж самому кулачку. Спосіб заточування по гвинтовій поверхні дозволяє отримати збільшення заднього кута до  $25^\circ$  від периферії до центра свердла.

Заточування по гвинтовій поверхні виконується на напівавтоматах моделей: 3659А, 3659М, ЗГ653, ВЗ-37, ВЗ-38, ВЗ-40 і автоматах МФ138, ВЗ-32.

При роботі свердла зношуються по задній і передній поверхнях, стрічці, куту, утвореному перетинанням головної різальної кромки і стрічки, і по перемичці (рисунок 3.10). Відновлення форми різальної частини свердла і його різальних властивостей виробляється заточуванням по задніх поверхнях.



а - при роботі зі сталлю; б - при роботі з чавуном

Рисунок 3.10 - Схема зношування спіральних свердел

Оптимальний знос свердел встановлюється в залежності від оброблюваного матеріалу і діаметру свердла (таблиця 3.1). За критерій затуплення швидкорізального свердла при обробці чавуна приймають величину зносу по куту  $h_y$ , для сталей приймають знос по задній поверхні  $h_3$ .

Таблиця 3.1 - Значення зносу і сточування свердел в осьовому напрямку

Діаметр свердла, мм	Оброблюваний матеріал					
	Легкі сплави		Сірий чавун, бронза		Сталь, ковкий чавун	
	Знос $h_3$ , мм	Переточення $q$ , мм	Знос $h_y$ , мм	Переточення $q$ , мм	Знос $h_3$ , мм	Переточення $q$ , мм 1.0
До 6	0,4	0,7	0,5	0,8	0,6	1,0
6÷10	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	1,1
10÷15	0,6	0,9	0,7	1,0	0,9	1,3
15÷20	0,7	1,0	0,8	1,2	1,0	1,5
20÷25	0,8	1,2	0,9	1,4	1,2	1,7
Вище 25	0,9	1,4	1,0	1,6	1,4	2,0

Припустимо багаторазове переточування  $M$  для коротких свердел зі швидкорізальних сталей приймається  $(0,5...0,7)l$ , а для довгих -  $0,7 \cdot l$ , де  $l$  - довжина робочої частини свердла. Для свердел, обладнаних твердим сплавом

$$M = l - 0,4D, \quad (3.6)$$

де  $l$  - довжина пластинки, мм,  $D$  - діаметр свердла, мм.

Число можливих повторних заточувань свердла

$$n = M/q \quad (3.7)$$

де  $q$  - величина шару, що зрізається за одне переточування.

Параметр шорсткості задніх поверхонь і поверхонь стрічок свердел зі швидкорізальної сталі не повинен перевищувати  $R_a = 0,63$  мкм (для свердел точного виконання) і  $R_a = 1,25$  мкм (для свердел загального призначення).

Осьове биття різальних кромки, яке вимірюється по їхній середині, не повинно перевищувати: 0,05/0,12 мм для свердел діаметром до 6 мм; 0,10/0,18 мм - діаметром 6...10 мм; 0,2/0,3 мм - діаметром понад 10 мм.

У чисельнику приведено допустиме осьове биття для свердел точного виконання, у знаменнику - для свердел загального призначення.

Головні різальні кромки повинні бути розташовані симетрично відносно осі свердла, а довжина їх повинна бути однаковою. Радіальне биття в мікрометрах різальних кромок і стрічок не повинно перевищувати значень, приведених у таблиці 3.2. Відхилення кута при вершині  $2\phi$  не повинно перевищувати  $\pm 2^\circ$ , задніх кутів  $\alpha \pm 1^\circ$ , кута поперечної кромки  $\psi - \pm 5^\circ$ .

Таблиця 3.2 – Радіальне биття зубів свердел, мкм

Діаметр свердла, мм	Призначення свердел з циліндричним хвостовиком				Свердло з конічним хвостовиком	
	Коротка серія		Середня і довга серії		ТВ	ЗП.
	ТВ	ЗП.	ТВ	ЗП.		
3-10	0,04	0,06	0,06	0,08	0,8	0,12
Вище 10	0,06	0,08	0,08	0,12	0,12	0,16
Примітка: ТВ – Точного виконання; ЗП – Загального призначення						

### Устаткування, прилади, інструменти

Заточувальний верстат моделі 3659А (рисунки 3.11 – 3.13) або моделі ЗБ652; спіральні свердла для заточування діаметром 10...80 мм, універсальний кутомір з ноніусом заводу МИЗ; прилад для контролю симетричності заточування свердел; інструментальний мікроскоп моделі ММИ; прилади до інструментального мікроскопа для контролю кінцевих інструментів конструкції ВНИИ; штангенциркуль; ділильна голівка; стійка індикаторна магнітна; індикатор годинникового типу; шаблони спеціальні.

*Напіваавтомат моделі 3659А* призначений для заточування спіральних свердел, трьох- і чотирьох зубих зенкерів діаметром від 10 до 80 мм, із задніми кутами в межах  $6...17^\circ$  і кутами при вершині від  $70$  до  $140^\circ$ . Заточування виконується по гвинтовій поверхні.

Порядок настроювання напіваавтомата на заточування свердла

Для заданих діаметра свердла  $D$  і заднього кута  $\alpha_0$  на периферії свердла (у градусах) розраховуємо величину підйому кулачка [5] ;

$$K = \frac{\pi D}{2} \operatorname{tg} \alpha_0 \quad (3.8)$$

Знайдене значення округляється до найближчого, яке записано на верстаті. За прийнятим значенням  $K$  уточнюється величина заднього кута. Для виконання операції заточування необхідно:

1) встановити свердло в патроні I по спеціальній відкидній упорці 2, шарнірно закріпленої на торці патрона (рисунок 3.12).

При настроюванні упорка встановлюється перпендикулярно до торця патрона. За допомогою упорки забезпечується постійний виліт свердла з патрона, при якому вертикальна вісь обертання каретки проходить через вершину свердла.

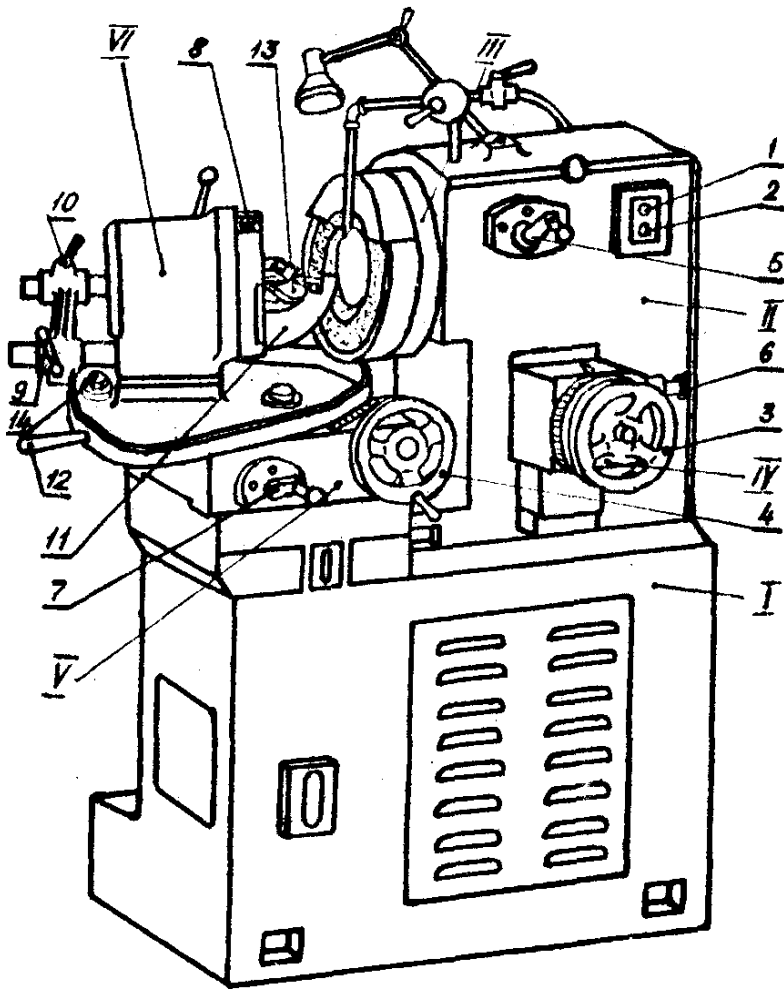


Рисунок 3.11 - Напівавтомат моделі 3659А

*Вузли верстата:*

1 - станина;  
 II - шпиндельна бабка;  
 III - шліфувальний круг зі шпинделем;  
 IV - механізм подачі;  
 V - каретка;  
 VI - патрон.

*органи керування:*

1 - кнопка "Пуск";  
 2 - кнопка "Стоп";  
 3 - маховик включення механізму подачі обертання патрона, планетарного й осевого переміщень шпинделя верстата;  
 4 - маховик ручної подачі;  
 5 - рукоятка установки величини заднього кута;  
 6 - рукоятка регулювання величини подачі;  
 7 - рукоятка установки числа зубців інструмента;  
 8 - затискач губок патрона;  
 9 - рукоятка затиску бабки заднього центра;  
 10 - рукоятка затиску заднього центра;  
 11 - відкидна упорка;  
 12 - рукоятка повороту верхньої каретки;  
 13 - свердло,  
 14 - гайка затиску верхньої каретки.

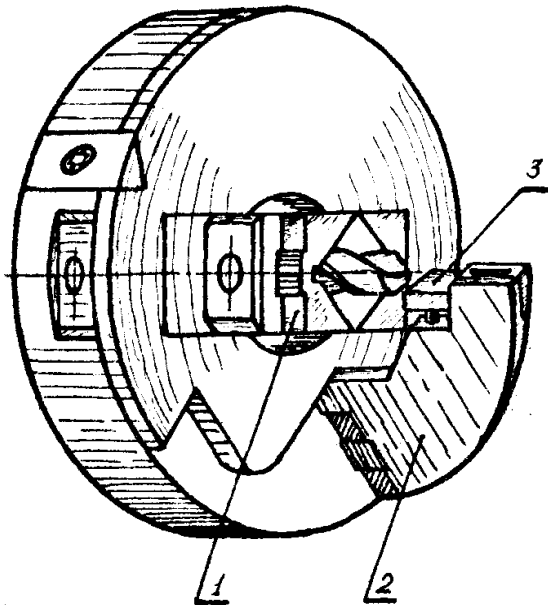


Рисунок 3.12 – Патрон верстата



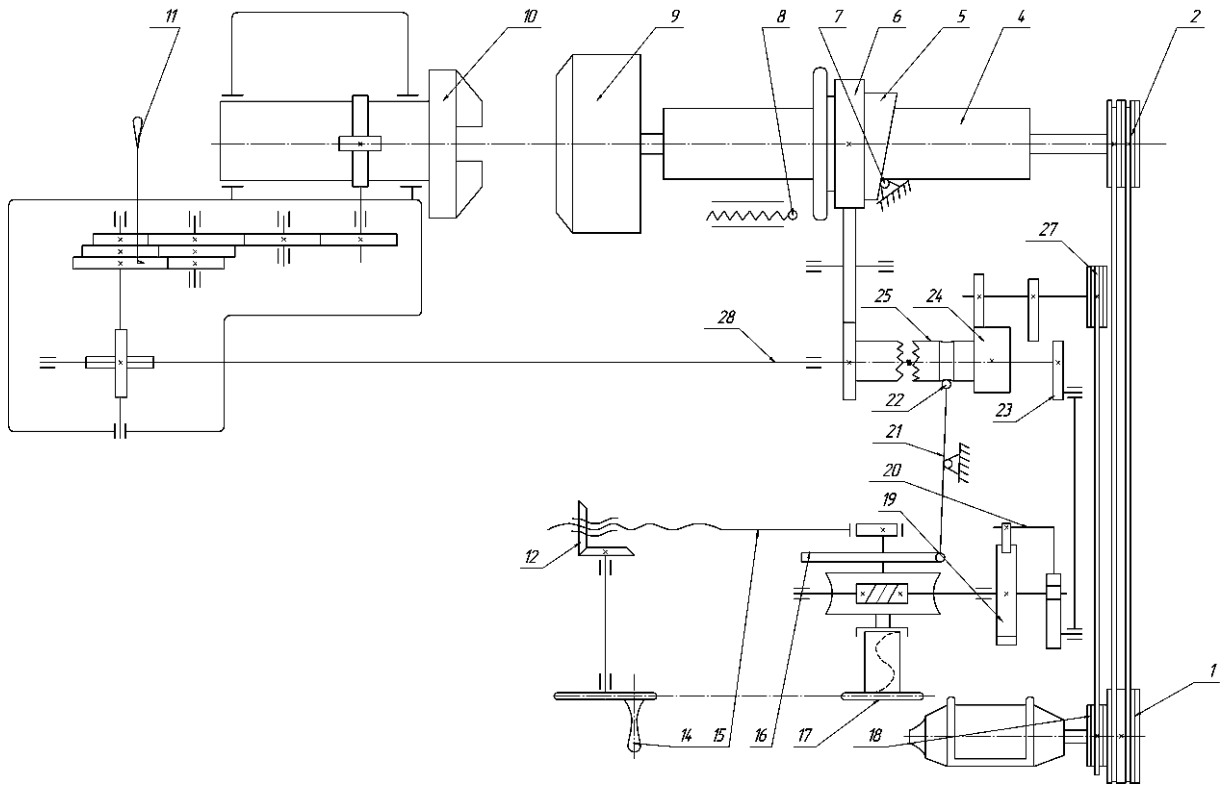


Рисунок 3.13 – Кінематика верстату моделі 3659А

Для кутової орієнтації свердла в корпусі упорки є регульований по висоті шаблон 3 (рисунок 3.12), який встановлюють на висоту, рівну довжині перемички. Закріплене свердло повинно головною кромкою опиратися на горизонтальну грань шаблону та бути їй паралельно, а його виліт обмежується зіткненням перемички з вертикальною гранню шаблону 3. Точність установки перевіряється додатковим погойдуванням упорки, люфт якої повинен бути мінімальним;

- 2) підвести задній центр до свердла і закріпити свердло у патроні;
- 3) повернути упорку в неробоче положення і закріпити;
- 4) розвернути каретку верстата, яка має патрон і свердло, на необхідний кут при вершині свердла  $2\phi$  ;
- 5) встановити рукоятку 7 (рисунок 3.11) у положення, що відповідає заточуванню двохперого інструмента;
- 6) встановити рукояткою 5 прийняте значення  $\alpha_0$  ;
- 7) повернути маховик 3 по годинниковій стрілці приблизно на  $40^\circ$  і тим самим включити обертання патрона, планетарне і осьове переміщення шліфувального круга. Подальшим поворотом маховика встановити по лімбу товщину шару металу, яку необхідно зняти з інструмента. Натисканням на маховик 3 в осьовому напрямку включити автоматичну подачу;
- 8) включити електродвигун;
- 9) підвести свердло до торкання зі шліфувальним кугом маховиком ручної подачі 4. Торкання свердла з кугом визначається по звуку і наявності іскри;
- 10) встановити рукояткою 6 необхідну величину подачі на одне перо, Надалі заточування свердла і його закінчення здійснюються автоматично.

Контроль свердла після заточування складається з перевірки:

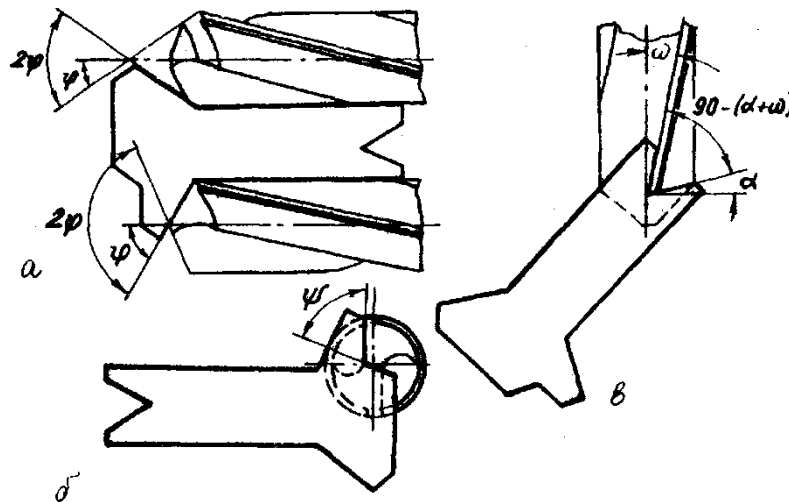
- стану заточеної поверхні;
- величини кута при вершині  $2\varphi$  і кута  $\psi$ ;
- величини задніх кутів  $\alpha$ ;
- симетричності заточування різальних кромок.

