

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

## **ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЛІГРАФІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

### **Практикум**

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавр спеціальності  
186 «Видавництво та поліграфія»*

Київ  
КПІ ім. Ігоря Сікорського  
2021

Основи технології поліграфічного машинобудування [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія» / Уклад. : О. І. Бараускене, П. О. Киричок, С. М. Зигуля. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,24 Мб). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021 – 94 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського  
(протокол № 8 від 24.06.2021 р.)  
за поданням Вченої ради інституту ВПІ  
(протокол № 8 від 31.05.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

## **ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЇ ПОЛІГРАФІЧНОГО МАШИНОБУДУВАННЯ**

Укладачі: *Бараускене Оксана Іванівна*, канд. техн. наук, доц.  
*Киричок Петро Олексійович*, д-р. техн. наук, проф.  
*Зигуля Світлана Миколаївна*, канд. техн. наук, доц.

Відповідальний редактор *Т. Ю. Киричок*, д-р техн. наук, проф., (завідувач кафедри ТПВ)  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Рецензент *Ю. Ю. Віцюк*, кан. техн. наук, доц., (доцент кафедри репрографії)  
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Подано відомості для виконання практикуму з дисципліни Основи технології поліграфічного машинобудування. Поданий теоретичний та практичний матеріал допомагає студентам у вивченні класифікації металорізальних верстатів і їх позначенні, основних понять процесу різання, видів рухів у процесі різання, елементів режимів різання, матеріалів, які застосовуються при виготовленні деталей поліграфічного обладнання. Наведені важливі роботи, пов'язані з вирішенням типових завдань майбутньої професійної діяльності, а саме: розрахунків режимів різання при точінні, свердлінні та фрезеруванні.

Для студентів спеціальності 186 «Видавництво та поліграфія».

© О. І. Бараускене, П. О. Киричок, С. М. Зигуля, 2021  
© КПІ ім. Ігоря Сікорського (ВПІ), 2020

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
ПРАКТИЧНА РОБОТА 1 .....	5
ПОЗНАЧЕННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ .....	5
ПРАКТИЧНА РОБОТА 2.....	12
ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ.....	12
ПРАКТИЧНА РОБОТА 3.....	19
МАТЕРІАЛИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ І РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ .....	19
ПРАКТИЧНА РОБОТА 4.....	31
РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ.....	31
ПРАКТИЧНА РОБОТА 5 .....	44
РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПІД ЧАС ТОЧІННЯ.....	44
ПРАКТИЧНА РОБОТА 6.....	83
РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПІД ЧАС ФРЕЗЕРУВАННЯ .....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	94

## ВСТУП

Технологічне забезпечення якості деталей поліграфічного обладнання є важливим елементом підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 186 «Видавництво та поліграфія».

*Мета дисципліни «Основи технології поліграфічного машинобудування»* полягає у тому, щоб вивчити методи визначення оптимальних режимів різання, які дозволяють забезпечити задану якість оброблювання та експлуатаційні властивості деталей поліграфічного обладнання, а також підвищити продуктивність обробки. Також студенти мають навчитися вирішувати типові завдання майбутньої професійної діяльності, а саме: розшифровувати моделі верстата, інструментальні матеріали, розв'язувати типові задачі для розрахунку елементів режимів різання, розраховувати режими різання для оброблення деталей поліграфічного обладнання.

У результаті вивчення дисципліни студенти повинні знати основні параметри технологічного процесу та взаємозв'язки, які виникають під час визначення оптимальних режимів різання та дозволяють забезпечити задану якість оброблювання за мінімальної собівартості.

Виконуючи практичні роботи, студенти мають дотримуватися такого алгоритму:

- опрацювати теоретичну частину;
- самостійно виконати індивідуальні завдання, наведені у кожній практичній роботі.

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 1

### ПОЗНАЧЕННЯ МЕТАЛОРІЗАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

*Відповідно до запропонованої Експериментальним науково-дослідним інститутом метало­рі­зальних верстатів (ЕНДІМВ) нумерації, використовують єдину систему призначення верстатів. Кожній моделі верстата присвоюється номер, що складається із трьох або чотирьох цифр, іноді з додаванням букв, якими позначають додаткову характеристику верстата.*

Наприклад, розшифруємо модель верстата **16К20ПФ3** (рис. 1.1).

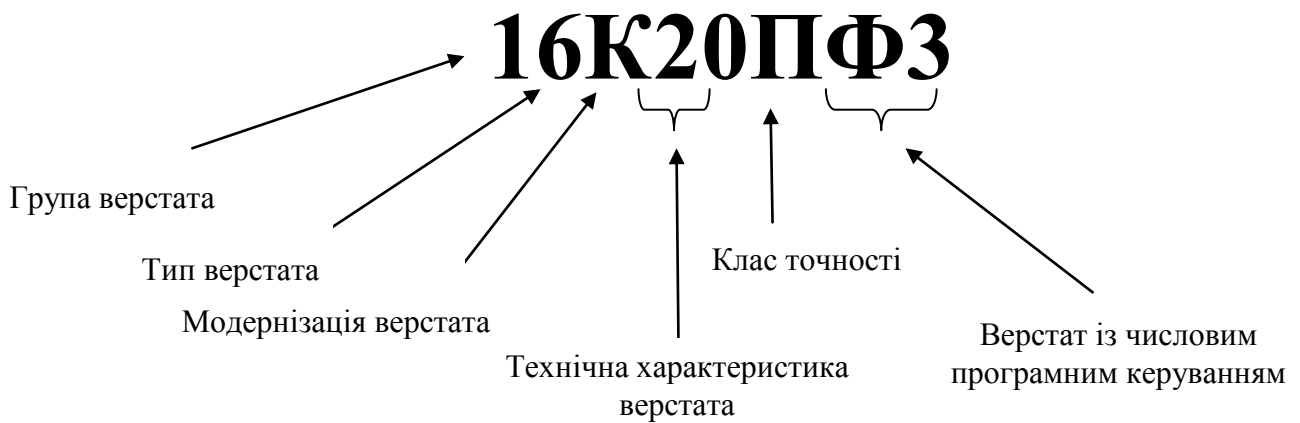


Рис. 1.1. Приклад позначень на номері верстата

**Перша цифра** вказує на номер групи верстата за класифікацією ЕНДІМВ (табл. 1.1).

**Друга** – тип верстата у цій групі (табл. 1.1).

**Літера, що стоїть між будь-якими цифрами**, вказує на модернізацію (поліпшення конструкції) основної базової моделі верстата.

**Третя або третя і четверта цифри разом** характеризують основний параметр верстата (технічну характеристику). Наприклад:

- ✓ для фрезерних верстатів – номер верстата з певною характеристикою;
- ✓ для токарних верстатів – висоту центрів;

✓ для револьверних і токарних автоматів – максимальний діаметр оброблюваного прутка;

✓ для свердлильних – найбільший діаметр свердління отвору.

**Літера, що стоїть після всіх цифр**, вказує на клас точності верстата:

✓ Н – нормальної точності; до цієї групи належить більшість універсальних верстатів. *Якщо у верстаті не вказано жодної літери, це означає, що верстат нормальної точності;*

✓ П – підвищеної точності; такі верстати виготовляють на базі верстатів нормальної точності, але з підвищеними вимогами до точності виготовлення деяких деталей верстата та якості складання і регулювання;

✓ В – високої точності; верстати цієї групи різняться від базової моделі застосуванням спеціальної конструкції окремих вузлів, високих вимог до точності виготовлення більшості деталей, до якості складання і регулювання;

✓ А – особливо високої точності; до виготовлення та складання основних і базових елементів таких верстатів ставляться ще вищі вимоги, ніж у верстатах класу В;

✓ С – особливо точні, або майстер-верстати з похибкою 1 мкм, призначені для виготовлення деталей, які визначають точність верстатів класів (А, В);

✓ Т – верстати з похибкою 0,3 мкм;

✓ К – верстати з похибкою 0,1 мкм.

Замість класу точності може стояти літера Р – це значить, що верстат має револьверну головку.

**Літера, що стоїть після класу точності:**

М – верстат має магазин;

Ц – верстат із цикловим програмним керуванням;

Т1 – верстат з оперативною системою;

Ш – верстат широкоуніверсального класу підвищеної точності;

Ф1, Ф2, Ф3, Ф4 – верстати з числовим програмним керуванням.

Таблиця 1.1

## Класифікація верстатів за технологічним призначенням

Верстат	Гру-па	Підгрупа верстатів								Різні верстати цієї групи
		1	2	3	4	5	6	7	8	
Токарні	1	Автомати й напіваавтомати одно-, багатошпиндельні		Револьверні	Свердлильно-відрізні	Карусельні	Токарні й лобові	Багаторізцеві	Спеціалізовані	
Свердлильні й розточувальні	2	Вертикально-свердлильні	Одношпин-дельні напіваавтомати	Багатошпин-дельні напіваавтомати	Координатно-розточувальні	Радіально-свердлильні	Розточу-вальні	Алмазно-розточувальні	Горизонтально-свердлильні	
Шліфувальні, полірувальні, довідні	3	Кругло-шліфувальні	Внутрішньошлі-фувальні	Обдирно-шліфувальні	Спеціалізовані шліфувальні	—	Заточу-вальні	Плоскошлі-фувальні	Притиральні й полірувальні	
Комбіновані	4	Універсальні	Напіваавтомати	Автомати	—	—	—	—	—	
Зубо- і різьбонарізні	5	Зубостругальні для циліндричних коліс	Зуборізні для конічних коліс	Зуборізні для циліндричних коліс і шліцевих валиків	Для нарізання черв'ячних валиків	Для оброблення торців зубів коліс	Різьбо-фрезерні	Зубообробні	Зубо- і різьбошліфу-вальні	
Фрезерні	6	Вертикально-фрезерні, консольні	Фрезерні неперервної дії	—	Копірувальні та гравірувальні	Вертикальні безконсольні	Поздовжні	Широко-універсальні	Горизонтальні консольні	
Стругальні, довбальні, протяжні	7	Поздовжньо-стругальні		Поперечно-стругальні	Довбальні	Протяжні горизонтальні	—	Протяжні вертикальні	—	
		одностоякові	двостоякові							
Розрізні	8	Відрізні, які працюють			Правильно-відрізні	Стрічкові	Пили дискові	Ножівкові	—	
		токарним різцем	абразивним кругом	фрикційним диском						
Різні	9	Муфто-і трубообробні	Пилконасінні	Правильно і безцентрово-обдирні	—	Для випробувань інструментів	Ділильні машини	Балансувальні	—	

Розглянемо приклади номерів верстатів і розшифруємо позначки (рис. 1.2).

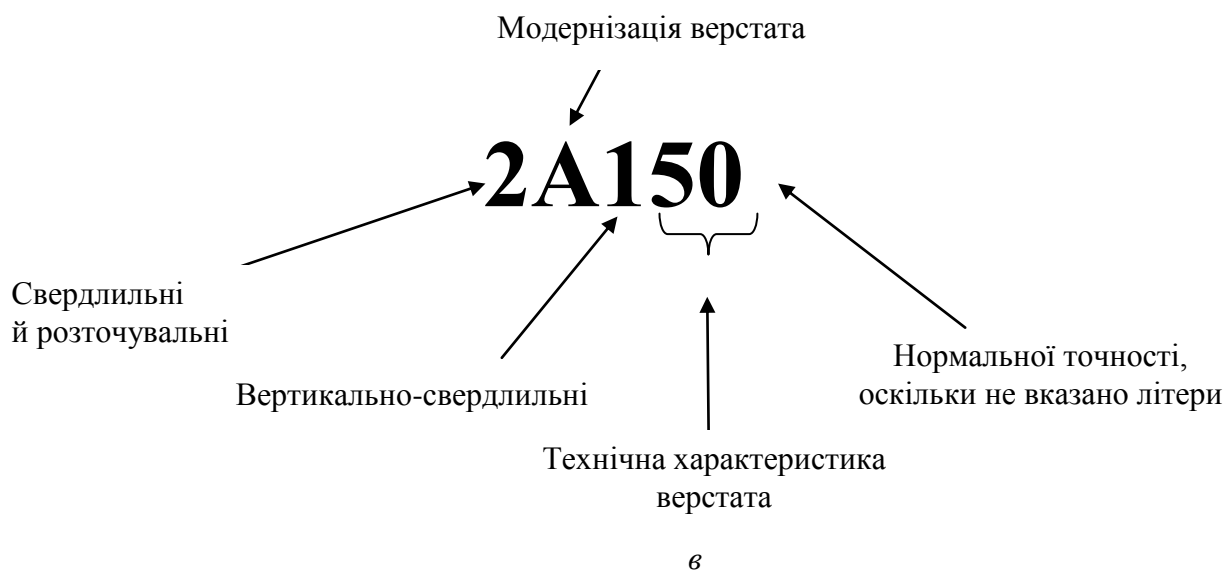
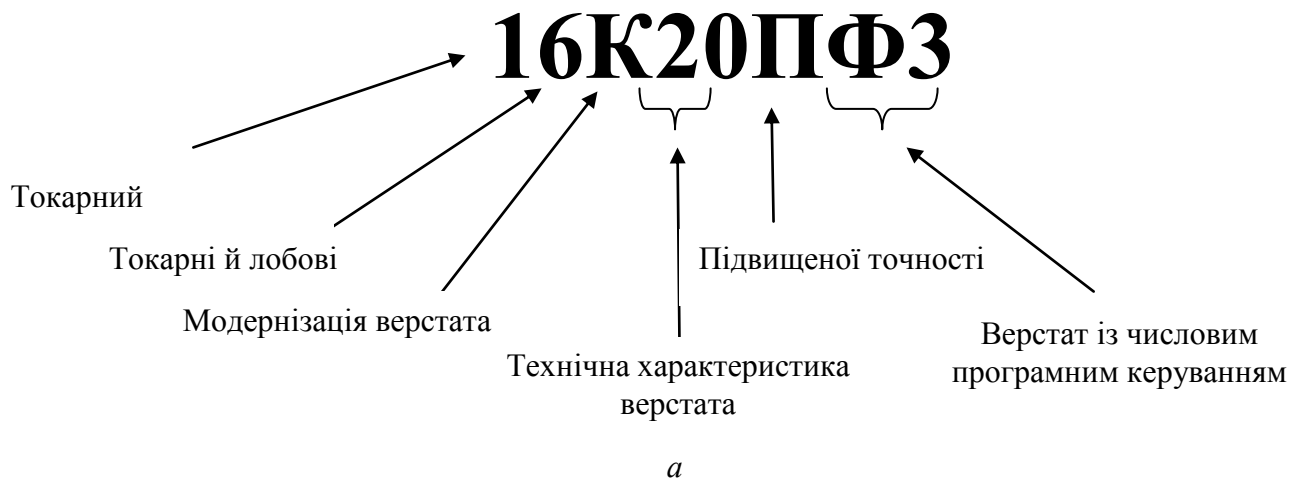






Рис. 1.2. Приклади позначок на верстатах

### *Позначення спеціальних верстатів*

Спеціальні верстати застосовують для оброблення певної деталі (одного типорозміру) у масовому виробництві. Такі верстати позначають умовними номерами (рис. 1.3).



Рис. 1.3. Приклад позначення спеціального верстата

### ***Позначення верстатів виробників інших країн***

За кордоном верстати позначають аналогічно до спеціальних верстатів, зазначаючи назву підприємства-виробника й номер або технічну характеристику верстата (рис. 1.4).

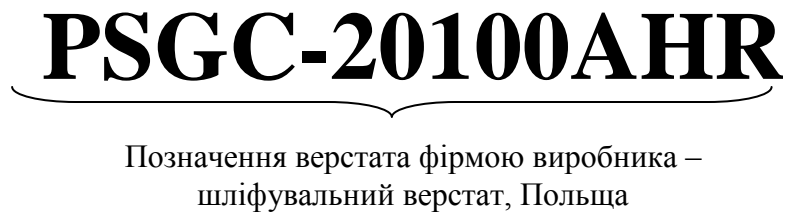


Рис. 1.4. Приклад позначення верстата іноземного виробництва

### **Завдання до практичної роботи 1**

**Задача 1.1.** Відповідно до варіанта розшифрувати моделі верстатів (табл. 1.2).

## Завдання до виконання практичної роботи 1

Варіант	Розшифрувати моделі верстатів						Розшифрувати будь-які два види спеціальних верстатів	Розшифрувати будь-які два види верстатів іноземних виробників (ВКАЗАТИ КРАЇНУ- ВИРОБНИКА)
1	11Т16В	2637ГФ1	3К228А	5К301П	6Н80	7Б55У		
2	16К20	2С150ПМФ4	3К225В	53А50	6Р12	7А36		
3	1К62	2Н118	3М153	5122Б	6Б76ПФ2	7110		
4	1512Ф3	2Н135	3М150	5122В	6560МФ3	7210		
5	11Ф16	2Д450АФ2	3Ш184	5236П	6Р10	7228		
6	1Г340ПЦ	2Н125	3У131М	5С280П	6Р13Ф3	7Б55		
7	1Е365ПФ3	2Е78П	3А110В	53А30П	6530К	7Д450		
8	1Д316П	2Н106П	3Б282	5А893С	6550РФ3	7414		
9	11Ф40	2Е450АФ1	3Э110М	5С286П	654Ф3	7Д36		
10	1616Т1	2Е470А	3Ш182	5К821В	6Р13РФ3	7Б56У		
11	1А516МФ3	2777В	3Т160	53А30П	6А56	7А412		
12	16К25	2623ПМФ4	3К229В	58К70В	6Р83Ш	7М36		
13	16К40П	2459	3М151Ф2	5Т23В	6У612	7410		
14	1719	2Р53	3П722	58П70В	6Б75ВФ1	7216		
15	1563	2М55	3У120А	5Д822В	6Р13РФ3	7Д37Ц		
16	1А660	2Е656Р	3Д722Ф2	5993	6Г610	7307		

## **ПРАКТИЧНА РОБОТА 2**

### **ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ МЕТАЛІВ**

#### *Види рухів у металорізальних верстатах*

Для виготовлення деталей машин застосовують різні способи обробки металів, у тому числі оброблення металів литтям, тиском, зварюванням та інше. Проте найпоширенішим є спосіб обробки матеріалів на верстатах із зняттям стружки – про це свідчить хоча б те, що з усього металу, який використовується у машинобудуванні та деревообробній галузі, понад 70 % обробляють саме так.

Широке застосування обробки матеріалів на верстатах пояснюється низкою причин.

По-перше, на метало- і деревообробних верстатах можна надати заготовці будь-якої заданої форми. Це дуже важливо, якщо врахувати, що деталі (вироби) є досить різноманітними за геометричною формою.

По-друге, точність деталей, виготовлених, зокрема, на металорізальних верстатах, може бути досить високою, завдяки чому забезпечуються потреби практики, що невпинно зростають.

По-третє, вартість виготовлення деталей на верстатах, порівняно з іншими способами обробки матеріалів, невисока.

Проте окрім переваг, обробка металів на верстатах має істотний недолік. У процесі роботи утворюється стружка, яку ніде не застосовують. Саме тому з виготовленням деталей зняттям стружки успішно конкурує штампування без аблюю, лиття під тиском, точне прокатування та інші високопродуктивні способи виготовлення деталей машин.

Широке застосування обробки металів різанням зумовлює значне збільшення верстатного парку, який перевищує у наш час 7 мільйонів штук і з кожним роком зростає.

Є такі основні види операцій різання: точіння, свердління, фрезерування, стругання, довбання, протягування, шліфування.

Деталі машин, виготовлювані на металорізальних верстатах, різноманітні за геометричною формою. Проте якщо уважно до них придивитись, то виявляється, що ця різноманітність створена за рахунок комбінацій досить обмеженої кількості тих самих геометричних тіл (циліндра, призми та інших). Отже, виявляється, що **обробити деталь означає надати їй певної геометричної форми**. Цього досягають за рахунок складання рухів заготовки та інструмента, яких їм надають у процесі роботи.

Отже **рухи поділяють** на *робочі*, або *рухи різання*, *установчі* та *допоміжні*.

**Робочі рухи** призначені для зняття стружки, а *установчі* та *допоміжні* – для підготовки до цього процесу.

**Установчі** – рухи робочих органів верстата, за допомогою яких інструмент займає таке положення відносно заготовки, яке б дало змогу зняти з неї певний шар матеріалу.