Правильно заточене свердло повинно задовольняти *технічним умовам*:

- різальні кромки повинні бути гостро заточені, завали, тріщини, забоїни, чорновими, викришування, сліди корозії і припали не допускаються;
- шорсткість  $R_a$  (мкм) задніх поверхонь свердел не повинна перевищувати значень 0,63 – для підвищеної - та 1,25 - для нормальної точності;
- головний кут у плані  $2\varphi$ , задній кут  $\alpha$  на периферії, кут нахилу поперечного різального леза  $\psi$  повинні бути в межах заданих значень;
- обидві головні різальні кромки повинні бути прямолінійними, розміщені під однаковим кутом до осі свердла і мати однакові довжини;
- радіальне биття, виміряне посередині головних різальних кромок, не повинно перевищувати допустимих значень (табл. 3.2).

Відсутність припалів, завалів, тріщин, викришувань, забоїв і слідів іржі виявляють візуально, як з боку задньої поверхні, так і в канавці біля різальної кромки. Шорсткість задніх поверхонь визначається або порівнянням з еталонами візуально, або вимірюванням на профілометри-профілографі.

Одним з найбільш простих способів контролю геометричних параметрів свердел є використання комбінованого шаблона (рисунок 3.14).



а - кута при вершині,

б - кута нахилу поперечної різальної кромки;

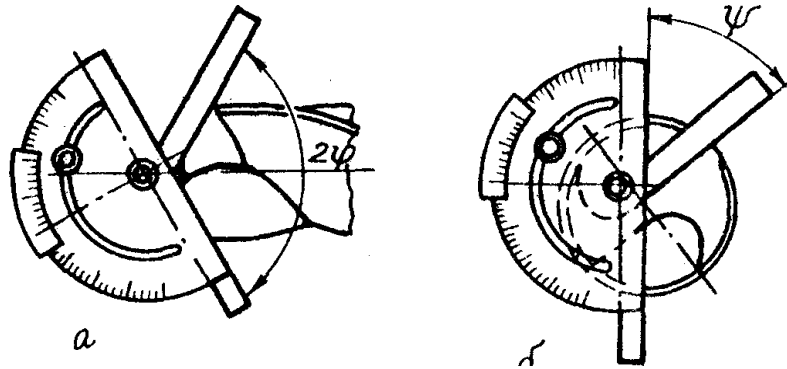
в - кута загострення

Рисунок 3.14 – Контроль геометричних параметрів спірального свердла за допомогою комбінованого шаблона:

Однак, цей спосіб не придатний для вимірювання різних по величині контрольованих параметрів і може бути рекомендований лише для приймання продукції в серійному, крупносерійному і масовому виробництві.

Контроль кута при вершині свердла  $2\varphi$  и кута нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$  можна здійснювати універсальним кутоміром (рисунок 3.15). Точність

даного методу залежить, в основному, від точності кутоміра, який використовується, і від кваліфікації контролера. Наприклад, при вимірюванні кута  $\psi$  установка площини вимірювання перпендикулярно до осі свердла здійснюється приблизно.



а - кута в плані;

б - кута нахилу поперечної ріжучої кромки

Рисунок 3.15 – Контроль геометричних параметрів спіральних свердел за допомогою універсального кутоміра;

Однаковість довжини різальних кромки контролюється штангенциркулем.

Задній кут свердла  $\alpha_0$  у різних точках різальної кромки вимірюється на спеціальному приладі (рисунок 3.16) за допомогою ділильної головки і індикаторного пристосування.

Свердло встановлюють в шпинделі ділильної головки. Стрижень індикатора, закріпленого на стояку, встановлюється паралельно осі свердла і підводиться до задньої поверхні свердла на рівні різальної кромки в точці  $x$  на заданому діаметрі  $D_x$  (рисунок 3.16, 3.17). Наконечник індикатора повинен бути встановлений ближче до різальної кромки. В такому положенні стрілка індикатора повинна бути поставлена на нуль. Потім, обертаючи шпиндель ділильної головки, наконечник індикатора, показує величину падіння задньої поверхні свердла. Заносимо показання індикатора, які відповідають повороту свердла на кожні  $5^\circ$ , до протоколу вимірювань.

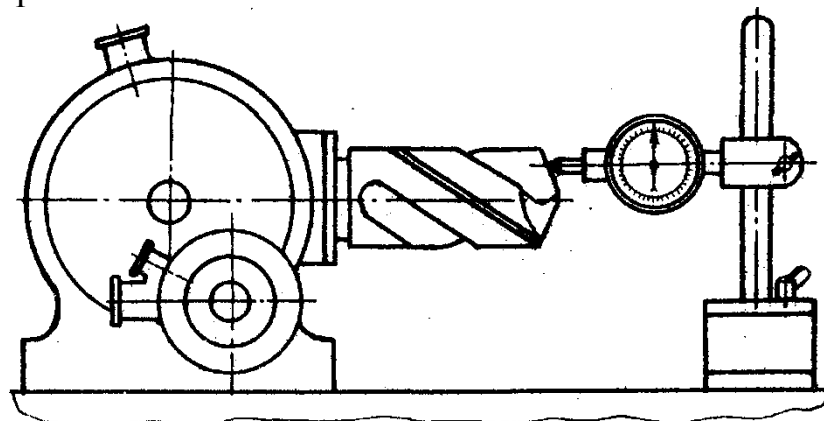


Рисунок 3.16 – Пристрій для контролю задніх кутів свердла в різних точках різальної кромки

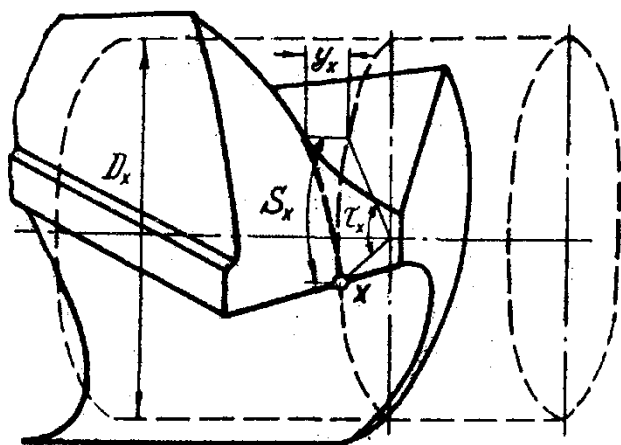


Рисунок 3.17 - Схема контролю заднього кута

Будують криві заточення задньої поверхні свердла, які відповідають положенню точки різальної кромки по діаметрах (рисунок 3.18).

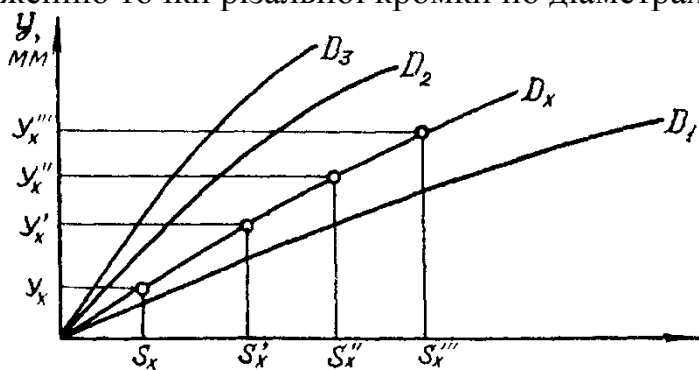


Рисунок 3.18 - Криві заточування задньої поверхні свердла в різних точках різальної кромки

З протоколу визначається величина  $y_x$ , а довжина дуги  $S_x$ , яка відповідає куту повороту свердла  $\tau$  (в градусах) для заданого діаметра  $D_x$ , розраховується по формулі

$$S_x = \pi D_x \tau / 360 \quad (3.9)$$

Тоді, значення заднього кута визначають

$$\alpha_0 = \arctg \frac{y_x}{S_x} \quad (3.10)$$

Узагальнюючи отримані данні, будують графік, який характеризує зміну заднього кута  $\alpha_0$  по діаметру вздовж різальної кромки (рисунок 3.17).

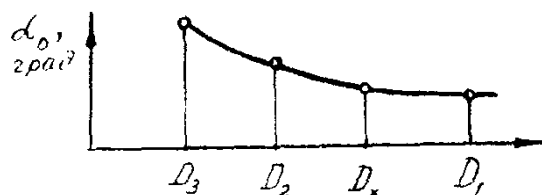


Рисунок 3.19 - Характер зміни заднього кута вздовж головної різальної кромки свердла

Значення заднього кута в нормальному перерізі  $\alpha_n$ , приблизно можна визначити по формулі

$$\operatorname{tg} \alpha_{xn} = \operatorname{tg} \alpha_{ox} \sin \varphi \quad (3.11)$$

На підставі побудованих графіків роблять висновки про зміну задніх кутів вздовж головної різальної кромки свердла.

Найбільш точно величину кутів і значення геометричних параметрів свердла можна виміряти на інструментальному мікроскопі ММИ, оснащеному відповідним вимірювальним пристосуванням (рисунок 3.20).

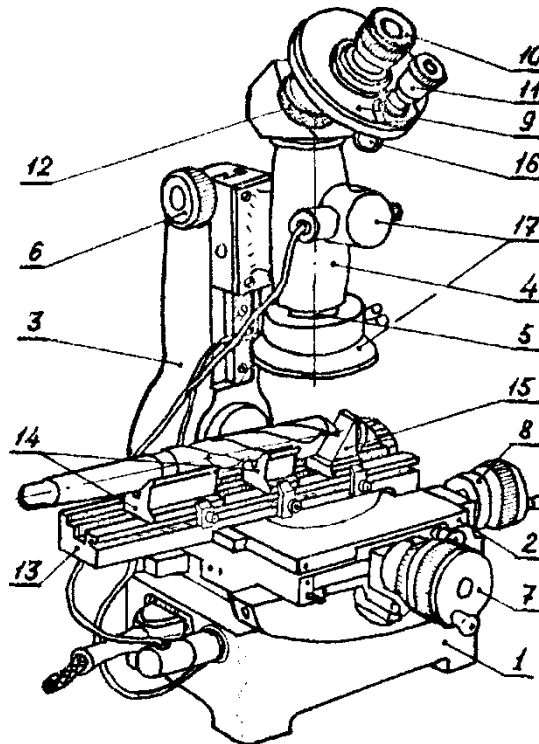


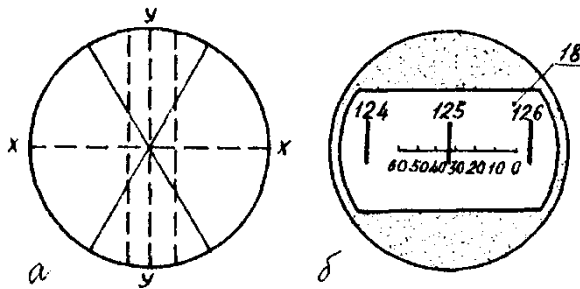
Рисунок 3.20 – Малий інструментальний мікроскоп ММИ із пристосуванням для контролю свердел

З рисунку 3.20 видно, що мікроскоп складається з основи I, на якій розташовані вимірювальний стіл 2 і стояк 3 з тубусом 4, у який встановлений об'єктив 5. Кронштейн стояка, що з'єднує тубус, має паз у вигляді ластівчиного хвоста, який ковзає по напрямним стояка. Він переміщується за допомогою маховика 6. Вимірювальний стіл 2 по осях координат переміщується за допомогою мікрометричних барабанів 7 і 8 з ціною поділки 0,005 мм. Окулярна голівка 9 має два окуляри: 10 – для вимірювання лінійних переміщень і 11 – для відліку кутових переміщень.

Окуляри голівки мають діоптрійне наведення на різкість. В окулярі 10 оптична схема мікроскопа забезпечує спостереження штрихової сітки з хрестом (рисунок 3.21,а), призначеної для фіксації ліній чи точок вимірюваної деталі. В окуляр 11 за допомогою дзеркала 16 проектується градусна шкала (рисунок 3.21,б), яка переміщується за допомогою маховика 12.

Пристосування розміщують на столі 2, воно складається із основи 13, призми 14 і дзеркальної призми 15. При роботі на мікроскопі свердло укладається на

призми 14 і освітлюються нижнім освітлювачем 17, тоді як верхній служить для освітлення градусної шкали.

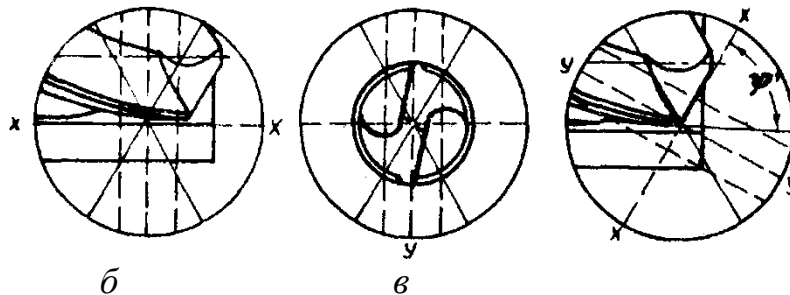


а – в окулярі 10; б – в окулярі 11 (рис. 3.18)

Рисунок 3.21 - Поле зору в окулярах мікроскопу:

Перш ніж починати вимірювання свердла на мікроскопі, необхідно:

на кутовій шкалі 18 зафіксувати  $0^\circ$ , а горизонтальну ось перехрестя  $X - X$  (рис. 3.21,а) встановити паралельно осі свердла. Пристосування 13 з призмами встановлюють на столику 2 так, щоб вісь  $X - X$  збігалася з гранню призми або за допомогою еталонного валику (рисунок 3.22,а).



а б в  
Рисунок 3.22 - Вимірювання кута в плані на мікроскопі ММІ

Для вимірювання кутів у плані  $\varphi$  свердло встановлюють у призмі так, щоб периферійні точки головних різальних лез були розташовані в одній горизонтальній площині. Контроль такого положення свердла можливий по відображенню свердла в дзеркальній призмі 15 (рисунок 3.22,б), потім її відсувають. Перед вимірюванням перехрестя встановлюють на кутову ділянку свердла (рисунок 3.22,в), після чого, обертаючи маховик 12, сполучаємо вісь  $X-X$  із головною різальною кромкою. По шкалі 18 знаходимо величину кута в плані  $\varphi'$ . Аналогічно можна знайти і величину кута в плані  $\varphi''$  другої різальної кромки. Кут при вершині свердла  $2\varphi = \varphi' + \varphi''$ .

Для вимірювання кута  $\alpha_0$  свердло встановлюють у призмі так, щоб головна різальна кромка була розташована у вертикальній площині. На шкалі 18 повинен бути зафіксований  $0^\circ$ , а горизонтальна вісь перехрестя  $X-X$  повинна бути паралельна осі свердла (рисунок 3.23,а). Перед вимірюванням перехрестя встановлюють на кутову ділянку свердла, після чого, обертаючи маховичок 12, повертають вертикальну вісь перекриття  $Y-Y$  у положення, дотичне до задньої поверхні (рисунок 3.23,б). Величину заднього кута визначають по шкалі 18.

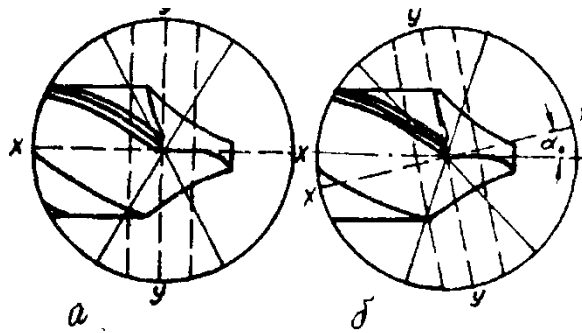


Рисунок 3.23 – Вимірювання заднього кута на мікроскопі ММИ

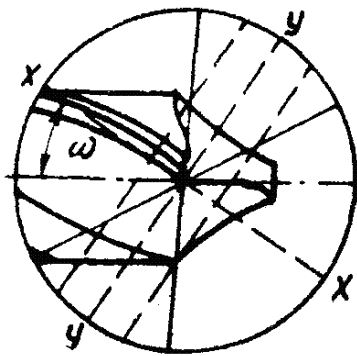
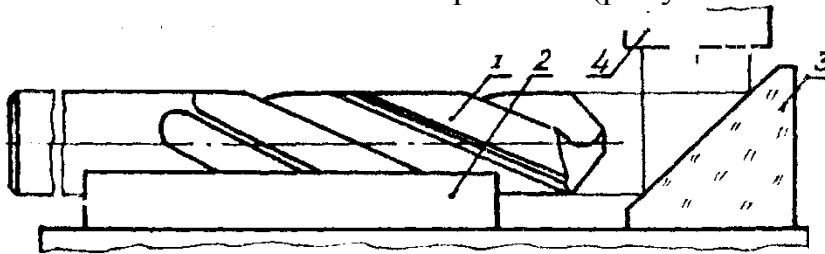


Рисунок 3.24 – Вимірювання кута нахилу гвинтової канавки

#### Вимірювання кута нахилу гвинтової канавки

Після вимірювання заднього кута повертають горизонтальну ось  $X-X$  перехрестя у положення, дотичне до стрічки свердла (рисунок 3.24). По шкалі 18 визначають величину кута нахилу гвинтової канавки  $\omega$ .

Для вимірювання кута нахилу поперечної різальної кромки  $\psi$  свердло встановлюють в призмі і додатково закріплюють дзеркальну призму так, щоб відображення від неї попадало в оптичну систему мікроскопа (рисунок 3.25,а).



- 1 - свердло;
- 2 - призма,
- 3 - дзеркальна призма;
- 4 - об'єктив

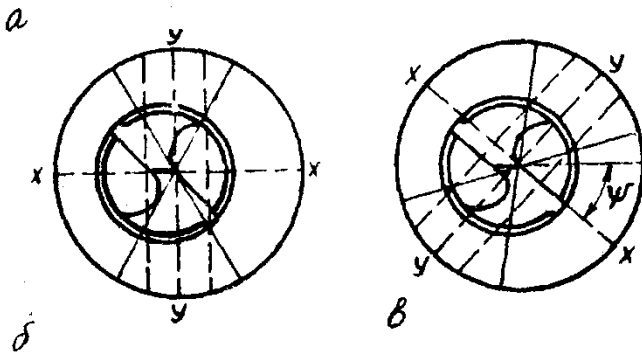


Рисунок 3.25 –

Маховиком 12 сполучають одну з осей перехрестя спочатку з головною різальною кромкою а потім з поперечною, замітивши значення обох кутів по шкалі 18 (рисунок 3.25,б,в). Величина кута  $\psi$  дорівнює різниці відліків по шкалі 14.

**Зміст звіту**

- а) повна назва і маркірування використовуваного устаткування, приладів і інструмента,
  - б) ескіз свердла з необхідними розрізами і розмірами;
  - в) схеми заточування по конічній і гвинтовій поверхні;
  - г) схеми і результати контролю геометрії свердла;
  - д) виміряні і розраховані елементи свердла у вигляді таблиць і графіків;
  - е) висновки по зміні кутів по головній різальній кромці свердла і т.п.
- Звіт підписується студентом і пред'являється викладачу.

**Контрольні запитання**

1. Геометричні параметри спірального свердла.
2. Який вид зносу свердел обмежує їх стійкість?
3. Методи заточування свердел, їх характеристика.
4. Доведіть епюру зміни задніх кутів свердла при заточенні по Уошборну, по Блау.
5. По якому методу здійснюється заточування свердел на верстаті 3659А чи ЗБ652?
6. Чому задній кут у свердла змінний у різних точках різальної кромки?
7. Як змінюється величина переднього кута від периферії до центра?
8. Як впливає кут нахилу канавки на величину переднього кута?
9. Які формоутворюючі рухи мають свердло і шліфувальний круг при заточуванні на верстаті 3659А чи ЗБ652?
10. В чому особливості конструкції, геометрії різальної частини і заточення свердла, оснащеного твердим сплавом?
11. Яка швидкість шліфувального круга є оптимальною при заточуванні свердел зі швидкорізальної сталі?
12. Які контрольні прилади для вимірювання параметрів свердел після заточування?
13. Методика вимірювання кутів  $\gamma, \alpha, \varphi, \psi, \omega, \varphi_1$ .
14. Порядок налагодження верстатів мод. 3659А и ЗБ652 для заточування.
15. Пояснити вибір абразивного круга і режимів заточування.



## 4 Лабораторна робота № 4 Вимірювання точності мітчика

*Метою роботи* є ознайомлення з пристроєм універсального вимірювального мікроскопа типу УИМ-21 і методикою виміру елементів циліндричного різьблення.

Опис універсального вимірювального мікроскопа

Універсальний мікроскоп типу УИМ-21 призначений для виміру лінійних і кутових розмірів з високою точністю. На ньому можна виконувати найрізноманітніші виміри, починаючи від грубих масових перевірок виробів до порівняно точних вимірів елементів різьблення різьбових калібрів. Тому, універсальний вимірювальний мікроскоп знаходить широке застосування у вимірювальних лабораторіях і контрольних пунктах машинобудівних заводів.

Пристрій мікроскопа заснований на принципі проектування збільшеного зображення контуру вимірюваного об'єкта на екран за допомогою променів світла, які проходять поза нього чи відбиваються від інструменту.

Пластина зі штриховою сіткою, що розташована у фокальній площині окуляра мікроскопу, відіграє роль екрану. Проекція контуру вимірюваної деталі на штрихову окулярну пластину відбувається за допомогою оптичної системи. Пучок променів від лампи, пройшовши через конденсор, світлофільтр і діафрагму, відхиляється нагору дзеркалом, висвітлює вимірювану деталь і попадає в об'єктив головного мікроскопа. Зображення контуру вимірюваної деталі проектується на пластину зі штриховою сіткою і розглядається через окуляр.

Вимір лінійних розмірів відбувається шляхом фіксування за допомогою звітних мікроскопів величини переміщення виробу щодо штрихової сітки. Кутові величини визначаються за допомогою кутомірного мікроскопа, що фіксує положення лінії штрихової сітки, яка сполучається з границями контуру.

До основних вузлів мікроскопа (рисунки 4.1, 4.2) відносяться: станина 1, подовжня каретка 4, поперечна каретка 18 зі стовпчиком 12, тубус мікроскопа 13 із кронштейном 11, окулярна голівка 10, відлікові мікроскопи 8 і 9 і освітлювальні пристрої 25, 26 і 28.

Подовжня каретка 4 має плоскі напрямні, якими вона спирається на кулькові підшипники, зв'язані зі станиною. Перекіс у горизонтальній площині усувається наявністю напрямних, установлених на каретці. У напрямному ложі розташовані центрові бабки для установки вимірюваного виробу в центрах. На настановній площині можуть бути розташовані пристосування для закріплення вимірювальних ножів чи установлений плоский столик. З кареткою жорстко зв'язана подовжня міліметрова шкала, застосована для відліку переміщення каретки.

Груба установка каретки здійснюється переміщенням її від руки при віджатому стопорі 2. У необхідному положенні каретку закріплюють стопором і подальше точне наведення здійснюють за допомогою мікрометричного пристрою 3.

Поперечна каретка 18 може переміщатися незалежно від подовжньої каретки по напрямним 19, установленим на станині. Грубе переміщення від руки відбувається при віджатому стопорі 23. У необхідному положенні каретка фіксується стопором 23, і надалі точне наведення здійснюють за допомогою мікрометричного пристрою 24. Каретка несе на собі колонку 12, на якій установлений мікроскоп 13, який призначений для спостереження збільшеного зображення об'єкта. У задній частині каретки розташована шкала для відліку величини поперечного переміщення.

Тубус мікроскопа 13 разом із кронштейном 11 установлений на колонку 12. Грубе переміщення мікроскопа уздовж стовпчика здійснюється за допомогою маховика 14 при віджатому стопорі 15. Точне фокусування мікроскопа на об'єкт виміру виробляються обертанням торованого кільця 7, при цьому тубус мікроскопа переміщається щодо кронштейна 11.

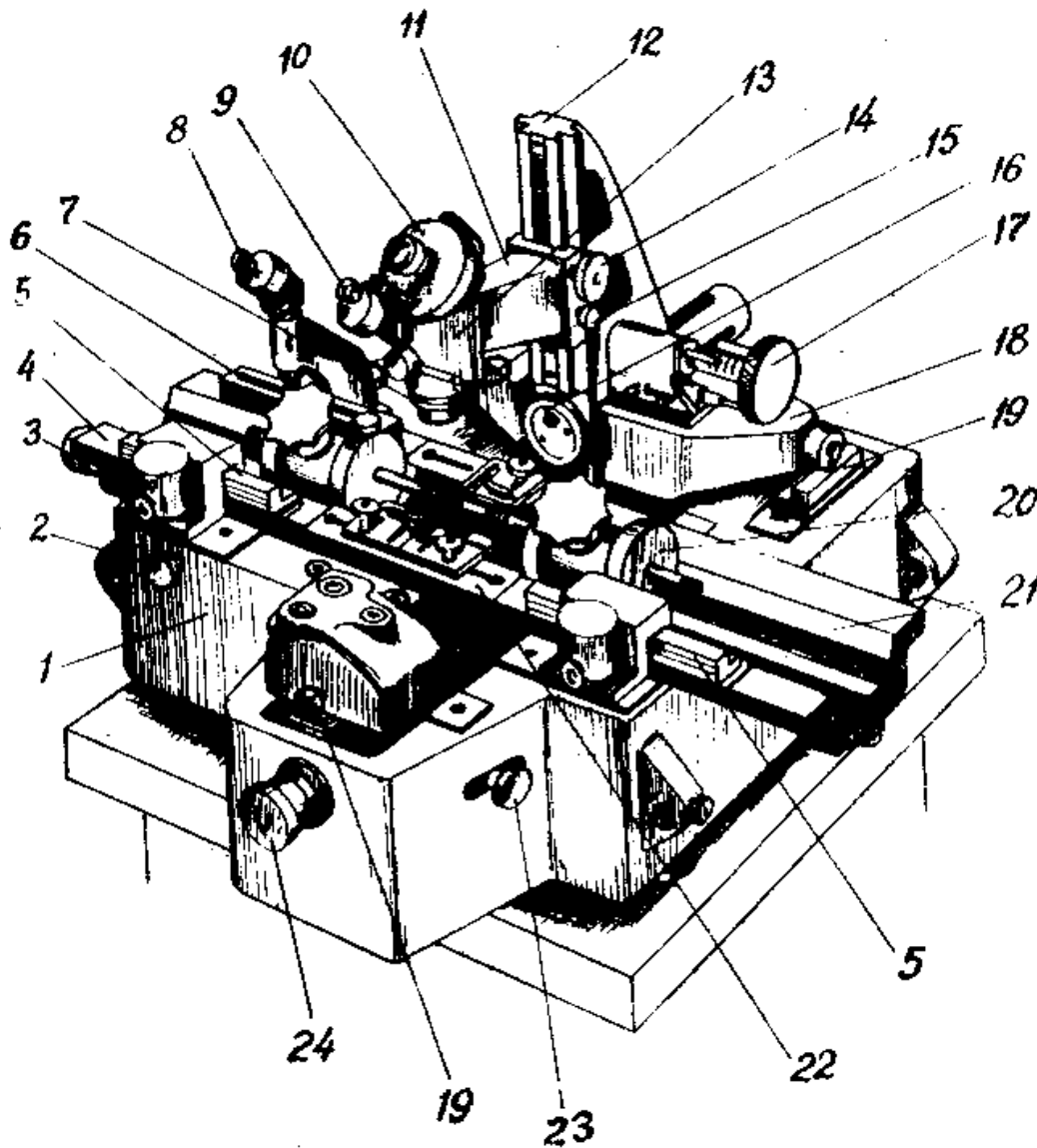


Рисунок 4.1 - Загальний вигляд мікроскопу УИМ спереду

Кутомірна окулярна голівка, 10 приєднана до верхньої частини тубуса мікроскопа. У фокальній площині окуляра розташована пластинка, що має штрихову сітку, яка може повертатися навколо своєї осі за допомогою маховичка 30 (рисунок 4.2). Вісь обертання проходить через точку перетинання пунктирних ліній штрихової сітки і збігається з головною оптичною віссю мікроскопа

Штрихова сітка (рисунок 4.3) має п'ять вертикальних пунктирних ліній і горизонтальну. При нульовому показанні градусної і хвилинної шкал голівки горизонтальний штрих рівнобіжний напрямку переміщення подовжньої каретки. Різке зображення ліній досягається обертанням оправы окуляра 32.

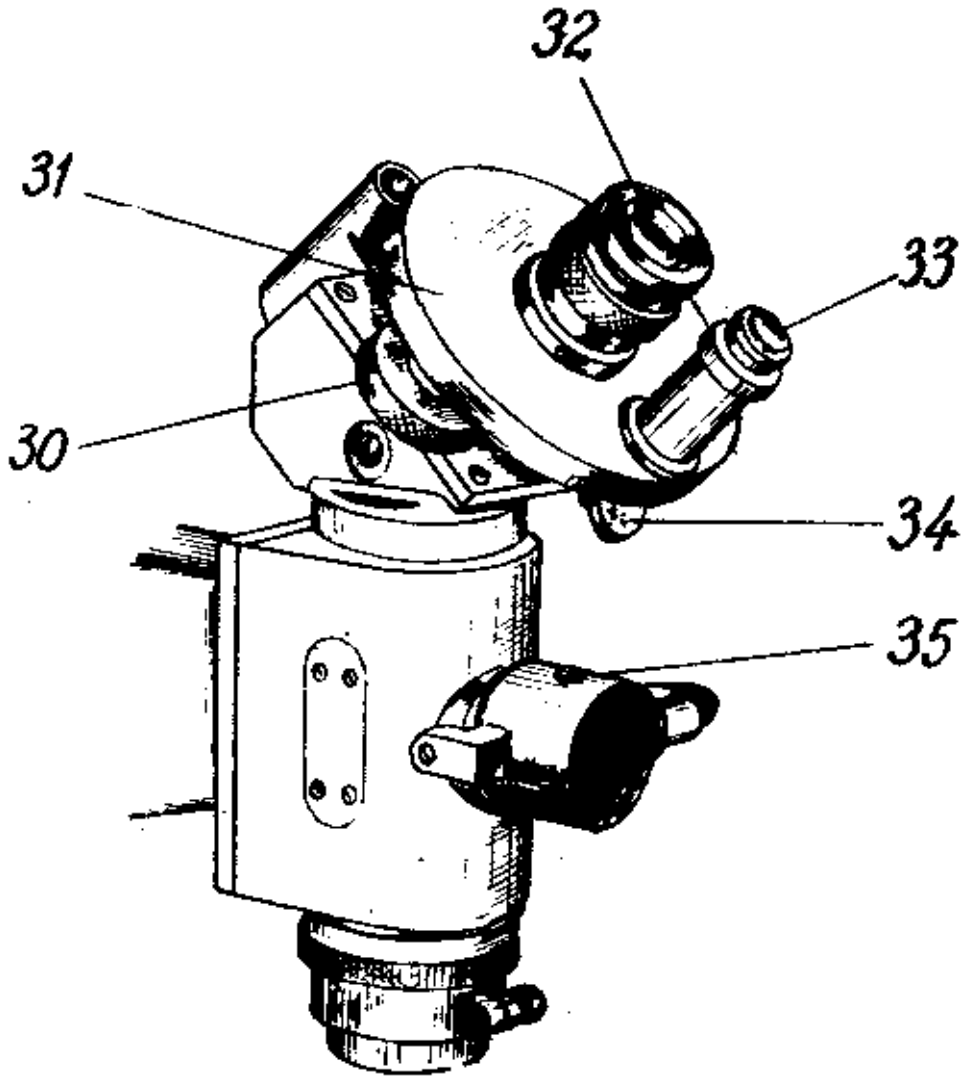


Рисунок 4.2 – Тубус мікроскопу з кутомірною голівкою

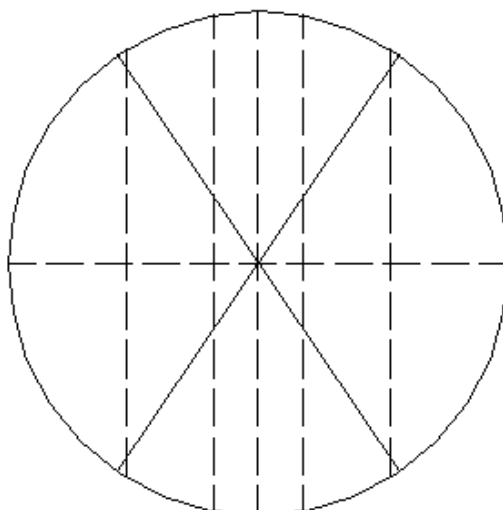


Рисунок 4.3 – Штрихова сітка

При обертанні маховичка 30 одночасно зі штриховою сіткою обертається лімб 31 із градусними діленнями, що знаходиться в корпусі. Лімб підсвітлюється за допомогою дзеркальця 34. Спостерігаючи в кутомірний мікроскоп 33, можна відраховувати кути повороту штрихової сітки. У полі зору видні дві шкали: одна велика, розділена на градуси; друга дрібна, хвилинна, з діленнями від 0 до 60 (рисунок 4.4). Довжина хвилинної шкали дорівнює довжині одного ділення градусної шкали. Таким чином, за допомогою дрібної шкали один градус поділяється на 60 хвилин.