**Допоміжні** – рухи робочих органів верстата, що не мають прямого стосунку до різання, наприклад швидкі переміщення робочих органів, переключення швидкостей різання і подач тощо.

**Робочі рухи поділяють** на головний рух і рух подачі. За допомогою *головного руху* знімають стружку, а *рух подачі* дає змогу розпочати процес і поширити його на необроблені ділянки поверхні заготовки.

#### *Поверхні на оброблюваній заготовці*

Під час оброблення заготовки на верстаті на ній розрізняють такі поверхні (рис. 2.1): оброблювану (1), оброблену (3), поверхню, що утворюється у процесі різання безпосередньо різальною крайкою (2).

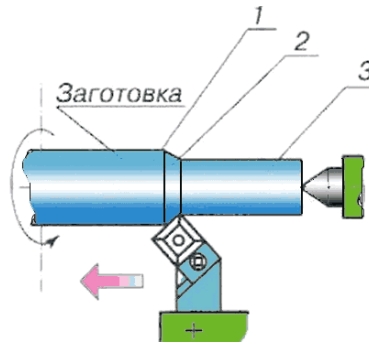


Рис. 2.1. Поверхні на оброблюваній заготовці

**Оброблювана поверхня (1)** – це поверхня, яка підлягає обробленню.

**Оброблена поверхня (3)** – це поверхня, одержана після зняття стружки.

**Поверхня різання (2)** – проміжна між оброблюваною та обробленою поверхня, утворена на заготовці головною різальною крайкою.

### *Елементи режиму різання*

Основними елементами режиму різання є глибина різання, подача і швидкість різання.

Швидкість головного руху називають швидкістю різання.

**Швидкість різання** – це шлях, який проходить точка, що лежить на оброблюваній поверхні заготовки, відносно різальної крайки інструмента за одиницю часу.

Швидкість різання за обертального руху знаходять за формулою, м/хв,

$$v = \frac{\pi D n}{1000},$$

де  $D$  – діаметр заготовки, мм;

$n$  – частота обертання заготовки,  $\text{хв}^{-1}$ .

Якщо відомі швидкість різання і діаметр заготовки, то частоту обертання заготовки або шпинделя верстата за хвилину визначають за формулою, об/хв.

$$n = \frac{1000v}{\pi D}.$$

**Подачею  $S$**  називають переміщення різця у напрямку руху подачі за час, поки деталь зробить один оберт.

Залежно від напрямку руху подачі розрізняють подачі поздовжню, поперечну або розміщену під кутом до заготовки. *Подачу зазвичай вимірюють у міліметрах за один оберт заготовки, мм/об.* Крім цього, може бути подача за хвилину, яка відповідає переміщенню різця за 1 хвилину  $S_{хв}$ , мм/хв:

$$S_{хв} = Sn.$$

**Глибиною різання  $t$**  називають товщину шару металу, який знімають за один прохід. Її визначають як відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями, виміряну по перпендикуляру до обробленої. Для поздовжнього точіння, мм,

$$t = \frac{D - d}{2}.$$

Основними елементами зрізуваного шару є його ширина і товщина, глибина різання і подача (рис. 2.2).

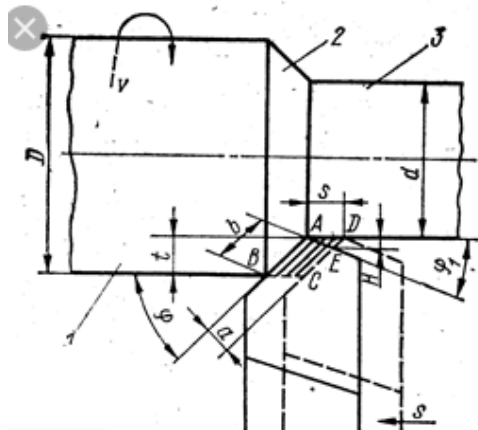


Рис. 2.2. Переріз зрізуваного шару

**Шириною зрізуваного шару  $b$**  називають відстань між оброблюваною та обробленою поверхнями, вимірювану на поверхні різання.

**Товщина зрізуваного шару  $a$**  – це відстань між двома послідовними положеннями різальної крайки за один оберт заготовки, виміряна у напрямку, перпендикулярному до ширини зрізуваного шару.

Номінальну площину поперечного перерізу зрізаного шару  $ABCD$  визначають як добуток подачі на глибину різання або товщину зрізаного шару на його ширину,  $\text{мм}^2$ ,

$$f=ab.$$

## Завдання до практичної роботи 2

Розв'язати задачі відповідно до свого варіанта.

**Задача 2.1.** Визначити швидкість різання під час обточування заготовки діаметром  $D$ , мм, на токарному верстаті з частотою обертання шпинделя  $n$ , об/хв.

Варіант	$D$ , мм	$n$ , об/хв
1	120	500
2	80	860
3	220	250
4	95	630
5	150	315
6	180	315
7	110	400
8	45	1600
9	30	2000
10	60	1000
11	70	1250
12	100	420
13	25	125
14	50	250
15	200	1400
16	145	1250

**Задача 2.2.** Визначити частоту обертання шпинделя верстата під час обточування заготовки  $D$ , мм, на токарному верстаті зі швидкістю  $v$ , м/хв.

Варіант	$D$ , мм	$v$ , м/хв
1	140	88
2	64	200
3	37	233
4	160	80
5	90	177
6	54	170
7	120	119
8	43	216
9	72	280
10	210	133



11	80	215
12	30	120
13	400	2000
14	200	1000
15	50	500
16	10	100

**Задача 2.3.** Визначити хвилинну подачу  $S_{\text{хв}}$  під час обточування заготовки на токарному верстаті з частотою обертання шпинделя  $n$ , об/хв; подача різця за один оберт шпинделя  $S$ , мм/об.

Варіант	$n$ , об/хв	$S$ , мм/об
1	1000	0,26
2	400	0,61
3	630	0,43
4	200	0,87
5	315	0,7
6	250	0,78
7	1600	0,17
8	860	0,3
9	160	0,95
10	1250	0,23
11	500	0,52
12	630	0,2
13	400	0,28
14	315	0,5
15	800	0,63
16	1000	1,1

**Задача 2.4.** Визначити глибину різання  $t$  для обточування заготовки діаметром  $D$ , мм, на токарному верстаті за два переходи.

Під час переходу попередньої обробки заготовку обточують до  $D_0$ , мм, а під час кінцевої обробки – до  $D_1$ , мм.

Варіант	$D$ , мм	$D_0$ , мм	$D_1$ , мм
1	150	142	140
2	188	182	180
3	67	61,5	60
4	87	81,5	80
5	216	208	206
6	56	51	50
7	50	43,5	42
8	120	114	112
9	140	132	130
10	95	88,5	87

11	73	66,5	65
12	100	90	88
13	34	28	26,4
14	18	14	12,6
15	25	19	17
16	112	100	97

**Задача 2.5.** Графічно показати вид обробки відповідно до варіанта та вказати швидкість різання, подачу та глибину різання.

Варіант	Вид обробки
1	Точіння зовнішньої поверхні
2	Точіння внутрішньої поверхні
3	Відрізання заготовки на токарному верстаті
4	Підрізання торців на токарному верстаті
5	Свердління отвору на токарному верстаті
6	Свердління отвору на вертикально-свердильному верстаті
7	Свердління отвору на горизонтально-свердильному верстаті
8	Фрезерування плоскої поверхні
9	Стругання на попечено-стругальному верстаті
10	Стругання на поздовжньо-стругальному верстаті
11	Протягування
12	Шліфування зовнішньої поверхні
13	Шліфування внутрішньої поверхні
14	Фрезерування лиски
15	Фрезерування шпонкового паза
16	Шліфування плоскої поверхні

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

### МАТЕРІАЛИ, ЩО ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ ПОЛІГРАФІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ І РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТУ

#### *Вуглецеві сталі*

Вуглецеві сталі поділяють на такі види:

- 1) конструкційні вуглецеві сталі;
- 2) інструментальні вуглецеві сталі.

*Конструкційні вуглецеві сталі* містять до 0,6 % карбону (C). Їх поділяють на дві групи:

- 1) сталі звичайної якості;
- 2) якісні.

*Сталі звичайної якості* (ДСТУ 2651:2005 Сталь вуглецева звичайної якості. Марки) виготовляють таких марок: **Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, Ст2пс, Ст2сп, ..., Ст6кп, Ст6пс, Ст6сп**. Зі збільшенням номера сталі підвищуються її міцність і твердість, але знижується пластичність.

Зі сталей звичайної якості виготовляють прутки, балки, швелери, а також листи і труби. Ці сталі широко застосовують у будівництві для зварних, клепаних та болтових конструкцій.

*Сталі якісні конструкційні* (ДСТУ 7809:2015 Прокат сортовий, калібрований зі спеціальним обробленням поверхні з вуглецевої якісної конструкційної сталі. Загальні технічні вимоги) мають невелику масову частку сірки та фосфору ( $\leq 0,04$  %), вміст інших елементів, неметалевих домішок обмежений. Вони призначені для виготовлення виробів, які піддаються термічній обробці. Маркують ці сталі числом, яке вказує на вміст карбону в сотих частках процента:

**05кп**  $\approx 0,05$  % C,

$20\text{пс} \approx 0,2 \% \text{ C},$

$60 \approx 0,6 \% \text{ C}.$

У марці також зазначають ступінь розкиснення сталі (окрім сталі спокійної):

- **кп** – киплячий;
- **пс** – напівспокійний.

Залежно від призначення гарячекатані та ковані сталі поділяють на такі підгрупи:

- а) для гарячої обробки;
- б) для холодної механічної обробки (точінням, фрезеруванням тощо);
- в) для холодного волочіння.

Вуглецеві сталі, крім карбону, містять до 0,9 % Mn (манган), 0,35 % Si (силіцій), а також до 0,05 % S (сульфур) і P (фосфору) як постійних домішок:

$60\Gamma \approx 0,6 \% \text{ C} \quad \approx 1 \% \text{ Mn}$  (про вміст мангану вказує буква **Г**),

$65\Gamma \approx 0,65 \% \text{ C} \quad \approx 1 \% \text{ Mn}$  (про вміст мангану вказує буква **Г**),

$70\Gamma \approx 0,7 \% \text{ C} \quad \approx 1 \% \text{ Mn}$  (про вміст мангану вказує буква **Г**).