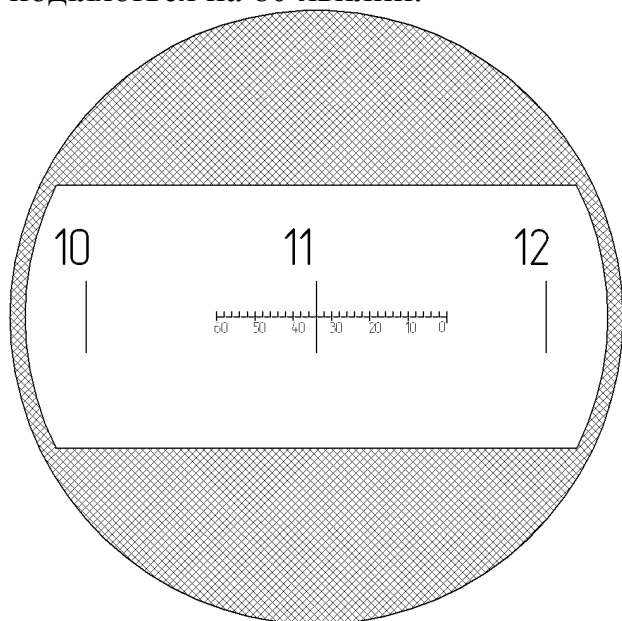


Рисунок 4.4 –Поле зору окуляру кутових вимірів

При відліку ціле число градусів знаходять проти штриха, що перетинає хвилинну шкалу, по якій відраховують число хвилин, яке перетинається градусним штрихом. При положенні шкал, показаному на рисунку 4.4 відлік дорівнює  $11^{\circ}34'$ .

Відлікові мікроскопи 8 і 9 (рисунок 4.1) служать для точного відліку величини переміщення подовжньої і поперечної кареток.

Під скляною шкалою 6 подовжньої каретки розташоване дзеркало, яке направляє пучок світла в об'єктиви мікроскопів 8 та 9. Обидві шкали розділені на цілі міліметри. Штрихи шкали спостерігають в окуляр 2 відлікового мікроскопу (рисунок 4.5).

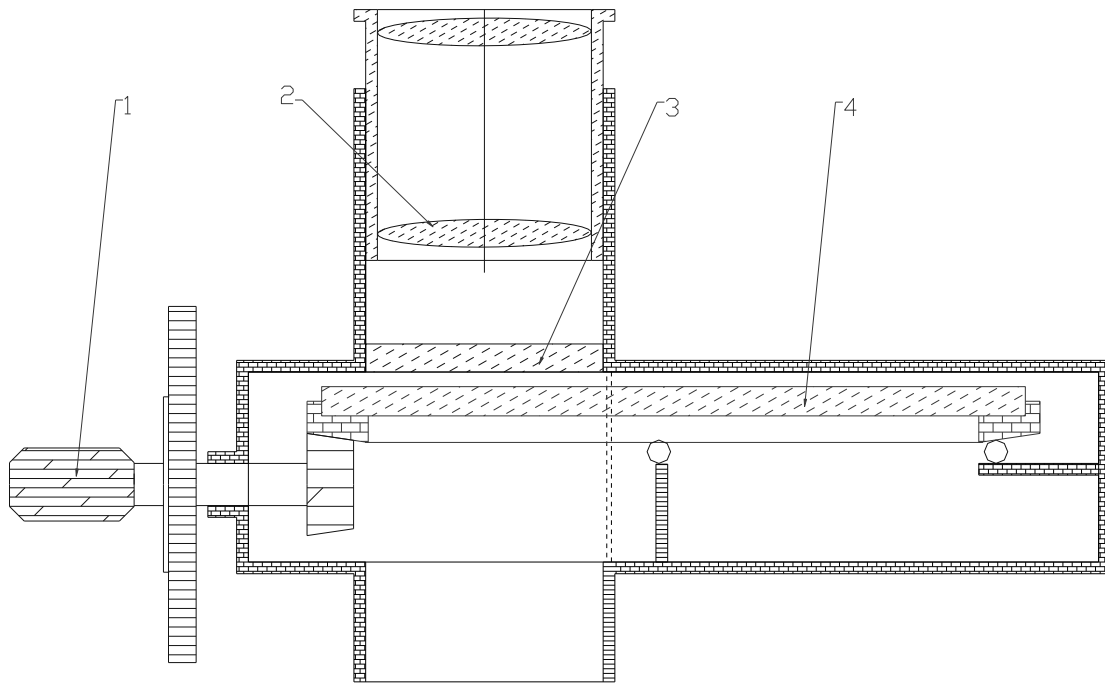
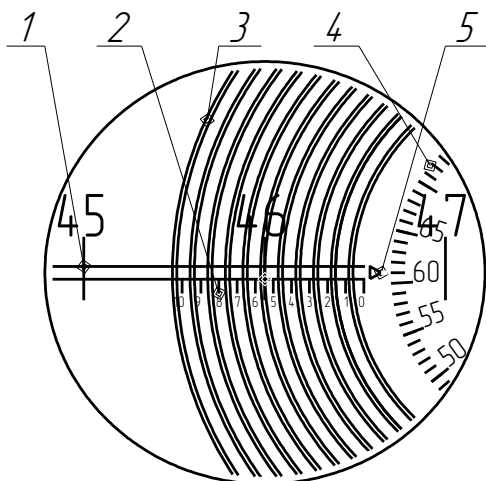


Рисунок 4.5 - Схема окулярної голівки відлікового мікроскопу

Для відліку дробових часток міліметра відлікові мікроскопи мають спіральний ноніус, основну частину якого складають дві скляні пластини 3,4, які розташовані одна над іншою. На нерухомій пластині 3 нанесена лінійна шкала 2 (рисунок 4.6), що має поділки з інтервалами, що відповідають 0,1 мм. На поворотній пластині 4 (рисунок 4.5) нанесена подвійною лінією Архімедова спіраль 3 і кругова шкала 4, що має 100 поділок. Крок спіралі дорівнює інтервалу лінійної шкали з ціною розподілу 0,1 мм. За повний оборот пластини 4 точка спіралі перемістяться уздовж лінійної шкали пластини 3 на 0,1 мм, тобто на величину кроку.



+ Рисунок 4.6 – Поле зору відлікового мікроскопу

При повороті пластини 4 на одне ділення по круговій шкалі (1/100 повного обороту) та ж точка спирали переміститься лише на  $0.1/100=0,001\text{мм}$ .

У полі зору відлікового мікроскопа знаходяться міліметрові ділення шкали 1, один зі штрихів якої перетинає шкалу 2, по якій виконують відлік десятих часток міліметра. Нерухомий покажчик 5 дає відлік сотих і тисячних часток міліметра по круговій шкалі 4.

Наприклад, установка шкал, приведена на рисунку 4.6, відповідає відліку, рівному 46,561.

Методика проведення роботи

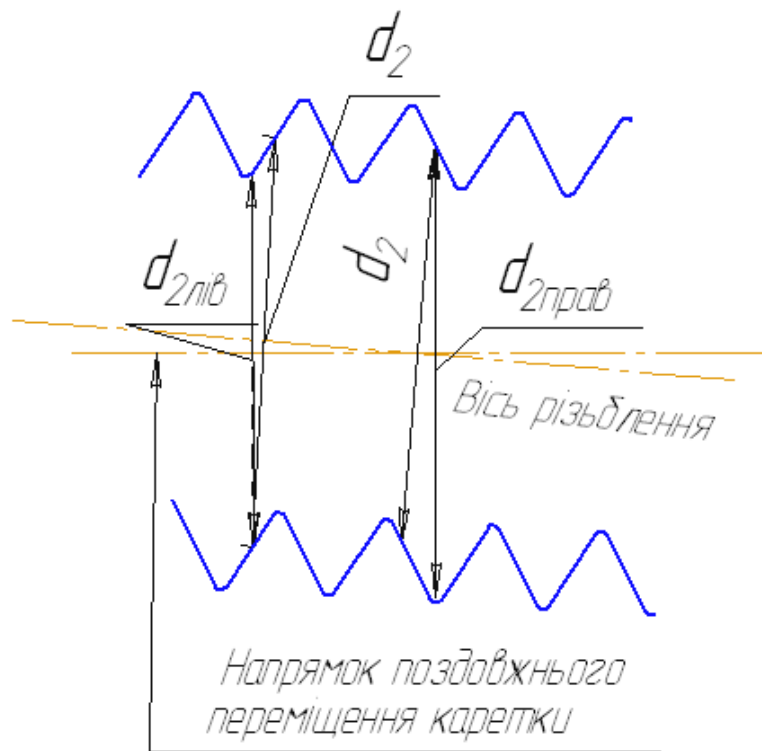
#### 4.1 Установка вимірюваного об'єкта

Об'єктом виміру служить різьбовий мітчик, що встановлюється в центрах приблизно посередині довжини подовжньої каретки. Різьблення вимірюваного мітчика ретельно очистити від пилу і бруду ганчіркою, змоченою в розчиннику, і потім протерти насухо. У заводських умовах очистка мітчика може проводитись за допомогою промивки у гарячих содовних розчинах з подальшою просушкою повітрям.

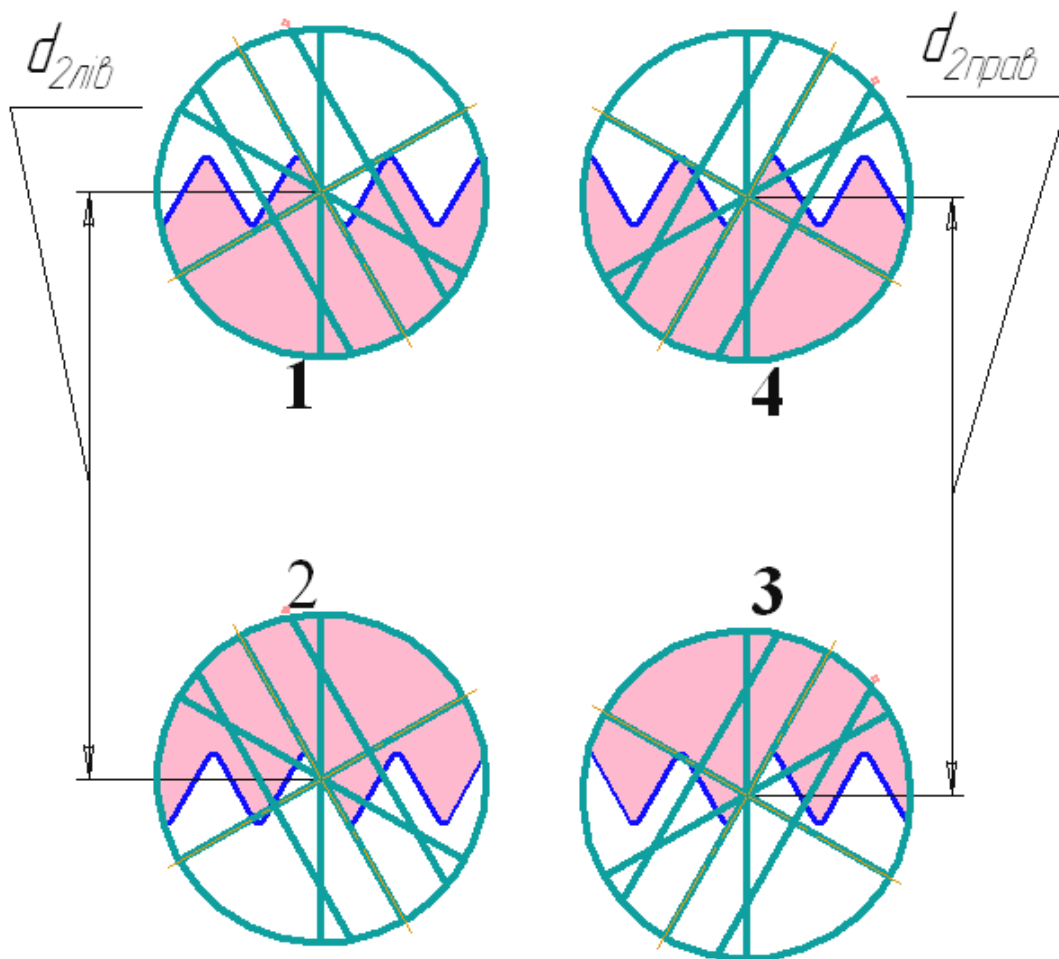
**УВАГА!** лінза освітлювача в центральній порожнині станини нічим не захищена. Тому установку в центрах і знімання вимірюваного об'єктива варто робити надзвичайно обережно, не допускаючи ні в якому разі його падіння. Установка об'єкта виміри виробляються в наступному порядку:

Вимірювання лінійних розмірів мітчика проекційним (тіньовим) методом передбачає знаходження зовнішнього, середнього, внутрішнього діаметрів та кроку різьблення.

При вимірюванні зовнішнього і внутрішнього діаметрів мітчика методика та обробка результатів вимірювань подібні вимірюванню гладких валиків.



а)



б)

а) вплив перекосу на результат вимірювання;

б) схема вимірювання.

Рисунок 4.7 – Вимірювання середнього діаметра різьблення

### Вимір середнього діаметра різі

Ось мітчика, встановленого в центрах, практично завжди перекошена щодо подовжнього переміщення каретки мікроскопа. Таким чином, вимір буде відбуватись в напрямку переміщення поперечної каретки. Тому, як це видно на рисунку 4.7,а , при вимірі по лівих сторонах профілю величина середнього діаметра вийде менше дійсного значення. Вимір по правих сторонах дає більше значення величини середнього діаметра по відношенню з дійсним.

Для компенсації помилок перекошу вимір варто вести як по лівих, так і по правих сторонах профілю і за величину діаметра приймати середнє арифметичне з результатів цих двох вимірів:

$$d_{2Д} = \frac{d_{2права} + d_{2лева}}{2} \quad (4.1)$$

Вимір *середнього діаметру різьблення* виконують в наступному порядку:

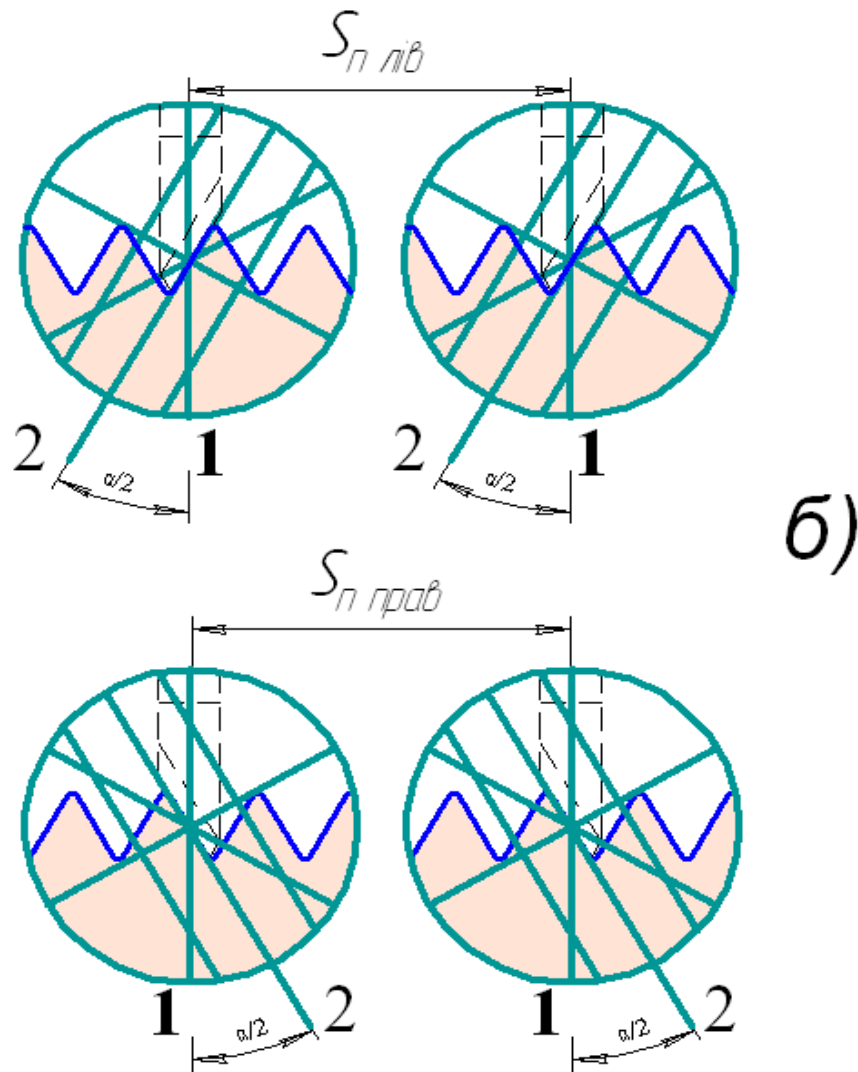
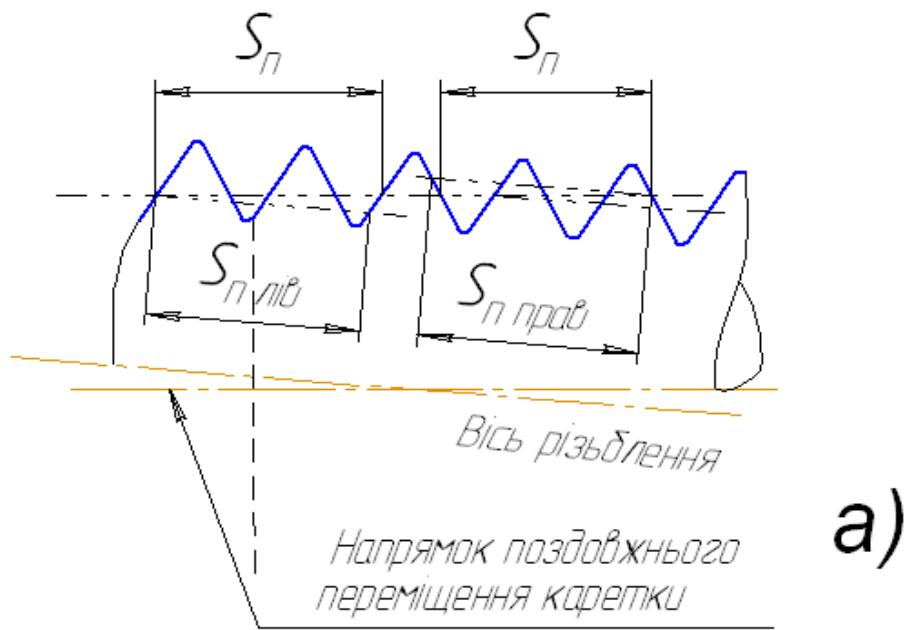
Перехрестя штрихової сітки (рисунок 4.7,б) установити приблизно на середині сторони профілю різі мітчика. Сполучення здійснюють шляхом повороту штрихової сітки пластини за допомогою маховичка 30 (рисунок 4.2) і переміщення кареток. Зробити відлік поперечного ходу. За допомогою гвинта 24 поперечного ходу каретки зняти декілька відліків по лівій стороні бічного контуру та обчислити їх середнє арифметичне.

Перемістити поперечну каретку на протилежний бічний контур різьблення. Якщо пунктирна лінія не буде рівнобіжна контуру (або рисці вимірювального ножа), то її слід довести до сполучення шляхом повороту штрихової сітки. Провести відліки і обчислити середнє значення .

Визначити, величину середнього діаметра мітчика, наприклад, по правих сторонах профілю, як різницю середніх. Зробити аналогічні виміри величини середнього діаметра по лівих сторонах профілю.

Визначити дійсну величину середнього діаметра по формулі (4.1).





а) вплив перекосу на результат вимірювання

б) схема вимірювання

Рисунок 4.8 – Вимірювання кроку різьблення:

### Вимір кроку різьблення

При установці виробу в центрах внаслідок можливого перекосу осі (рисунок 4.8,а) вимірюваний розмір по лівих сторонах профілю  $S_{n\text{ лів}}$  буде менше, а обмірюваний по правих сторонах  $S_{n\text{ прав}}$  – більше дійсного розміру  $S_n$ . Для виявлення накопиченої помилки кроку вимірюють відстані між однаковими сторонами профілю (правими і лівими) на визначеному числі  $n$  витків.

Для компенсації помилки перекосу осі різьблення щодо лінії виміру варто робити за величину відстані  $S_n$  приймати середнє арифметичне результатів вимірів:

$$S_n = \frac{S_{n\text{ лев}} + S_{n\text{ прав}}}{2} \quad (4.2)$$

Вимір можна робити за допомогою ножів, установлених до однойменних сторін профілю (рисунок 4.8,б).

Вимір *кроку* здійснюють в наступному порядку:

Перемістити поздовжню каретку (рисунок 4.8,б) та сполучити у полі зору мікроскопа бічну пунктирну лінію штрихової пластини з профілем різі (рискою ножа). Точні наведення проводити маховичком 30 (рисунок 4.2). Перехрестя установити приблизно посередині бічної сторони профілю. Зняти показання.

За допомогою гвинта 3 трохи відвести пунктирну лінію від риски ножа і повторити виміри. Зробити відлік. Таким чином зняти декілька відліків й обчислити середнє значення.

Перемістити поздовжню каретку так, щоб у полі зору потрапив інший бік профілю. Зробити аналогічні відлік та вимірювання. Обчислити середнє значення з декількох відліків.

Знайти середнє значення величини  $S_n$  кроків.

### Вимір половин кута профілю різьблення

Вимір половини кута профілю дозволяє судити про погрішність положення профілю щодо осі різьблення.

Через установку різьбового виробу в центрах можлива розбіжність осі різьблення з напрямком подовжнього переміщення (рисунок 4.9). При цьому центральна пунктирна лінія а-а (рисунок 4.12) штрихової пластини при її нульовому положенні (коли нуль градусної шкали збігається з нулем хвилинної), від якої виробляється замір –  $(\alpha/2)_{\text{прав}}$  і  $(\alpha/2)_{\text{лев}}$ , не буде перпендикулярно до осі різьблення. Обмірювані **величини**  $(\alpha/2)$  будуть відрізнятися від дійсних.

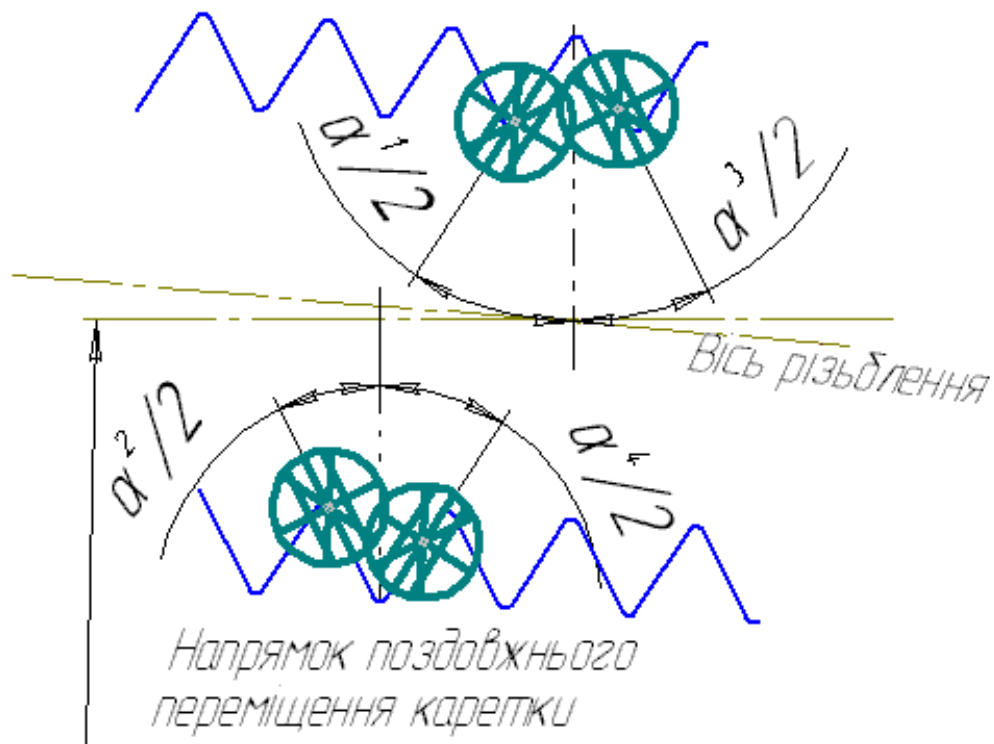


Рисунок 4.9 - Вплив перекосу осі різьблення на результат виміру половини кута профілю

Для виключення систематичної помилки виміру половин кута профілю, що мала місце через наявності перекосу різьблення, вимір  $(\alpha/2)_{\text{прав}}$  і  $(\alpha/2)_{\text{лів}}$  необхідно робити у верхній і нижній частинах контуру різьблення.

Вимірявши кути  $\frac{\alpha^{(1)}}{2}, \frac{\alpha^{(2)}}{2}, \frac{\alpha^{(3)}}{2}, \frac{\alpha^{(4)}}{2}$ , знаходять  $(\alpha/2)_{\text{прав}}$  і  $(\alpha/2)_{\text{лів}}$  по формулах:

$$(\alpha/2)_{\text{прав}} = \frac{\frac{\alpha^{(1)}}{2} + \frac{\alpha^{(2)}}{2}}{2}; \quad (4.3-4.4)$$

$$(\alpha/2)_{\text{прав}} = \frac{\frac{\alpha^{(3)}}{2} + \frac{\alpha^{(4)}}{2}}{2}$$

Вимір  $\alpha/2$  здійснюють в наступному порядку:

Сполучити одну з ліній штрихової пластини з бічною стороною профілю різьблення, користуючись поздовжнім і поперечним переміщеннями кареток і обертанням маховичка 30 (рисунок 4.9).

Зробити відлік половини кута профілю по кутомірному мікроскопу, показання якого буде дорівнювати  $-\alpha/2$  чи  $360^\circ - \alpha/2$ . Провести не менш трьох відліків і по них обчислити середнє арифметичне.

Аналогічно виміряти і іншу половину кута профілю.

Визначити по формулах (4.3-4.4)  $(\alpha/2)_{\text{прав}}$  і  $(\alpha/2)_{\text{лів}}$ .

### Вимірювання кута у плані

Для вимірювання кута у плані встановлюють одну з штрихових ліній сітки паралельно твірній різальної частини ближче до калібрувальної частини та пересувають каретки подовжнього і поперечного ходу до появи зору твірної конуса (поблизу вершини мітчика). Цим перевіряється чи не порушена паралельність штрихової лінії твірної сітки.

Встановлюємо каретку подовжнього ходу на деяке ціле число міліметрів за шкалою подовжнього ходу і закріплюємо її. Переміщаючи каретку поперечного ходу, суміщаємо штрихову лінію сітки із твірною тіньового контуру, як показано на рис.4.10 (положення 1), і знімаємо відлік за шкалою поперечного ходу. Потім переміщаємо каретку подовжнього ходу на ціле число міліметрів на задану довжину до іншого кінця конуса. Переміщаючи каретку поперечного ходу, суміщаємо штрихову лінію сітки з твірною тіньового контуру (положення 2) і знову знімаємо відлік за шкалою поперечного ходу.

Різниця відліків за шкалою поперечного ходу, ділена на довжину переміщення каретки подовжнього ходу в міліметрах, дає тангенс половини кута конуса.

Одержаний результат може мати похибку, яка виникла унаслідок можливого перекосу мітчика через не паралельність його осі та напряму подовжнього переміщення каретки. Для виключення впливу цієї погрішності на результат вимірювання повторюють вимірювання на іншій стороні твірної конуса мітчика (положення 3, 4). Очевидно, що похибка від перекосу увійде в цей результат, але із зворотним знаком. Для виключення погрішності обчислюють середнє арифметичне з обох результатів вимірювання і визначають кут конуса.

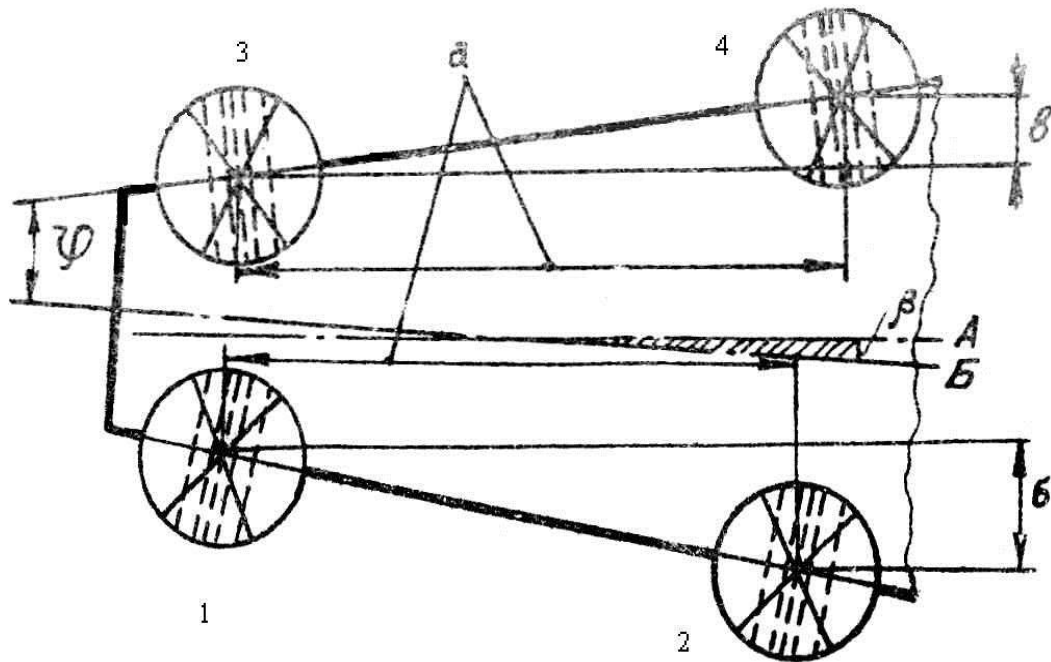


Рисунок 4.10 – Схема вимірювання кута у плані

Для підвищення точності необхідно переміщати каретку подовжнього ходу на можливо більшу відстань. Цей метод вимірювання називають координатним.

Кут конуса різальної частини мітчика можна виміряти і безпосередньо за допомогою кутомірної головки мікроскопа.