*Інструментальні вуглецеві сталі* (ГОСТ 1435-99 Прутки, полосы и мотки из инструментальной легированной стали. Общие технические условия) поділяють на такі:

- 1) якісні;
- 2) високоякісні.

*Якісні сталі* позначають літерою У й цифрою, яка вказує на вміст карбону в десятих частках процента, наприклад: **У8** (0,8 % C), **У12** (1,2 % C), **У7** (0,7 % C), ..., **У13** (1,3 % C).

*Високоякісні сталі*, крім того, у кінці марки мають літеру А (**У8А**, **У12А**).

Вибирають інструментальні сталі для виготовлення того чи іншого інструменту залежно від умов його роботи. Для різального інструменту, що працює без ударів (напилки, мітчики), застосовують сталі більш тверді, тобто з більшим вмістом вуглецю (У10, У12). Інструмент, який піддають ударним

навантаженням (зубила, молотки), повинен мати деяку в'язкість, тому для його виготовлення застосовують менш тверді й крихкі сталі з меншим вмістом вуглецю (У7, У8).

### *Леговані сталі*

Легованими називають сталі, в яких є спеціально введені (легувальні) елементи, що помітно змінюють їх механічні та фізико-хімічні властивості. До таких елементів належать хром (Cr), нікель (Ni), молібден (Mo), вольфрам (W), титан (Ti), ванадій (V), кобальт (Co) тощо. Манган у кількості понад 1 % і силіцій – понад 0,5 % – також є легувальними (табл. 3.1).

*Таблиця 3.1*

#### **Легувальні елементи**

<b>Елемент</b>	<b>Позначення елемента</b>	<b>Позначення елемента в марці матеріалу</b>
Нітроген	A	A
Алюміній	Al	Ю
Берилій	Be	Л
Бор	B	Р
Ванадій	V	Ф
Бісмут	Bi	Ви
Вольфрам	W	В
Галій	Ga	Гл
Кадмій	Cd	Кд
Кобальт	Co	К
Силіцій	Si	С
Магній	Mg	Ш
Манган	Mn	Г
Купрум	Cu	Д
Молібден	Mo	М
Нікель	Ni	Н
Ніобій	Nb	Б
Празеодим	Pr	П
Селен	Se	Е
Титан	Ti	Т
Карбон	C	У
Фосфор	P	П
Хром	Cr	Х
Цирконій	Zr	Ц

За призначенням леговані сталі поділяють на такі:

- конструкційні;
- інструментальні;
- з особливими фізичними властивостями.

Перші дві цифри на початку маркування *конструкційних сталей* вказують середній вміст карбону в сотих частках процента, цифри після літер – середній вміст позначеного цими літерами елемента у процентах (рис. 3.1).

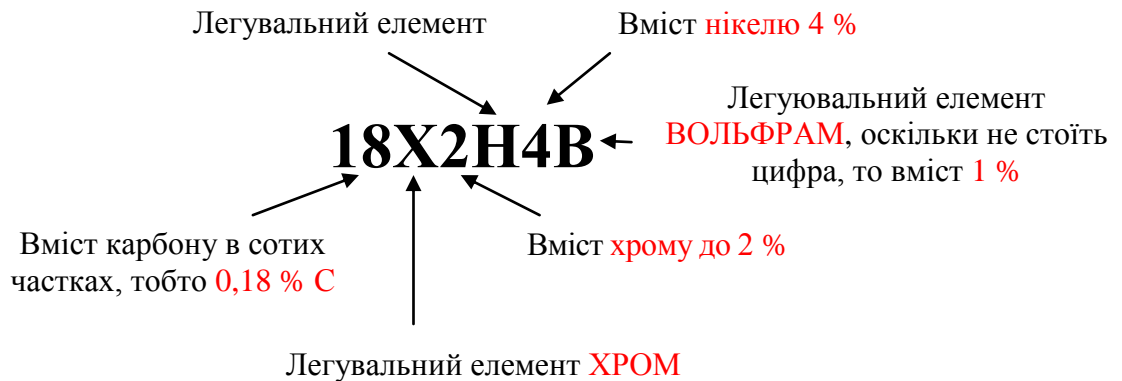


Рис. 3.1 Приклад позначення вмісту карбону на маркуванні конструкційної сталі

Літери в кінці марки означають:

- А – високоякісна сталь (38ХГСА);
- Ш – особливо високоякісна сталь (98Х18-Ш);
- СШ – оброблена синтетичним шлаком сталь (35ХМФА-СШ);
- Л – сталь, призначена для отримання виливків (25Л).

Конструкційні сталі призначені для виготовлення деталей машин та інших конструкцій. Від них вимагають високої міцності, в'язкості, пружності. До цієї групи належать також сталі, призначені для роботи в корозієактивних і високотемпературних умовах.

Конструкційні сталі поділяють на такі групи:

– *будівельні низьколеговані сталі* мають масову частку до 0,2 % C і порівняно невелику кількість легувальних елементів. До них належать, зокрема, сталі **09Г2**, **10Г2С1**, **15Г2СФ**, **10НДП**. Їх використовують у видавництві та машинобудуванні переважно без термічної обробки;

– *поліпшуванні сталі* призначені для виготовлення деталей машин (вали, шестерні, шатуни), які піддаються гартуванню і високому відпусканню (поліпшенню). До них належать низьколеговані сталі з масовою часткою 0,3–0,5 % С: **30Х, 40ХН, 30ХГСНА, 38ХНЗМФ**;

– *сталі з підвищеною оброблюваністю різанням* – це автоматні сталі, які можна обробляти з високою швидкістю різанням, забезпечують високу якість оброблюваної поверхні та стійкість інструменту. Ці сталі легують такими елементами, як S, Pb, Ca, Se – вводять їх у сталь у кількості 0,1–0,3 %. До цієї групи належать такі сталі:

– сірчані: **A20, A40Г**;

– свинцеві: **АС30ХМ, АС38ХГМ**;

– кальцієві: **A Ц20, АЦ45Х**;

– селенові: **A45Е, A40ХЕ**;

– *ресорно-пружинні сталі* легують Si, Mn, Cr, W, Ni у кількості 1,5–2,8 % та 0,10–0,25 % V:

– кременисті: **50С2, 60С2АБ, 70С3А**;

– пружини, ресори: **60С2ХФА, 65С2ВА, 60С2Н2А**;

– клапанні пружини: **50ХФА, 50ХГФА**;

– *підшипникові сталі* застосовують для виготовлення кульок, роликів і кілець підшипників кочення:

**ШХ6**             $\approx 1\% \text{ C}$        $\approx 0,6\% \text{ Cr}$ ;

**ШХ9**             $\approx 1\% \text{ C}$        $\approx 0,9\% \text{ Cr}$ ;

**ШХ15СГ**       $\approx 1\% \text{ C}$        $\approx 1,5\% \text{ Cr}$      $\approx 1\% \text{ Si}$      $1\% \text{ Mn}$ ;

– *зносостійкі сталі* для роботи в ударах ударно-абразивного зношування **30Х10Г10**;

– *корозійностійкі сталі* поділяють на дві групи: хромисті та хромонікелеві. Хромисті сталі містять 13 % (і більше) Cr. За структурою їх поділяють на такі:

– феритного класу: **08Х13, 15Х25Т**;

- феритно-мартенситного класу: **12X13**;
- мартенситного класу: **20X13, 30X13, 95X18**.

Більшість хромонікелевих сталей належить до аустенітного класу: **12X18H9, 12X18H12T, 10X14Г14H4T**.

Окрім них, відомі такі сталі:

- аустенітно-феритного класу: **08X21H6M2T**;
- аустенітно-мартенситного класу: **09X15H8Ю**;

– *жаростійкі сталі* призначені для роботи за високих температур у газових середовищах. Уведення у сталь 5–8 % Cr підвищує її жаростійкість до 700–750 °С, а за 25 % Cr – до 1100 °С. Окрім хрому, ці сталі легують Si, Al, Ni: **15X5, 40X9C2, 15X18CЮ, 20X23H13**;

– *жароміцні сталі* здатні тривало працювати під навантаженням за високих температур. Їх поділяють на три класи: перлітний, мартенситний, аустенітний. До сталей перлітного класу, призначених працювати за температури 450–580 °С, належать такі:

- котельні сталі: **15К, 18К, 22К**;
- теплостійкі сталі: **12МХ, 20Х3МВФ**.

Сталі мартенситного класу (**15X5М, 12X8ВФ, 40X10C2М**) здатні працювати за температури 450–580 °С.

Для роботи за температури 650–700 °С використовують сталі аустенітного класу (**10X18H12T, 08X15H24B4TP, 45X14H14B2M**).

*Інструментальні сталі* призначені для виготовлення різального штампованого та вимірювального інструменту. Ці сталі повинні мати високу твердість та стійкість до спрацювання. Їх легують Cr, W, V, Mn.

У марках *інструментальних сталей* уміст карбону зазначають у десятих частках процента:

**9XC** ≈ 0,9 % C ≈ 1 % Cr ≈ 1 % Si;

**6XBГ** ≈ 0,6 % C ≈ 1 % Cr ≈ 1 % W ≈ 1 % Mn,



а якщо його масова частка становить 1 % або більше, то початкову цифру взагалі не пишуть:

**X12**  $\approx 1\% \text{ C}$   $\approx 12\% \text{ Cr}$ ;

**XVCG**  $\approx 1\% \text{ C}$   $\approx 1\% \text{ Cr}$   $\approx 1\% \text{ W}$   $\approx 1\% \text{ Si}$   $\approx 1\% \text{ Mn}$ .

Деякі леговані сталі виділено у групи і позначено літерами так:

Ш – підшипникова;

Р – швидкорізальна;

Е – магнітна;

А – з підвищеною оброблюваністю різанням.

Леговані сталі поділяють на такі:

– *звичайні інструментальні леговані сталі* мають теплостійкість до 300 °С.

З них виготовляють свердла, розвертки, мітчики, плашки;

– *швидкорізальні сталі* містять до 18 % W, 4,5 % Cr, 2,5 % V, 8 % Co тощо:

**P9**  $\approx 9\% \text{ W}$ ;

**P18M3**  $\approx 18\% \text{ W}$   $\approx 3\% \text{ Mo}$ .

Після термічної обробки твердість швидкорізальної сталі досягає 62–64 HRC, а її різальні властивості зберігаються за температури 600–650 °С.