#### Вимірювання зворотної конусності мітчика

Зворотну конусність по зовнішньому, середньому і внутрішньому діаметрах визначають відповідно як різницю значень діаметрів на початку і в кінці калібрувальної частини. Вона повинна бути в межах  $(0,05-0,10)/100$ .

#### Вимірювання величини затилування мітчика

Величину затилування на калібрувальній частині по зовнішньому, середньому діаметрах вимірюють по ширині пера на 2-3 витках по довжині.

За істинний розмір беруть середньоарифметичне значення.

#### Обробка результатів вимірювань

Придатність різбового мітчика визначається шляхом порівняння результатів виміру параметрів різі з припустимими розмірами, які регламентовані стандартом [16,17] (рисунки 4.11, 4.12).

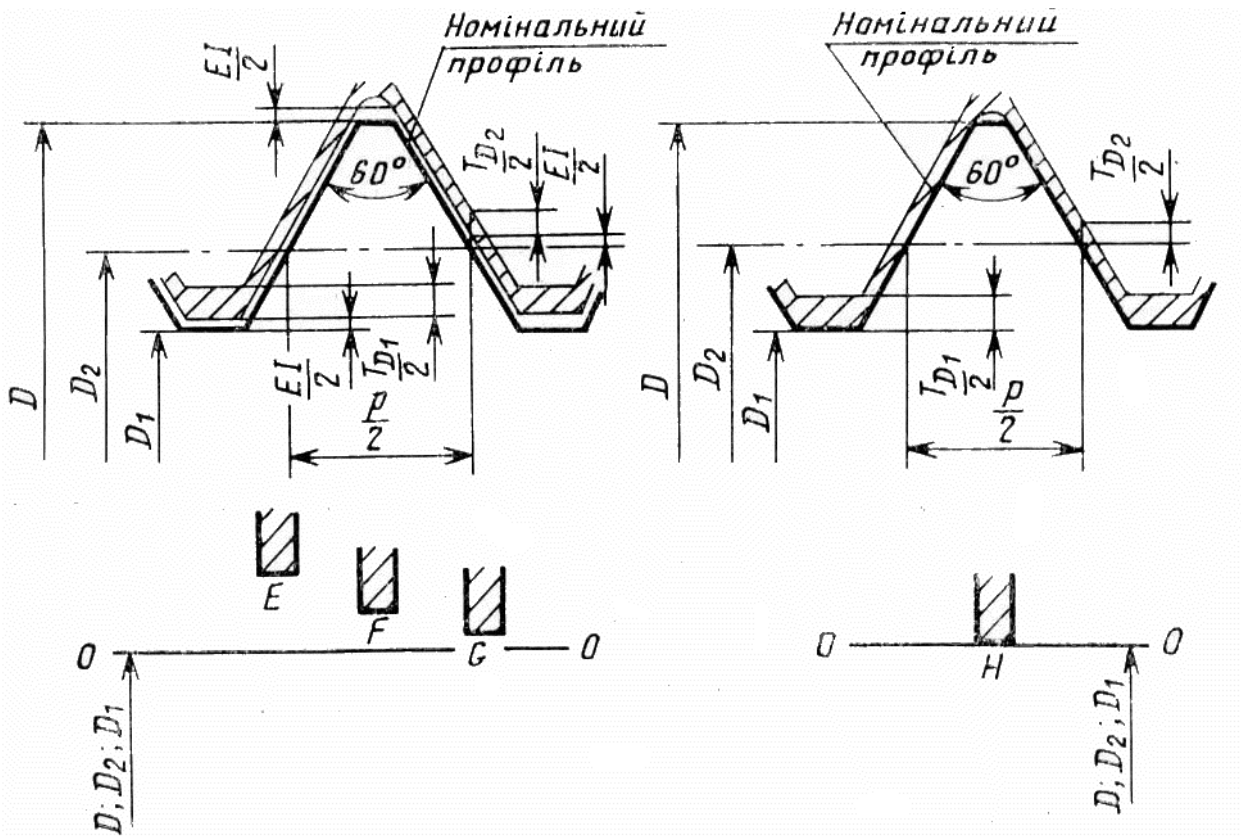


Рисунок 4.11 – Положення полів допусків гайки

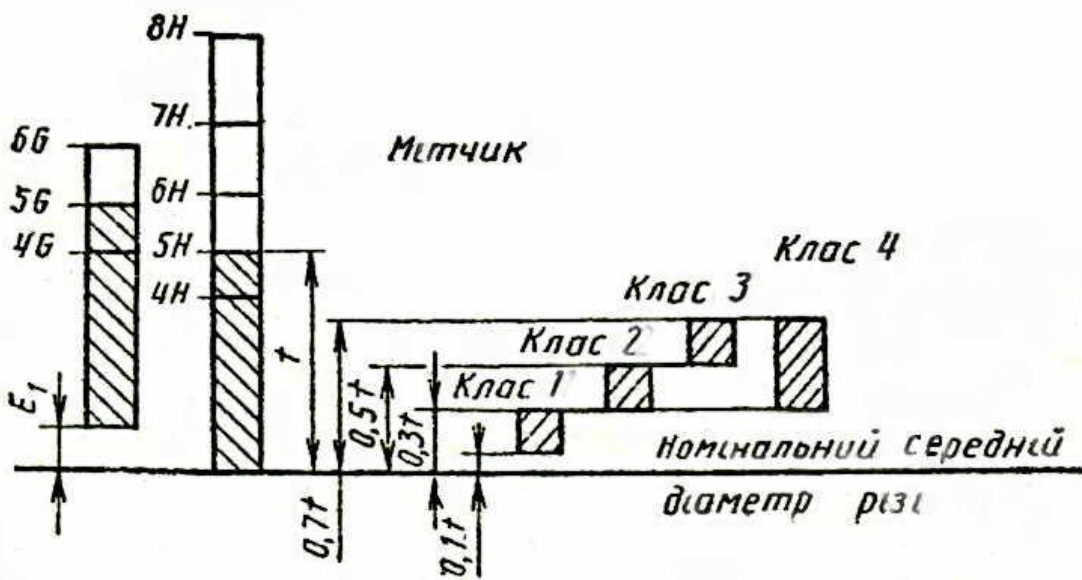


Рисунок 4.12 – Положення полів допусків гайки та мітчика по середньому діаметру

Таблиця 4.1 – Приклад розрахунку розмірів нарізної частини мітчика

Параметри різі	Розрахункові залежності
Позначення мітчика та його характеристика	Номинальний діаметр $D$ , крок $P$ , довжина різальної частини $L$
Основні данні по внутрішньому та середньому діаметрах різі взяті по ГОСТу 24705	$D_1 = D - 1,08253 \cdot P$ ; $d_2 = D_2 = D - 0,84952 \cdot P$
Значення допусків внутрішньої різі, що виконана по 6 ступені точності, по внутрішньому та середньому діаметрам	$T_{D_1}(5) = \begin{cases} 346,4 \cdot P - 152 \cdot P^{1,22} & (P \leq 0/8) \\ 184 \cdot P^{0,7} & (P \geq 1) \end{cases}$ $T_{D_2}(5) = 95 \cdot P^{0,4} \cdot d^{0,1}$
Основні (нижні) відхилення допусків по діаметрах внутрішньої різі Слід округлити до найближчих переважних значень з ряду R40.	$EI_E = (50 + 11 \cdot P)$ ; $EI_F = (30 + 11 \cdot P)$ ; $EI_G = (15 + 11 \cdot P)$ ; $EI_H = 0$
Відхилення допусків мітчиків по середньому діаметру	Таблиця 4.2
Найменший зовнішній діаметр ( $d_{min}$ ) $J_s$ –	$d_{min} = D + J_s$ $D = \dots, J_s = \dots$
Найменший середній діаметр ( $d_{2min}$ ) $E_m$ –	$d_{2min} = d_2 + E_m$ $d_2 = \dots, E_m = \dots$
Найбільший середній діаметр ( $d_{2max}$ ) $E_s$ –	$d_{2max} = d_2 + E_s$ $d_2 = \dots, E_s = \dots$
Внутрішній діаметр	Не встановлюють (див. п.10)
Граничні відхилення кута профілю $\frac{\alpha}{2}$	див. п.11
Накопичена похибка кроку	див. п.12

Таблиця 4.2 – Характеристика відхилень допусків мітчиків по середньому діаметру в залежності від класу точності по ГОСТ 16925-93

Клас точності мітчиків	Нижнє відхилення середнього діаметру	Допуск на середній діаметр	Поля допусків гайок
1	$+0,1 \cdot t$	$0,2 \cdot t$	4H, 5H
2	$+0,3 \cdot t$		6H, 4G, 5G
3	$+0,5 \cdot t$		7H, 8H, 6G
4	$+0,3 \cdot t$	$0,4 \cdot t$	7H, 8H
Примітка: $t$ – поле допуску гайки, що виконана по середньому (п'ятому) класу точності			

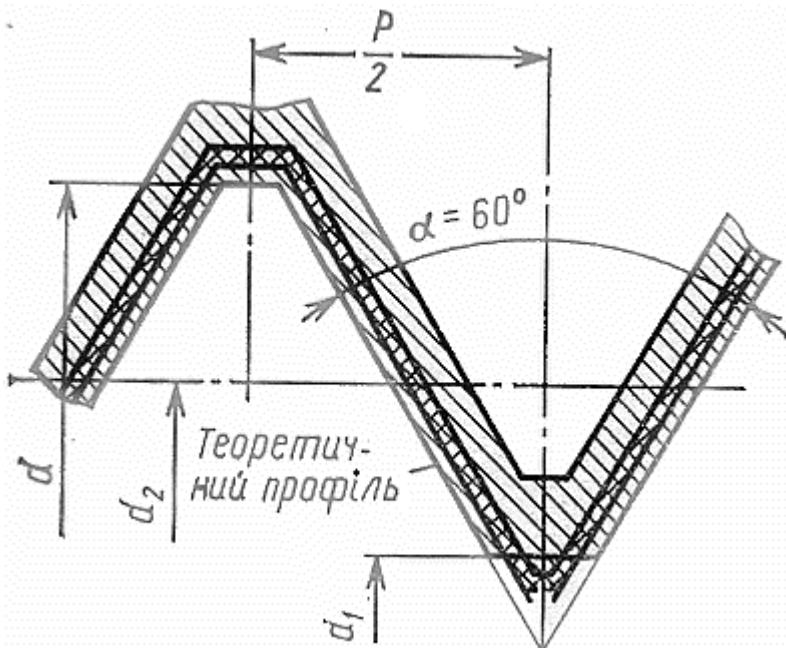


Рисунок 4.13 – Положення полів допусків мітчика та гайки

#### Зміст звіту.

- 1 Визначення завдання (тип, діаметр і крок різьблення, число мітчиків в комплекті).
  - 2 Коротка характеристика устаткування, що використовується для вимірювань.
  - 3 Результати вимірювань контрольованих елементів різьблення, розрахунок середнього значення з одержаних результатів, порівняння з допусками, визначення клас точності мітчика.
  - 4 Протокол результатів дослідження і ескіз робочої частини мітчика.
- Розрахунок площі профілю різьблення, що знімається кожним мітчиком комплекту.
- 5 Висновок про точність і працездатність мітчика.

#### Контрольні запитання

- 1 У якому місці по довжині мітчика перевіряють його середній діаметр?
  - 2 Яким чином перевіряють крок різьблення у мітчика?
  - 3 Як вимірюється кут профілю різьблення мітчика?
  - 4 Яка залежність між довжиною різальної частини та кутом у плані?
- Яке взаємне розташування полів допусків гайки та мітчика  
 Дайте характеристику класам точності мітчиків  
 Як впливає форма ПП на епюру передніх кутів
- 5 Опишіть форми передньої поверхні з аналізом епюр.
  - 6 Як вимірюють величину кроку різьблення мітчика?
  - 7 Як на величину вимірюваної половини кута профілю впливає перекошення осі мітчика?
  - 8 Як виміряти передній та задній кути мітчика?
  - 9 Як врахувати похибки положення мітчика при вимірюванні середнього діаметру та інших параметрів?



## 5 Лабораторна робота №5

### Дослідження конструкцій інструментів для обробки отворів

**Мета роботи** – вивчення конструкції та геометричних параметрів зенкерів і розверток; знайомство з технологією заточення та вимірювання їх параметрів

#### Теоретичні відомості

Зенкери – це багатозубий різальний інструмент для обробки циліндричних та конічних отворів, ділянок плоских поверхонь, що розташовані поряд з отворами. Зенкеруванням оброблюють отвори точністю IT 10 – IT 11 при шорсткості поверхонь  $R_{z20}$ - $R_{z40}$  мкм. На відміну від свердел, зенкери мають 3-6 зубців та не мають поперечного різального леза, тому вищу осьову жорсткість та відповідно продуктивність обробки зенкеруванням та осьова подача більші. Конструктивні елементи зенкера та свердел подібні (рисунок 5.1).

Зенкери класифікують:

- За технологічним призначенням: циліндричні, цековки, зенковки (для обробки опорних поверхонь);
- За конструкцією: кінцеві, насадні, суцільні і збірні;
- За матеріалом різальної частини: із легованих вуглецевих або швидко різальних чи з пластинами твердого сплаву.

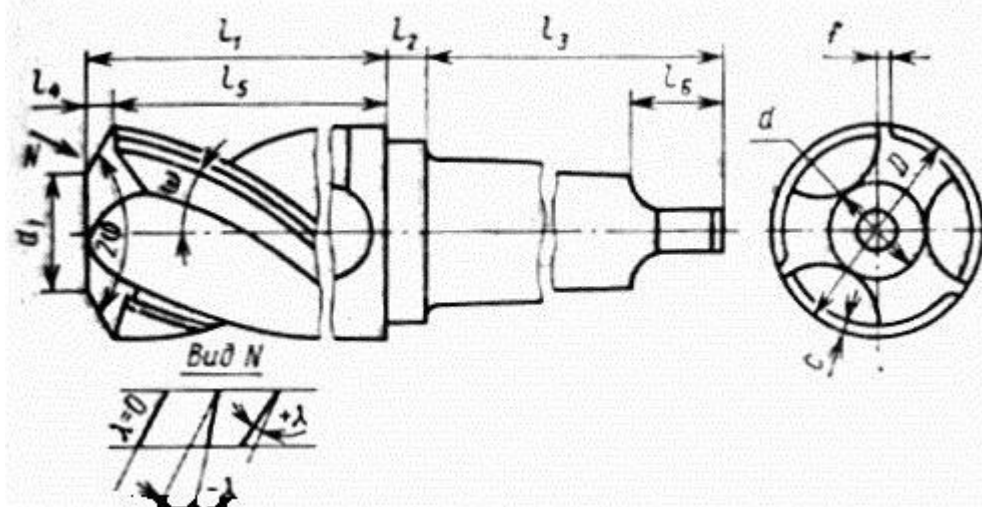


Рисунок 5.1 – Зенкер циліндричний

Діаметр зенкера встановлюють з урахуванням діаметру отвору, який оброблюють. Допуск на виготовлення зенкера орієнтовно визначають  $D \sim 0,3H$ , де  $H$  – допуск на виготовлення отвору. Взаємне розташування цих допусків залежить від розміру  $p$  на розбивку отвору та допуску  $\Pi$  на переточування. Діаметр переднього кінця зенкера виконують дещо меншим ніж діаметр отвору  $d_1 = d_3 - (0,3 \div 0,4) \cdot t$ , де  $d_1$  – діаметр переднього кінця;  $d_3$  – діаметр отвору.

Діаметр серцевини дещо більший ніж у свердла  $d_c = 0,5 \cdot D$ .

Кут  $\alpha$  звичайно вимірюють в циліндричній поверхні, яка є співвідносною з віссю зенкера подібно як і у свердел. Кут  $\alpha_1$  задають перепадом діаметрів на 100 мм довжини калібрувальної частини.

Кут нахилу головного різального леза визначає напрямок руху стружки. При  $\lambda > 0$  стружка рухається в бік до хвостової частини. Якщо  $\lambda < 0$  стружка рухається по напрямку подачі.