З них виготовляють свердла, зенкери, різці, фрези, протяжки;

– *штамповані сталі* призначені для виготовлення інструментів для холодного та гарячого деформування металів.

Для холодного деформування металів використовують інструменти зі сталей, призначених для виготовлення різального інструменту (**У10**, **У12**, **X12M**, **P12**).

Сталі для інструментів гарячого деформування повинні мати більшу міцність, окалиностійкість, теплопровідність, тому для їх виготовлення застосовують комплексно леговані сталі з більшим вмістом легувальних елементів (**5ХНМ**, **4Х5В2ФС**).

*Сталі з особливими фізичними властивостями:*

– *магнітні сталі* поділяють, у свою чергу, на магнітом'які та магнітотверді.

*Магнітом'які сталі* застосовують для виготовлення магнітопроводів. До них належать технічно чисте золото, нелегована і легована силіцієм тонколисткова сталь, залізонікелеві сталі.

*Магнітотверді сталі* призначені для виготовлення постійних магнітів. Це сталі мартенситого класу, леговані хромом, вольфрамом, кобальтом:

**EX3**  $\approx 1 \% \text{ C}$   $\approx 3 \% \text{ Cr}$ ;

**EX5B5**  $\approx 1 \% \text{ C}$   $\approx 5 \% \text{ Cr}$   $\approx 5 \% \text{ W}$ ;

**EX9K15M2**  $\approx 1 \% \text{ C}$   $\approx 9 \% \text{ Cr}$   $\approx 15 \% \text{ Co}$   $\approx 2 \% \text{ Mo}$ ;

– *парамагнітні сталі* використовують в електротехніці, приладобудуванні, а також для виготовлення деталей, які не повинні намагнічуватися. До них належать сталі аустенітного класу **17X18H9**, **40Г14Н9Ф2**.

### *Сірі чавуни*

Сірі чавуни також містять, крім карбону, значну кількість постійних домішок (Si, Mn, S, P).

Силіцій Si – графітоутворювальний елемент. З підвищенням вмісту силіцію твердість і міцність чавуну знижуються. У сірих чавунах його буває 0,75–3,75 %.

Манган Mn – сприяє відбілюванню чавуну. У сірих чавунах масова частка мангану становить до 1,2 %. У такій кількості він корисний, бо підвищує міцність чавуну.

Сірка S – шкідлива домішка, вона робить чавун крихким. Масова частка сірки в чавуні має бути не більше як 0,1 %.

Фосфор P утворює в чавуні тверду і крихку евтектику, тому вміст його має бути не більше ніж 0,3 %.

Сірі чавуни, основа яких складається з фериту, називають феритними, з фериту і перліту – ферито-перлітними, а з перліту – перлітними.

Механічні властивості сірих чавунів визначаються переважно розмірами і формою графічних включень (ГОСТ 3443-87 Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры):

- пластинчастою (ГОСТ 1412-85 Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки);
- вермикулярною (ГОСТ 28394-89 Чугун с вермикулярным графитом для отливок. Марки);
- кулястою (ГОСТ 7293-85 Чугун с шаровидным графитом для отливок. Марки).

*Звичайні сірі чавуни з пластинчастою формою графіту* мають типовий склад:

3,2...3,5 % C,  
1,4...3,0 % Si,  
0,4...0,6 % Mn,  
0,10..0,12 % S,  
0,3...0,8 % P,  
решта – залізо.

Особливості будови звичайного сірого чавуну зумовлюють їх низькі механічні властивості. Чавун із пластинчастим графітом має малу міцність, низьку пластичність, погано витримує ударні навантаження. Границя міцності чавуну під час розтягування становить 100..350 МПа, твердість – 145–270 НВ, відносне видовження – 0,2–0,8 %, а ударна в'язкість не перевищує 0,1 МДж/м<sup>2</sup>.

Механічні властивості чавунів переважно зумовлені їх структурою, а не хімічним складом, тому ці властивості зазначають у марках чавунів. Наприклад,

**СЧ 15** – сірий чавун із границею міцності при розтягу 150 МПа.

Графітні включення *пластівчастої* та (особливо) *кулястої* форми у чавунах надають їм значно більшої міцності та в'язкості порівняно зі звичайними сірими.

Марку чавуну з *вермикулярним графітом* позначають як ЧВГ, а *кулястим* графітом – ВЧ. При маркуванні зазначають, як і в марці сірого чавуну, границю міцності при розтягу:

**ЧВЧ 40** – чавун з вермикулярним графітом, границя міцності при розтягу 400 МПа;

**ВЧ 80** – високоміцний чавун із границею міцності при розтягу 800 МПа;

**ВЧ 33-7** – високоміцний чавун із границею міцності при розтягу 330 МПа і відносним видовженням 7 %;

...

**ВЧ 120-4** – високоміцний чавун із границею міцності при розтягу 1200 МПа і відносним видовженням 4 %.

### *Ковкі чавуни*

Ковкі чавуни позначають літерами КЧ (ГОСТ 1215-79 Отливки из ковкого чугуна. Общие технические условия) і числами, що вказують на значення границі міцності при розтягу і відносне видовження:

**КЧ 33-8** – ковкий чавун із границею міцності при розтягу 330 МПа і відносним видовженням 8 %;

**КЧ 30-6** – ковкий чавун із границею міцності при розтягу 300 МПа і відносним видовженням 6 %;

...

**КЧ 63-2** – ковкий чавун із границею міцності при розтягу 330 МПа і відносним видовженням 2 %.

### Завдання до практичної роботи 3

3.1. Знайти і розшифрувати позначення вуглецевих сталей:

- конструкційних;
- інструментальних.

Знайти аналог знайдених сталей за кордоном і вказати країну-виробника.

3.2. Знайти і розшифрувати позначення легованих сталей:

- конструкційних;
- інструментальних.

Знайти аналог знайдених сталей за кордоном і вказати країну-виробника.

3.3. Знайти і розшифрувати позначення чавуну. Знайти аналог знайденого чавуну за кордоном і вказати країну-виробника.

*Приклад виконання завдання*

**3.1. Сталь марки Ст2пс:**

Ст – конструкційна вуглецева сталь звичайної якості,

2 – 0,2 % С (карбону),

пс – ступінь розкисання сталі напівспокійний.

Іноземні аналоги: А283 (США), RSt34-2, S185, USt34-2 (Німеччина), Q215 (Китай).

**3.2. Сталь марки У12:**

У – інструментальна вуглецева якісна сталь,

12 – 1,2 % С (карбону).

Іноземні аналоги: W1-11-1/2 (США), C110W2 (Німеччина), BW1C (Англія), T11 (Китай).

**Сталь марки 70СЗА:**

легована сталь,

70 – 0,7% С (карбону),

С – силіцій,

3 – вміст кремнію 3 %,

А – високоякісна сталь.

Іноземні аналоги: 70S3A (Болгарія).

***Сталь марки Р6М5К5:***

інструментальна легована сталь,

Р – швидкорізальна сталь,

6 – вміст вольфраму 6 %,

М – молібден,

5 – вміст молібдену 5 %,

К – кобальт,

5 – вміст кобальту 5 %.

Іноземні аналоги: Т11341 (США), HS6-5-2-5, S6-5-2-5, S6-5-2-5S (Німеччина), W6Mo5Cr4V2Co5 (Китай).

***3.3. Чавун марки КЧ35-10:***

КЧ – ковкий чавун,

35 – межа міцності при розтягу 350 МПа,

10 – відносне видовження 10 %.

Іноземні аналоги: 32510 (США), GTS35-10 (Німеччина), FCMB35 (Японія).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 4

### РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ

#### *Порядок виконання практичної роботи*

Варіанти завдань і дані для розрахунків наведено в табл. 4.9.

1. Розраховуємо глибину різання під час свердління, мм :

$$t = \frac{D}{2},$$

де  $D$  – діаметр отвору (див. завдання).

2. Встановлюємо глибину отвору (глибокий чи неглибокий).

Для цього знаходимо співвідношення  $\frac{l}{D}$ , де  $l$  – довжина отвору (див. завдання):

– якщо  $\frac{l}{D} \leq 5$ , отвір неглибокий;

– якщо  $\frac{l}{D} > 5$ , отвір глибокий.

3. Обираємо матеріал різальної частини свердла:

– швидкорізальні сталі: P6M5, P6M3, P9K5;

– сталі для оброблення глибоких отворів: T5K10, T5K12B;

– сталі для оброблення неглибоких отворів: T15K6, T14K8, T5K10, T5K12B.

Із запропонованих варіантів обираємо будь-який (один) матеріал.

4. Обираємо діаметр свердла.

Діаметр свердла дорівнює діаметру отвору і вимірюється в міліметрах (мм).

5. Обираємо максимально допустиму за міцністю свердла подачу.

5.1. Для свердління обираємо подачу  $S_1$ , мм/об (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Подача\* під час свердління отворів зі сталі залежно від твердості за Брінелем\*\*<sup>1</sup>

Діаметр свердла $S_1$ , мм	HB < 160	HB = 160–240	HB = 240–300	HB > 300
2–4	0,09–0,13	0,08–0,10	0,06–0,07	0,04 – 0,06
4–6	0,13–0,19	0,10–0,15	0,07–0,11	0,06 – 0,09
6–8	0,19–0,26	0,15–0,20	0,11–0,14	0,09 – 0,12
8–10	0,26–0,32	0,20–0,25	0,14–0,17	0,12 – 0,15
10–12	0,32–0,36	0,25–0,28	0,17–0,20	0,15 – 0,17
12–16	0,36–0,43	0,28–0,33	0,20–0,23	0,17 – 0,20
16–20	0,43–0,49	0,33–0,38	0,23–0,27	0,20 – 0,23
20–25	0,49–0,58	0,38–0,43	0,27–0,32	0,23 – 0,26
25–30	0,58–0,62	0,43–0,48	0,32–0,35	0,26 – 0,29
30–40	0,62–0,78	0,48–0,58	0,35–0,42	0,29 – 0,35
40–50	0,78–0,89	0,58–0,66	0,42–0,48	0,35 – 0,40

\* Вимірюють в міліметрах на оберт (мм/об).