Розвертання представляє собою процес обробки циліндричних отворів з метою одержання підвищеної чистоти й точності поверхонь. Розвертка - це багатозубий інструмент, який подібно свердлу й зенкеру в процесі обробки обертається навколо власної осі (головний рух) і поступально переміщається уздовж неї. Розвертка дозволяє одержати точність отворів по 7-9-му квалітетах і параметр шорсткості  $R_a$  в межах 0,32—1,25 мкм.

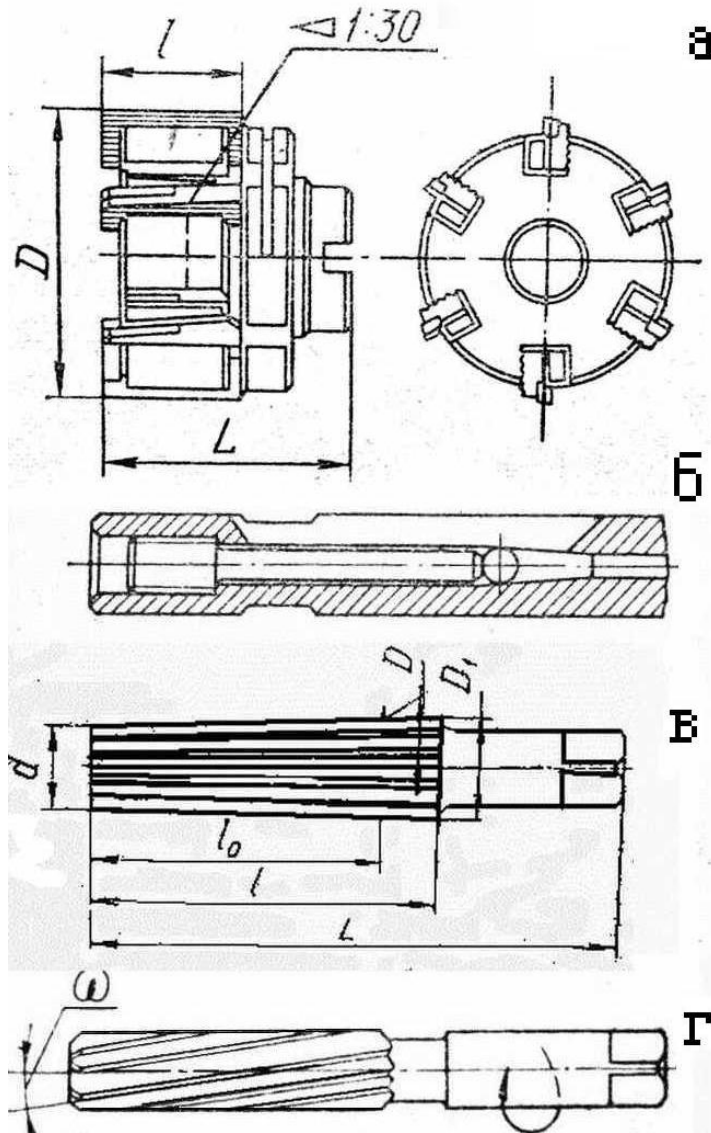


Рисунок 5.2 – Типи розверток

За формою оброблюваного отвору розвертки можна розділити на циліндричні, які застосовуються для обробки круглих циліндричних отворів, і конічні, які застосовуються для обробки конічних отворів (рисунок 5.2). По способу застосування розрізняють розвертки машинні й ручні. Ручні розвертки застосовують для розвертання отворів вручну, а машинні використовуються на верстатах (свердлильних, токарних, револьверних та ін.). Розвертки можуть бути хвостові й насадні (рис. 5.2,а), цільні й збірні, постійного діаметра й регульовані (рис. 5.2,б). Розвертки малого діаметра виготовляють із циліндричним або конічним хвостовиком, який служить для закріплення на верстаті, або у воротку із квадратним отвором при роботі вручну. Насадні розвертки встановлюють на спеціальних оправках в шпindel.

На рисунку 5.2,а зображена розвертка, вставні зуби якої з рифленнями закріплюються за допомогою клина. Ця конструкція допускає регулювання по діаметру перестановкою зубів на рифленнях, з їхнім наступним шліфуванням. Щоб уникнути осьового зрушення передбачаються упорні кільця.

Для забезпечення можливості відновлення розміру діаметра в міру зношування застосовують конструкції збірних розверток, із кріпленням зубів у корпусі за допомогою рифлень, гвинтів і т.п.

Розвертки цільні є найбільш простими, Знаходять застосування збірні регульовані зі швидкорізальними й твердосплавними вставними зубами, які після зношування й переточувань можуть бути відрегульовані на необхідний розмір, що підвищує термін їх служби. Розбірні розвертки використовуються при ремонті (рисунок 5.2,б). Вони дозволяють у певних межах регулювати діаметр, що дає можливість застосовувати при обробці отворів різних діаметрів. Регулювання діаметра здійснюється за допомогою кульки, що вставляється в конічний отвір і підтискаються гвинтом. Такі розвертки виготовляють діаметром від 6 до 50 мм і дозволяють змінювати діаметр у межах 0,15 - 0,50 мм.

Для обробки конічних отворів застосовують конічні розвертки (рисунок 5.2, в). При цьому попередньо оброблений отвір може бути циліндричним або конічним. Отвори з невеликим припуском розвертаються на конус за один прохід. При обробці ж конічних отворів, коли потрібно знімати значний припуск, використовують комплект конічних розверток. Чорнові розвертки мають - ступені на зубах, розташовані по гвинтовій лінії. Торцевими кромками кожного зуба розвертка зрізує вузькі стружки, що вільно розміщаються в канавках. Ця розвертка перетворює циліндричний отвір у східчастий. Друга проміжна розвертка знімає припуск менше чорнової. Різальні кромки її обладнані стружко-подільними канавками. Чистове розвертання виконується всією прямолінійною різальною кромкою, розташованою на твірній конуса.

Розвертка має зуби із плоскою передньою поверхнею, яка співпадає з осьюовою площиною, тобто передній кут чистової розвертки дорівнює нулю. Для розвертання отворів у металевих листах застосовують котлові розвертки (рис. 5.1,г). Вони мають гвинтові зуби, спрямовані проти обертання. Це попереджає заїдання розвертки при роботі.

Циліндричне розвертка складається з робочої частини, шийки й хвостовика. Призначення шийки й хвостовика в розверток таке ж, як у свердел і зенкерів. Робоча частина складається з різальної і калібрувальної та має напрямний конус, який служить для полегшення спрямування розвертки.

Різальна (забірна) частина являє собою конус, на поверхні якого утворені зуби. Калібрувальна частина складається із ділянок циліндричної та зі зворотною конусністю. Передні й задні поверхні зубів розвертки виконують плоскими.

Передній кут  $\gamma$  розверток звичайно приймається рівним нулю, оскільки розвертка працює з малою товщиною шару, що зрізується. Характер протікання процесу різання залежить головним чином не від переднього кута, а від радіуса закруглення різальної кромки. На чорнових розвертках і при обробці в'язких матеріалів передній кут  $\gamma = 5 \div 10^\circ$ . Задні кути в розверток знаходяться в межах  $4 \div 8^\circ$ . Для чистових розверток кут  $\alpha$  беруть меншим.

Заточування зубів на різальній частині виконують «до гостра», а на калібрувальній - із залишенням циліндричної стрічки шириною 0,05 - 0,3 мм. При обробці в'язких металів, щоб уникнути налипання часток металу, ширину фаски зменшують до  $0,05 \div 0,10$  мм. Фаска служить для напрямку розвертки в отворі, сприяє калібруванню отвору й полегшує контроль розвертки по діаметрі.

Великий вплив на роботу розвертки має кут у плані  $\phi$  (між віссю розвертки й різальною кромкою при  $\gamma=0$ , яка іде по твірній конуса різальної частини.

Зі зміною кута в плані  $\varphi$  змінюється співвідношення між шириною й товщиною зрізу, що становлять зусилля різання, інтенсивність і характер зношування інструмента. Зі збільшенням кута забірного конуса росте осьове зусилля, ускладнюється просування розвертки. Тому в ручних розвертках його приймають невеликим, що сприяє плавному входу й виходу розвертки. На основі експериментальних даних для ручних розверток при обробці наскрізних отворів  $\varphi=1...2^\circ$ . Машинні розвертки при роботі спрямовуються краще, тому довжина різальної частини може бути меншою, а кут у плані більшим. При обробці чавуну  $\varphi=4...5...5^\circ$ , для сталі  $\varphi=12-15^\circ$ . Для глухих отворів, як у ручних, так й у машинних розверток  $\varphi=45-60^\circ$ . Для забезпечення входу в отвір менший діаметр різальної частини виконується менше діаметра обробленого отвору на 1,3 - 1,4 припуску на розвертання. Для машинних розверток величина розвертання коливається від 0,04 до 0,10 мм при довжині калібрувальної частини рівної 0,25 - 0,30 діаметра розвертки.

Діаметр циліндричної калібрувальної частини вибирають залежно від розбиття отвору. При прагненні забезпечити запас на зношування розвертку виконують максимального діаметру. Схема розташування полів допусків на діаметр розвертки наведена на рисунку 5.3. Розглянутий випадок, коли відбувається збільшення діаметра отвору в порівнянні з фактичними розмірами розвертки. Для одержання отвору у межах поля допуску, максимальний діаметр розвертки приймають рівним максимальному діаметру отвору мінус величина максимального розбивання. Допуск на діаметр розвертки необхідно вибирати так, щоб його забезпечення на доводочних верстатах не представляло ускладнень.

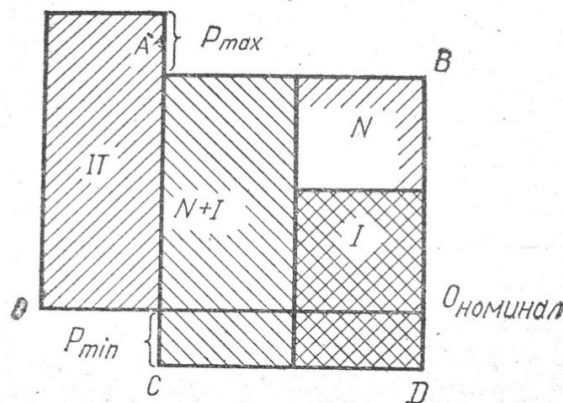


Рисунок 5.3 – Схема розташування полів допусків розвертки  
 $IT$  – допуск на отвір,  $N$  – допуск на виготовлення,  $I$  – запас на зношування,  $P_{max}$  і  $P_{min}$  – розміри, що враховують розбивку отвору

Величина розбивання отвору залежить від розмірів оброблюваної заготовки, режимів різання, точності виготовлення розвертки й точності її установки на верстаті й т.п. У деяких випадках, особливо при обробці зношеними розвертками тонкостінних деталей, виготовлених з матеріалів з підвищеною пластичністю й в'язкістю, може спостерігатися негативне розбивання отвору. При конструюванні розверток орієнтовно максимальну величину розбивки отвору приймають рівною  $1/3$  допуску на отвір. Уточнені значення величини розбивання отвори визначаються дослідним шляхом.

Діаметр наприкінці калібрувальної частини приймають меншим діаметра розвертки. У результаті виходить зворотний конус. Прийнято вважати, що зворотний конус служить для зменшення тертя об оброблений отвір, полегшення виводу розвертки й запобігання отвору від розбивання. Для ручних розверток зменшення діаметра до хвостовика становить 0,010 - 0,015 мм. Через настільки малу величину розвертання циліндрична ділянка в ручних розверток часто не робиться й зворотний конус починається відразу ж після різальної частини.

На базі проведених досліджень і виробничого досвіду в останні роки були розроблені розвертки з різко вкороченою довжиною зворотного конуса до величини  $3\div 5$  мм і зменшенням діаметра на задньому торці на 0,5 - 0,7 мм, які забезпечують необхідну точність і високу чистоту поверхні особливо при обробці коротких отворів.

Число зубів розвертки вибирають залежно від оброблюваного матеріалу, діаметра й конструкції розверток. Зі збільшенням числа зубів чистота обробки отворів підвищується, однак зменшується поперечний переріз остружкових канавок і вони можуть виявитися недостатніми для вільного розміщення й відводу стружки. При великій кількості зубів і невеликій глибині канавок шліфування розверток на менші розміри ускладнюється. Незважаючи на зняття невеликих шарів металу, розвертки мають відносно невелике число зубів (від 6 до 14) для суцільного машинного і ручного інструменту діаметром 3 - 50 мм. Розвертки збірної конструкції роблять з меншим числом зубів для розміщення елементів кріплення. Розвертки звичайно мають парне число зубів. Це полегшує вимір їхнього діаметра.

Нерівномірний розподіл зубів по окружності сприяє гасінню вібрацій, що виникають при роботі, особливо на підвищених режимах різання в умовах недостатньої жорсткості системи ВПД, і підвищенню чистоти обробленої поверхні. При такому розподілі кроку кожна пара протилежних зубів лежить на одному діаметрі, що спрощує виготовлення і контроль розвертки.

Обробку остружкових канавок розверток виконують однокутовими (рисунок 5.4, а), або двукутовими (рисунок 5.4, б) фрезами з кутом профілю  $\theta = 65 - 110^\circ$ . Для середніх і великих розмірів застосовується профіль, з обрисом спинки зуба по радіусу, що полегшує розміщення стружки в канавках (рисунок 5.4, в).

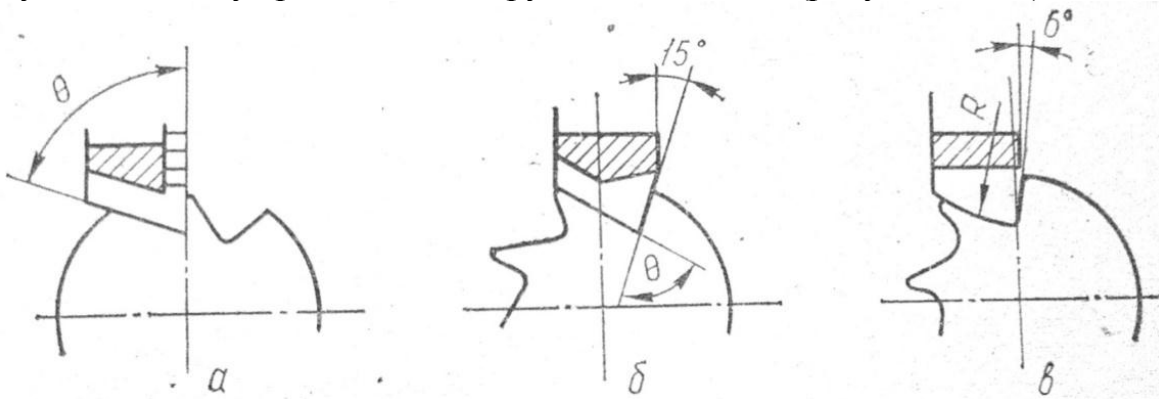


Рисунок 5.4 – Профіль канавок розверток

Одержання при фрезеруванні нерівномірного кроку при однаковій ширині зуба забезпечується зміною глибини канавки відповідною установкою фрези.

Звичайно канавки розверток виконують прямими, що спрощує їх виготовлення та контроль. Для обробки переривчатих отворів по довжині або колу розвертки із гвинтовими зубами використовувати доцільніше. Гвинтовими канавками забезпечуються також розвертки для обробки легких сплавів. Кут нахилу гвинтових зубів у розверток може доходити до 30-45°. Напрямок гвинтових канавок робиться зворотним напрямку обертання розвертки з метою усунення затягування й заїдання в отворі. Використання розверток із більшим кутом нахилу гвинтової канавки забезпечує одержання гарної чистоти обробленої поверхні, але при цьому виникають значні зусилля подачі.

Вимірювання кутів розверток (рисунок 5.5) здійснюють за допомогою кутоміра Бабчиніцера, штангенрейсмусу (рисунок 5.6) та іншими способами.