\*\* Твердість за Брінелем позначають HB.

<sup>1</sup> Твердість за Брінелем HB вказано у завданні.

Перше число подачі надано для меншого діаметра, друге число подачі – для більшого. Наприклад, якщо HB = 200 і діаметрі свердла 2 мм, подача становить 0,08 мм/об, якщо діаметр свердла 4 мм – 0,10 мм/об, якщо діаметр свердла 3 мм –  $\frac{0,08+0,10}{2} = 0,09$  мм/об.



5.2. Розраховуємо подачу, мм/об:

$$S = S_1 \cdot K_{ls} \cdot K_{os} \cdot K_{js} \cdot K_{is},$$

де  $K_{ls}$  – поправковий коефіцієнт на глибину отвору (співвідношення  $\frac{l}{D}$  див. п. 2):

- якщо  $\frac{l}{D} \leq 3$ ,  $K_{ls} = 1$ ;
- якщо  $3 < \frac{l}{D} \leq 5$ ,  $K_{ls} = 0,9$ ;
- якщо  $5 < \frac{l}{D} \leq 7$ ,  $K_{ls} = 0,8$ ;
- якщо  $7 < \frac{l}{D} \leq 10$ ,  $K_{ls} = 0,75$ ;

$K_{os}$  – поправковий коефіцієнт на досягнення більш високої якості у зв'язку з наступними операціями зенкерування або розсвердлювання,  $K_{os} = 0,5$ . У практичній роботі операції зенкерування і розсвердлювання не передбачені, тому  $K_{os} = 1$ ;

$K_{js}$  – поправковий коефіцієнт на недостатню жорсткість системи «верстат – пристрій – інструмент – деталь» (ВПД):

- за достатньої жорсткості  $K_{js} = 1$ ;
- за середньої жорсткості  $K_{js} = 0,75$ ;
- за малої жорсткості  $K_{js} = 0,5$ .

У практичній роботі система ВПД є достатньої жорсткості;

$K_{is}$  – поправковий коефіцієнт на інструментальний матеріал (див. у п. 3 який матеріал обрано):

- для свердла з різальною частиною із твердого сплаву  $K_{is} = 0,6$ ;
- для свердла з різальною частиною зі швидкорізальної сталі  $K_{is} = 1$ .

6. Розраховуємо швидкість різання під час свердління, м/хв,

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^{m \cdot S}} K_v,$$

де коефіцієнт  $C_v$  і значення показників  $q$ ,  $m$ , у наведено в табл. 4.2;

Таблиця 4.2

**Значення коефіцієнта і показників степеня у формулі швидкості різання  
під час свердління**

Подача $S$ , мм/об	$C_v$	$q$	$y$	$m$
$\leq 0,2$	7,0	0,4	0,7	0,2
$> 0,2$	9,8		0,5	

$T$  – період стійкості (табл. 4.3);

Таблиця 4.3

**Середнє значення періоду стійкості свердла**

Матеріал різальної частини інструмента	Стійкість $T$ , хв, за діаметра свердла, мм						
	До 5	6–10	11–20	21–30	31–40	41–50	51–60
Швидкорізальна сталі	15	25	45	50	70	90	110
Твердий сплав	8	15	20	25	35	45	–

$K_v$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv};$$

$K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал оброблюваної заготовки. Для сталі розраховують за формулою

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

коефіцієнт  $K_r$  і показник степеня  $n_v$  для цієї формули обираємо з табл. 4.4;

Таблиця 4.4

**Значення коефіцієнта  $K_r$  і показника степеня  $n_v$**

Межа міцності при розтягу $\sigma_B$ , МПа (див. завдання)	Коефіцієнт $K_r$ для матеріалу інструмента		Показник степеня $n_v$	
	із швидкорізальної сталі	із твердого сплаву	із швидкорізальної сталі	із твердого сплаву
$< 450$	1,0	1,0	–0,9	1,0
450–550	1,0	1,0	–0,9	1,0
$> 550$	1,0	1,0	0,9	1,0

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різального інструмента (табл. 4.5);

Таблиця 4.5

**Поправковий коефіцієнт  $K_{iv}$ , який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання**

Марка інструментального матеріалу (див. п. 3)	Значення коефіцієнта $K_{iv}$
P6M5	1,0
P6M3	1,0
P9K5	1,0
T5K10	0,65
T5K12B	0,35
T15K6	1,15
T14K8	0,8

$K_{lv}$  – коефіцієнт, який враховує глибину свердління (табл. 4.6).

Таблиця 4.6

**Поправковий коефіцієнт  $K_{lv}$ , який враховує глибину оброблюваного отвору**

Співвідношення $\frac{l}{D}$ (див. п. 2)	Значення коефіцієнта $K_{lv}$
$\frac{l}{D} \leq 3$	1,0
$3 < \frac{l}{D} \leq 4$	0,85
$4 < \frac{l}{D} \leq 5$	0,75
$5 < \frac{l}{D} \leq 6$	0,7
$6 < \frac{l}{D} \leq N$	0,6

7. Розраховуємо крутний момент, Нм:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

значення коефіцієнта  $C_m$  та показників  $q, y$  наведено в табл. 4.7;

Таблиця 4.7

**Значення коефіцієнта і показників степеня у формулі крутного моменту під час свердління**

$C_m$	$q$	$y$
0,0345	2,0	0,8

$K_p$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи, залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки; визначають за формулою

$$K_p = K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де показник степеня  $n = 0,75$  для різальної частини із твердого сплаву і швидкорізальної сталі.

8. Розраховуємо осьову силу під час свердління, Н:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

значення коефіцієнта  $C_p$  і показників  $q$  та  $y$  наведено у табл. 4.8;

Таблиця 4.8

**Значення коефіцієнта і показників степеня  
у формулі осьової сили під час свердління**

$C_p$	$q$	$y$
68	1,0	0,7

$K_p$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи, залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки; визначають за формулою

$$K_p = K_{M_p} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де показник степеня  $n = 0,75$  для різальної частини із твердого сплаву і швидкорізальної сталі<sup>2</sup>.

9. Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою, об/хв:

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D}.$$

Обираємо найближчу більшу частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:  $n_{\phi}$ , об/хв (див. завдання).

10. Визначаємо потужність двигуна за формулою, кВт:

<sup>2</sup> Цей коефіцієнт розраховано у п. 7.

$$N_{\text{еф}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\text{ф}}}{9750}.$$

11. Порівнюємо потужність двигуна з паспортом верстата:

$$N_{\text{еф}} < N_{\text{дв}},$$

де  $N_{\text{дв}}$  – потужність верстата (див. завдання).

Якщо умова виконується, верстат може здійснювати обробку отвору відповідно до розрахованих режимів.

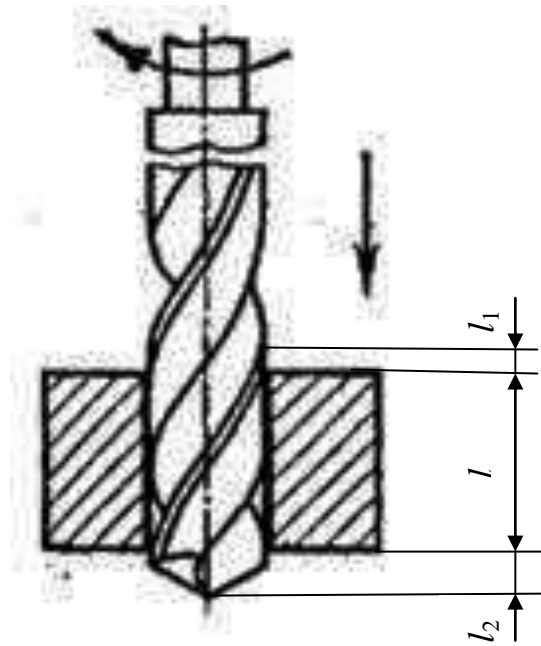
12. Визначаємо основний технологічний час, хв:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\text{ф}} \cdot S},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку визначають за такими формулами:

– для оброблення наскрізного отвору, мм:

$$L = l + l_1 + l_2;$$



$l$  – довжина отвору (див. завдання);

$l_1$  – величина на врізання інструмента; беремо 3 мм;

$l_2$  – величина на вихід інструменту, мм,

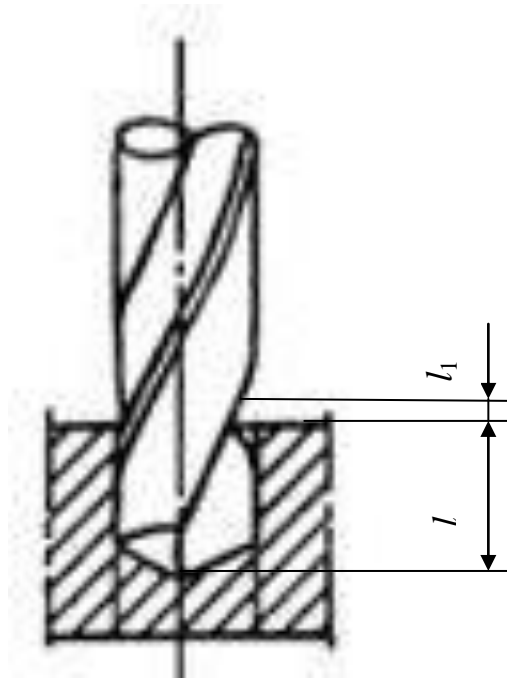
$$l_2 = (t \cdot \text{tg} 70^\circ) + 1;$$

– для оброблення глухого отвору, мм:

$$L = l + l_1,$$

$l$  – довжина отвору (див. завдання);

$l_1$  – величина на врізання інструменту; беремо 3 мм;



$i$  – кількість проходів у цьому переході (за один прохід можна зробити отвір за співвідношення  $\frac{l}{D} \leq 5$ ):

– якщо  $\frac{l}{D} \leq 5$ ,  $i = 1$ ;

– якщо  $5 < \frac{l}{D} \leq 10$ ,  $i = 2$ ;

– якщо  $10 < \frac{l}{D} \leq 15$ ,  $i = 3$ ;

– якщо  $15 < \frac{l}{D} \leq 20$ ,  $i = 4$ ;

$n_\phi$  – частота обертання шпинделя, об/хв (див. п. 9);

$S$  – подача за один оберт, мм/об (див. п. 5.2).