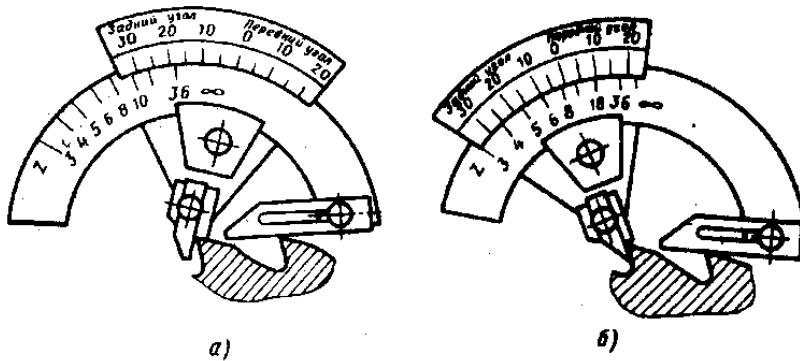


Рисунок 5.5 – Визначення кутових параметрів за допомогою кутоміру для багатолезового інструменту: *а* – заднього; *б* – переднього.

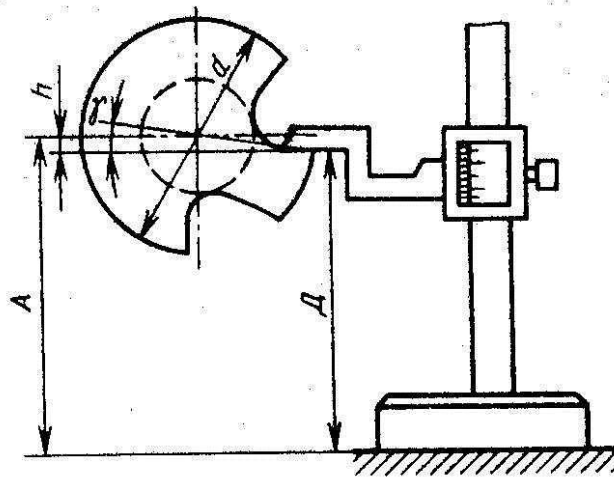


Рисунок 5.6 – Визначення кутових параметрів за допомогою штангенрейсмусу

При формоутворенні задньої поверхні зубів на різальній частині розвертки стіл верстату повертають на величину головного кута в плані  $\varphi$ . на калібрувальній частині – стіл ставлять в нульове положення. Для отримання потрібного заднього кута  $\alpha$  різальну кромку зуба розташовують нижче осі розвертки на величину  $h$  (рисунок 5.7)

$$h = \frac{D}{2} \sin \alpha, \quad (5.1)$$

де  $D$  - діаметр розвертки.

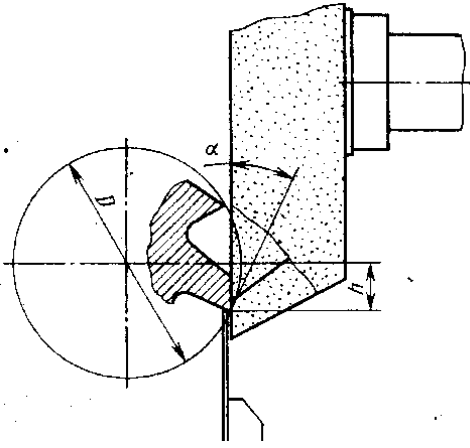


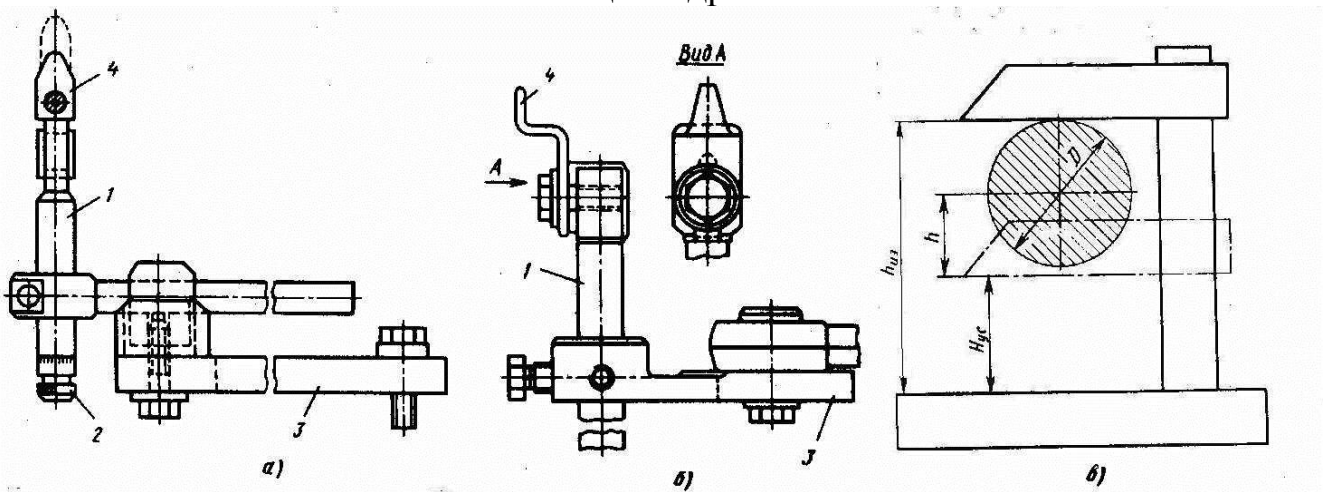
Рисунок 5.7 – Встановлення розвертки для утворення заднього кута

Розвертку встановлюють в потрібне положення за допомогою упорки, до якої прижимають передню поверхню оброблюваного зуба. Конструкції упорки показані на рисунку 5.8.

Встановлення упорки проводять за допомогою штангенрейсмуса, висоту ніжки  $H_{yc}$  якого визначають по формулі (рис. 5.8,в)

$$H_{yc} = h_{уз} - \left( \frac{D_0}{2} + h \right), \quad (5.2)$$

де  $h_{уз}$  – відстань від поверхні стола верстата до верхньої точки оправки або циліндричного хвостовика;  $D_0$  – діаметр контрольної оправки або циліндричного хвостовика.



1 - стрижень; 2 - гвинт мікрометричної подачі; 3 - державка; 4 - опорна пластина  
а - мікрометрична; б - жорстка; в – спосіб встановлення упорки для утворення заднього кута розвертки;

Рисунок 5.8 – Упорки

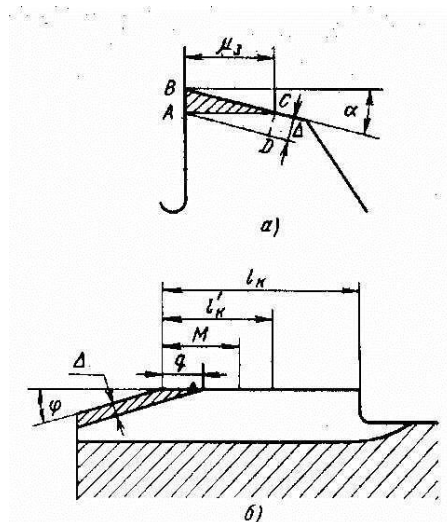


Рисунок 5.9 – Схема до визначення розмірів шару, що зрізають при переточуванні

Визначають товщину шару  $\Delta$ , який зрізають за одну переточку в залежності від зносу  $\mu_3$  задньої поверхні и заданого значення заднього кута (рисунок 5.9).

$$\Delta = \mu_3 \sin \alpha + (0,05 \dots 0,1) \text{ мм.} \quad (5.3)$$

Величина товщини одного переточування

$$q = \frac{\Delta}{\sin \varphi}. \quad (5.4)$$

Розрахункове число переточувань

$$n = \frac{M}{q} = \frac{l_k}{3q}. \quad (5.5)$$

Через зношування калібрувальної частини розвертки на практиці одержують три-п'ять переточок по задній поверхні.

**Контроль різальних елементів інструменту** Радіальне биття зубів на різальній частині повинне бути не більше 0,03 мм, на калібрувальній - не більше 0,01 - 0,02 мм.

Відхилення величин передніх, задніх кутів і кута різальної частини від заданих значень не повинні перевищувати  $\pm 2^\circ$ . Головний кут в плані різальної частини контролюють універсальним кутоміром, параметри шорсткості - порівнянням заточених поверхонь з еталоном.

Для вимірювання заднього кута зенкер закріплюють в пристрої для контролю (рисунок 5.10), потім перпендикулярно до його задньої поверхні встановлюють з натягом вимірювальний наконечник індикатора. Точку контакту вимірювального наконечника встановлюють як можна ближче до різальної кромки зенкера. В цьому положенні зенкер повертають навколо осі на кут  $\tau = 10-15^\circ$ , відмічаючи показання індикатора.

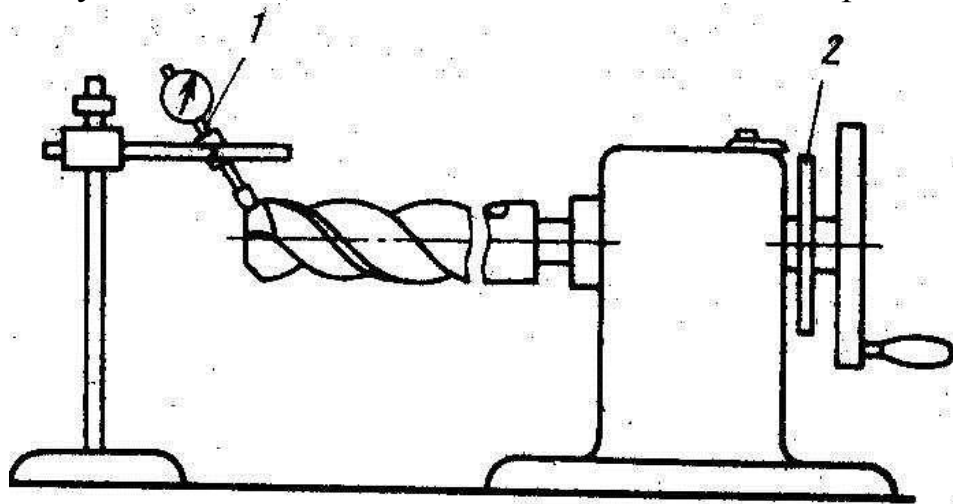


Рисунок 5.10 – Схема вимірювання заднього кута зенкера: 1 – індикатор; 2 – диск відліку кутів повороту

Задній кут зенкера в осьовому перерізі

$$\operatorname{tg} \alpha_0 = \frac{a}{\rho \tau \sin \varphi 0,01745}, \quad (5.6)$$



де  $a$  - показ індикатора, мм;  $\rho$  - радіус, в якому вимірюється задній кут, мм;  $\tau$  - кут повороту зенкера;  $\varphi$  - головний кут в плані.

З метою вивчення характеру зміни задніх кутів їх значення визначають в трьох-чотирьох точках різальної кромки. По отриманні даних будують графік, по осі координат якого відкладають величини радіусів точок, в яких вимірювався задній кут, а по осі абсцис – вимірювання задніх кутів.

Головний кут в плані вимірюють універсальним кутоміром. Биття різальних кромки, вимірюного перпендикулярно до них, не повинно перевищувати: для зенкерів діаметром до 18 мм - 0,05 мм; св. 18 до 30 мм - 0,06 мм; св. 30 мм - 0,07 мм.

Радіальне биття контролюють індикатором при встановленні розвертки в центрах. Значення передніх і задніх кутів перевіряють приладами контролю геометричних параметрів різальної частини багатолезового інструменту.

Аналізують отримані результати та роблять висновки про відповідність розвертки представленим технічним вимогам. При отриманні недопустимих відхилень аналізують їх причини і заточення повторяють.

Необхідне обладнання, інструменти, прибори:

1. Різальні інструменти для обробки отворів:.
2. Штангенциркуль, лінійка. плакати
3. Інструментальний мікроскоп з пристроєм для вимірювання геометричних параметрів кінцевих інструментів.

Порядок проведення роботи

Послідовність розглянутих питань представлена в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Порядок питань, які запропоновані для виконання лабораторної роботи

№ пп	Зміст роботи	Сторінки в літер. матеріалі	
		[10]	[8]
1	Занести позначення інструментів відповідно: - ГОСТ 12489-71, ГОСТ 3231-71 для зенкерів; - ГОСТ 883-71, ГОСТ 7722-77, ГОСТ3509-71, ГОСТ 1672-71 для розверток.	350- 368	238- 246
2	Провести розрахунки розмірів конуса Морзе [1, 2]	-	-
3	Виконати робочі креслення інструменту (зенкера або розвертки).	-	238- 242
4	Вивчити порядок заточення інструмента та навести способи контролю геометричних параметрів [4,5]		

Контрольні запитання

1. З яких частин складаються інструменти для обробки отворів?
2. Класифікація розверток.
3. Особливості конструкції розверток з механічним кріпленням різальних елементів?

4. Які конструктивні особливості свердел для верстатів з ЧПК?
5. Якій матеріал різальної частини розверток (зенкерів)?
6. Які параметри точності оброблених поверхонь отворів для розверток та зенкерів?
7. Як вимірюють кутові параметри (передній та задній кути) за допомогою штангенрейсмусу?
8. Які особливості різальної частини розверток, зенкерів?
9. Опишіть порядок налагодження верстатів для заточення розверток
10. Способи контролю лінійних та кутових параметрів інструмента.

### Перелік посилань

1. Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструмента, Частина 1, Київ,1992, 226 с.
2. Родін П.Р., Бугай Ю.М., Равська Н.С. та ін. Металорізальні інструмента, Частина 2 , Київ,1993, 178 с.
3. Режущий инструмент. Лабораторный практикум. Учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/ Н.Н.Щегольков, Г.И.Сахаров, О.Б.Арбузов и другие: Под общ. ред. Н.Н.Щеголькова. М.: Машиностроение, 1985. – 168 с., ил.
4. Егоров С.В., Червяков А.Г. Резание конструкционных материалов и режущий инструмент. Лабораторный практикум. Учеб. пособие для вузов. Изд. 2-е, перераб.. М.: «Высш. школа», 1975. – 188 с., ил.
5. Попов С.А. Заточка и доводка режущего инструмента: Учеб. пособие для сред. ПТУ. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986.–223 с., ил.
6. Металлорежущие инструменты. Учебник /Г.Н. Сахаров, А.Б. Арбузов; Ю.Л. Боровой и др. - М.: Машиностроение, 1989. - 328 с.
7. Модульное оборудование для ГПС: Справочник /Сафраган Р.Э., Кривов Г.А., Татаренко В.Н. и др. – К.: Тэхніка, 1989. – 175 с.
8. Кузнецов Ю.И., Маслов А.Р., Байков А.Н. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: М-е, 1990.-328с.
9. Инструменты из сверхтвердых материалов/ Под ред. Новикова Н.В. Киев, 2001, 258 .с
10. Справочник инструментальщика / Под ред. Ординарцев, 1995, -Л.: М-е, 846 с.
11. Лезвийный инструмент из сверхтвердых материалов: Справочник / Н.П. Винников, А.И. Грабченко, Э.И. Гриценко и др. - К.: Техніка, 1988 - 118 с.

#### *Додаткова*

12. ГОСТ 16093-81 Резьба метрическая. Допуски. Посадки с зазором.
13. Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС/ И.Л.Фадюшин, Я.А. Музыкант и др. – М.: М-е, 1990. 272 с., ил.
14. ГОСТ 2424-83 Круги шлифовальные технические условия.
15. ГОСТ 16180-91 Круги алмазные шлифовальные плоские с полукругло-выпуклым профилем формы 1 FF1.
16. ГОСТ 16925-93 (ИСО 2857-73) Метчики. Допуски на изготовление резьбовой части.
17. ГОСТ 99150-81
18. Методические указания к лабораторной работе «Исследование точности метчиков и распределение нагрузки на них»/ Сост. А.Г.Долодаренко. – Киев: КПИ, 1991. – 16 с.
19. Микроскоп измерительный универсальный УИМ-23. Инструкция к пользованию. Л.: ЛОМА. – 47 с.

**Зміст**

Вступ	3
1 Лабораторна робота №1 Вивчення конструкції різців з механічним кріпленням багатогранних пластин	4
2 Лабораторна робота №2 Заточення і доводка різців	13
3 Лабораторна робота №3 Заточування спіральних свердел	29
4 Лабораторна робота № 4 Вимірювання точності мітчика	49
5 Лабораторна робота №5 Дослідження конструкцій інструментів для обробки отворів	65
Перелік посилань	75