Таблиця 4.9

## Завдання до виконання практичної роботи

Варіант	Діаметр отвору $D$ , мм	Довжина отвору $l$ , мм	Оброблювана заготовка			Технічні характеристики верстата			Отвір
			Матеріал заготовки	Твердість за Брінелем НВ	Межа міцності при розтягу $\sigma_B$ , МПа	Модель верстата	Потужність верстата $N_{дв}$ , кВт	Частота обертання шпинделя $n_f$ , об/хв	
1	2	4	Сталь 10	143	300	2Н118	1,7	180; 250; 500; 710; 1000; 2000; 2800	глухий
2	4	22	38Х2МЮА	229	1000	2Н135	4,5	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	глухий
3	6	27	30ХРА	241	1600	2Н118	1,7	180; 250; 500; 710; 1000; 2000; 2800	глухий
4	8	68	30ХН2МФА	269	900	2Н118	1,7	180; 250; 500; 710; 1000; 2000; 2800	глухий
5	10	20	сталь 15	149	350	2Н135	4,5	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	глухий
6	12	42	15Х12ВНМФ	229	750	2Н118	1,7	180; 250; 500; 710; 1000; 2000; 2800	глухий
7	16	72	18ХГ	187	900	2А135	4	100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100	глухий
8	20	110	сталь 20	163	400	2А135	4	100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100	глухий
9	25	50	50Х	229	1100	2Н135	4,5	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	глухий
10	30	105	сталь 80	285	1100	2А135	4	100; 140; 195; 275; 400; 530; 750; 1100	глухий
11	40	80	сталь 85	302	1150	2М57	7,5	90; 100; 125; 140	наскрізний
12	50	100	60Г	269	710	2М58	13	90; 100; 125; 140; 160	наскрізний
13	16	16	сталь 70	269	730	2Н118	1,7	180; 250; 500; 710; 1000; 2000; 2800	глухий
14	2	9	15Х	179	700	2М112	0,6	450; 1600; 4000; 4500	наскрізний
15	8	28	сталь 50	241	570	2Н135	4,5	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	глухий
16	12	102	сталь 40	217	520	2Н135	4,5	31,5; 45; 63; 90; 125; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400	наскрізний

### *Приклад виконання роботи*

Діаметр отвору:  $D = 10$  мм.

Довжина отвору:  $l = 55$  мм.

Марка заготовки: сталь 45.

Твердість за Брінелем HB: 229.

Межа міцності при розтягу  $\sigma_B$ , МПа: 650.

Отвір: наскрізний.

Модель верстата: 2Н125.

Потужність верстата  $N_{дв} = 4,5$  кВт.

Частота обертання шпинделя  $n_{\phi}$ , об/хв: 3-8-10-12,5-16-20-25-31,5-40-50-63-80-100-125-160-200-250-315-400-500-630-800-1000.

### *Порядок виконання практичної роботи*

1. Розраховуємо глибину різання:

$$t = \frac{D}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ мм.}$$

2. Встановлюємо глибину отвору (глибокий чи неглибокий).

Для цього знайдемо співвідношення  $\frac{l}{D} = \frac{55}{10} = 5,5$ . Отже, отвір глибокий.

3. Обираємо матеріал різальної частини свердла Т5К10.

4. Обираємо діаметр свердла.

Діаметр свердла становить 10 мм.

5. Обираємо максимально допустиму за міцністю свердла подачу:

5.1. Якщо HB = 229 й діаметр свердла 10 мм, подача  $S_1 = 0,25$  мм/об.

- 5.2. Розраховуємо подачу:

$$S = S_1 \cdot K_{ls} \cdot K_{os} \cdot K_{js} \cdot K_{is},$$

де  $K_{ls}$  – поправковий коефіцієнт на глибину отвору, оскільки  $\frac{l}{D} = 5,5$ , то  $K_{ls} = 0,8$ ;



$K_{os}$  – поправковий коефіцієнт для досягнення більш високої якості у зв’язку з наступними операціями зенкерування або розсвердлювання,  $K_{os} = 0,5$ .  
У практичній роботі операції зенкерування і розсвердлювання не передбачені, тому  $K_{os} = 1$ ;

$K_{жс}$  – поправковий коефіцієнт на недостатню жорсткість системи ВПД.  
У практичній роботі система ВПД є достатньої жорсткості, тому  $K_{жс} = 1$ ;

$K_{is}$  – поправковий коефіцієнт на інструментальний матеріал. Оскільки матеріал свердла Т5К10, то  $K_{is} = 0,6$ .

Отже,

$$S = 0,25 \cdot 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,6 = 0,12 \text{ мм/об.}$$

6. Розраховуємо швидкість різання під час свердління, м/хв,

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_v,$$

де коефіцієнт  $C_v = 7,0$ , показники  $q = 0,4$ ,  $y = 0,7$ ,  $m = 0,2$ ;

$T$  – період стійкості,  $T = 15$  хв;

$K_v$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи,

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv}:$$

$K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал оброблюваної заготовки. Для сталі розраховують за формулою

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

коефіцієнт  $K_r = 1$ , показник степеня  $n_v = 1$ ,

$$K_{Mv} = 1,0 \left( \frac{750}{650} \right)^1 = 1,15;$$

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різального інструмента. Для свердла Т5К10  $K_{iv} = 0,65$ ;

$K_{lv}$  – коефіцієнт, який враховує глибину свердління. Якщо  $\frac{l}{D} = 5,5$ , то  $K_{lv} = 0,7$ , отже,

$$K_v = 1,15 \cdot 0,65 \cdot 0,7 = 0,52.$$

Підставляємо всі значення у формулу швидкості:

$$\vartheta = \frac{7,0 \cdot 10^{0,4}}{15^{0,2} \cdot 0,12^{0,7}} 0,52 = \frac{9,23}{0,39} = 23,69 \text{ м/хв.}$$

7. Розраховуємо крутний момент під час свердління, Нм:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

коефіцієнт  $C_M = 0,0345$ , значення показників  $q = 2,0$ ,  $y = 0,8$ ;

$K_p$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи, залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки; визначають за формулою

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

де показник степеня  $n = 0,75$  для різальної частини із твердого сплаву і швидкорізальної сталі,

$$K_p = K_{Mp} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,75} = 0,90.$$

Підставляємо знайдені значення величин у формулу крутного моменту:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 10^{2,0} \cdot 0,12^{0,8} \cdot 0,9 = 5,68 \text{ Нм.}$$

8. Розраховуємо осьову силу під час свердління, Н:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p,$$

коефіцієнт  $C_p = 68$ , значення показників  $q = 1,0$ ,  $y = 0,7$ ,  $K_p = 0,9$ .

Підставляємо отримані значення у формулу осьової сили:

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 10^{1,0} \cdot 0,12^{0,7} \cdot 0,9 = 1384 \text{ Н.}$$

9. Визначаємо частоту обертання шпинделя за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 23,69}{3,14 \cdot 10} = 755 \text{ об/хв.}$$

Обираємо найближчу більшу частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:  $n_{\phi} = 800 \text{ об/хв.}$

10. Визначаємо потужність двигуна за формулою

$$N_{\text{еф}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n_{\phi}}{9750} = \frac{5,68 \cdot 800}{9750} = 0,47 \text{ кВт.}$$

11. Порівнюємо потужність двигуна з паспортом верстата:

$$N_{\text{еф}} < N_{\text{дв}}, \quad 0,47 < 4,5.$$

Умова виконується, отже верстат може здійснювати оброблення отвору відповідно до розрахованих режимів обробки.

12. Визначаємо основний технологічний час, хв:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\phi} \cdot S},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку обчислюють за формулою, мм:

$$L = l + l_1 + l_2,$$

$l$  – довжина отвору;

$l_1$  – величина на врізання інструмента; беремо 3 мм;

$l_2$  – величина на вихід інструмента, мм:

$$l_2 = (t \cdot \operatorname{tg} 70^\circ) + 1 = (5,5 \cdot \operatorname{tg} 70^\circ) + 1 = 14,7.$$

Отже,  $L = 55 + 3 + 14,7 = 72,7$  мм;

$i$  – кількість проходів у певному переході,  $i = 2$ .

Підставляємо дані у формулу основного технологічного часу:

$$T_o = \frac{72,7 \cdot 2}{800 \cdot 0,12} = 1,51 \text{ хв.}$$

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 5

### РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПІД ЧАС ТОЧІННЯ

Варіанти завдань наведено в табл. 5.20, а технічні характеристики верстата – у табл. 5.21.

#### *Порядок виконання практичної роботи*

1. Обираємо марку інструментального матеріалу і геометричні параметри різальної частини інструмента, а також основні розміри інструмента.

1.1. Створюємо графічну схему обробки.

Рисунок обробки обираємо залежно від способу закріплення заготовки (табл. 5.1). Спосіб закріплення заготовки вказано у завданні.

На рис. 5.1 позначаємо розміри заготовки:

$D$  – зовнішній діаметр заготовки, мм (див. завдання);

$d$  – внутрішній діаметр заготовки, мм (див. завдання);

$l$  – довжина заготовки, мм:

– для способу закріплення у центрах  $l$  (див. завдання), мм:

$$l = l_0;$$

– для способу закріплення у патроні; у патроні із центром від  $l$  (див. завдання) треба відняти 40 мм (для закріплення заготовки у патроні), мм:

$$l = l_0 - 40;$$

$D_1$  – діаметр деталі після обробки, мм,

$$D_1 = D - 2t_0,$$

де  $t_0$  – припуск на сторону, мм (див. завдання).

1.2. Обираємо матеріал різальної частини інструмента.

Відповідно до табл. 5.2 обираємо матеріал різальної частини різального інструмента, який залежить від матеріалу оброблюваної заготовки та умов роботи. Обираємо тільки одну марку матеріалу.

### 1.3. Обираємо матеріал державки різця.

Для державок різця пропонують сталь 45 або 40Х. Обираємо тільки одну марку матеріалу.

### 1.4. Обираємо переріз державки різця.

Переріз державки різця обираємо з табл. 5.3. Для цього в технічних характеристиках верстата дивимось найбільший розмір державки різця – висоту ( $b$ , мм) і ширину ( $h$ , мм), відповідно до параметрів верстата беремо менше або рівне значення.

### 1.5. Обираємо форму передньої поверхні різця.

Форму передньої поверхні різця обираємо з табл. 5.4. Графічно зображуємо ескіз передньої поверхні, вказуємо на ньому обрану геометрію різальної частини з п. 1.6.

### 1.6. Вибираємо геометрію різальної частини різця.

Геометрію різальної частини різця обираємо з табл. 5.5 й відображаємо на ескізі з п. 1.5.

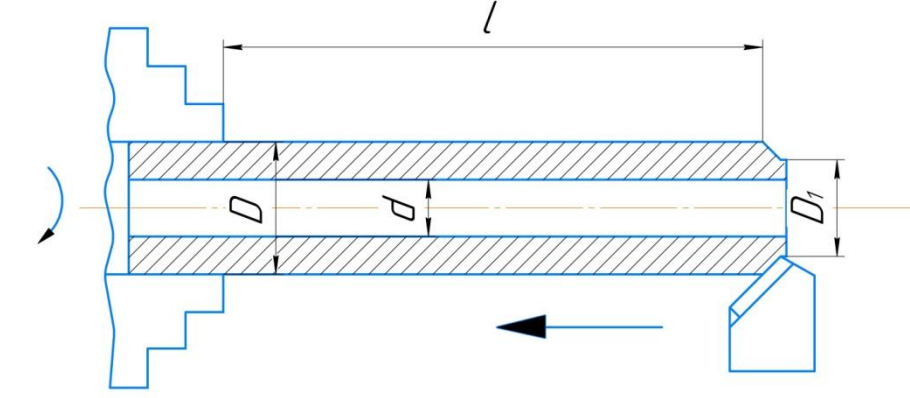
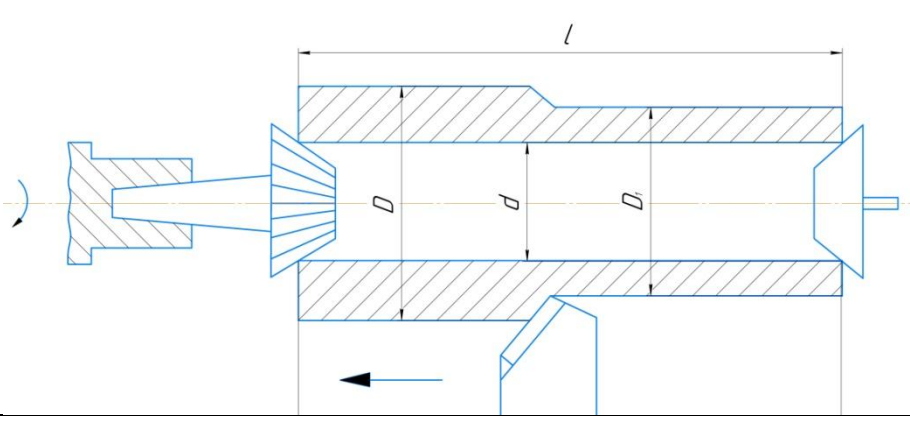
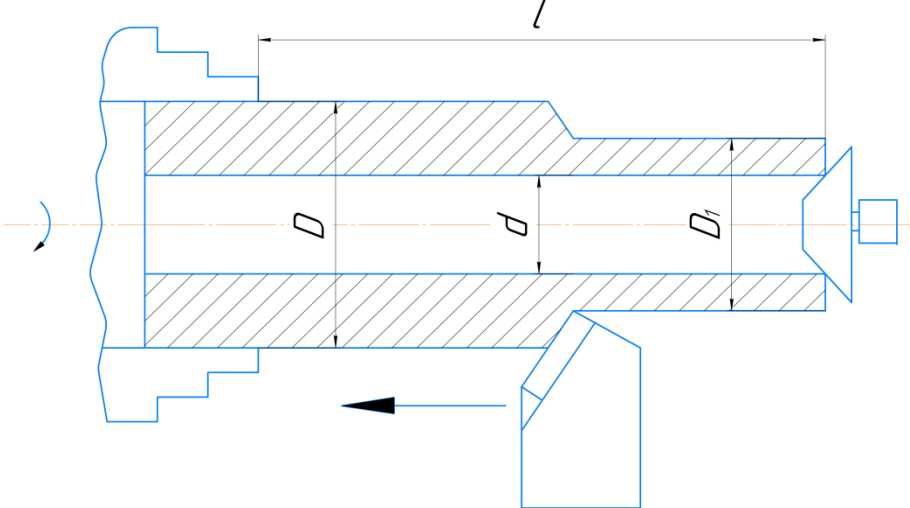
## 2. Розраховуємо глибину різання, мм:

$$t = t_0,$$

де  $t_0$  – припуск на сторону, мм (див. завдання).

Таблиця 5.1

Схеми закріплення заготовок для розрахунку сил різання,  
допустимої міцності та жорсткості оброблюваної деталі

Спосіб закріплення заготовки	Схеми закріплення заготовок
У патроні	
У центрах	
У патроні та центрі	

Таблиця 5.2

## Вибір марки інструментального матеріалу для токарної обробки

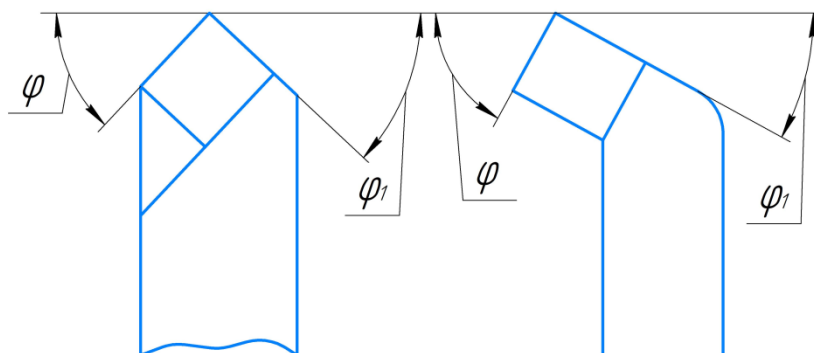
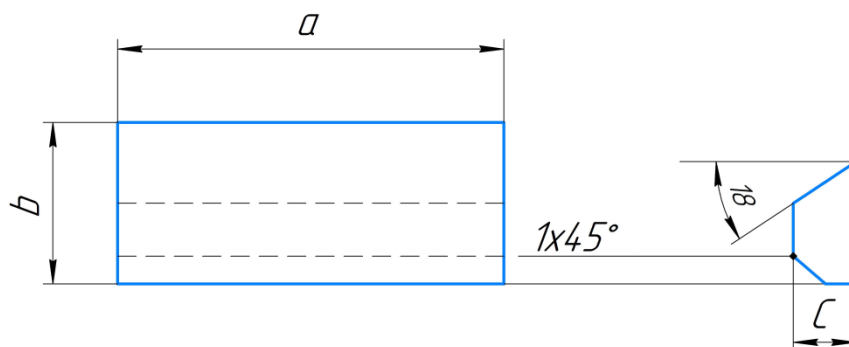
Характер та умови обробки	Матеріал інструментального матеріалу для обробки							
	вуглецеві та леговані сталі	Важкооброблювані матеріали	нержавійні матеріали аустенітного класу	загартовані сталі	титанові сплави	чавуни	кольорові матеріали та їх сплави	неметалеві матеріали
Точіння чорнове по кірці та окалині за нерівномірного припуску й переривчатого різання	T5K10 T5K12B BK8 BK8B P6M5 P18 10P6M5	BK8 P8M3K6C P9M4K8	T5K12B BK8B BK8 P8M3K6C P9M4K8	—	BK8 BK8B BK15-0M	BK4 BK6 BK8 BK8B P6M5 10P6M5 P18	BK4 BK6 BK8	P6M5 10P6M5 P18
Точіння чорнове по кірці та окалині за нерівномірного припуску й неперервного різання	T15K6 T14K8 T5K10 P9M4K8 P10K10Φ3M4 P6M5K5	T5K10 BK8 P8M3K6C P9M4K8	BK4 BK8	—	BK4 BK8 BK10-0M	BK4 BK6 BK8 P9M4K8 P10K10Φ3M4 P6K5M5	BK4 BK6 P9M4K8 P10K10Φ3M4 P6M5K5	BK2 BK3 BK6 BK8 P6M5 10P6M5 P18
Точіння напівчисте й чистове за переривчатого різання	T15K6 T14K8 T5K10 P6M5 10P6M5 P18 P9M4K8 P10K10Φ3M4 P6M5K5	T5K10 BK8 P8M3K6C P9M4K8	BK6M BK4	T14K8 T5K10 BK8 BK4	BK4	BK4 BK6 BK8	BK2 BK3M BK4	BK2 BK3M BK4

Закінчення табл. 5.2

Характер та умови обробки	Матеріал інструментального матеріалу для обробки							
	вуглецеві та леговані сталі	важкооброблювані матеріали	нержавійні матеріали аустенітного класу	загартовані сталі	титанові сплави	чавуни	кольорові матеріали та їх сплави	неметалеві матеріали
Точіння напівчисте і чистове при неперервному різанні	T30K4 T15K6	T15K6 T15K8	BK6M	T15K6 T14K8 T5K10 BK4 Ельбор-Р BK6-0M	BK4 BK6-0M	BK2 BK3M BK6 Ельбор-Р BK3	BK2 BK3M BK4	BK2 BK3M
Точіння тонке	T30K4 T15K6	T5K10	BK6M BK3M	Ельбор-Р T30K4 T15K6 T5K10 BK6M BK3M	BK4 BK6M BK3M	BK2 BK3M BK6M Ельбор-Р	BK2 BK3M BK4 BK6	BK2 BK3M BK6



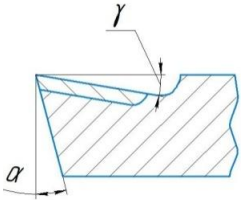
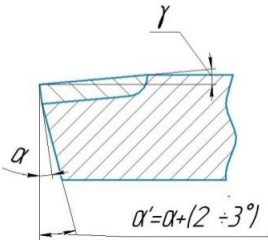
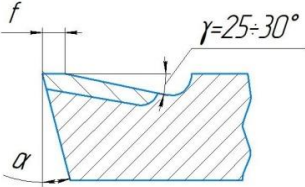
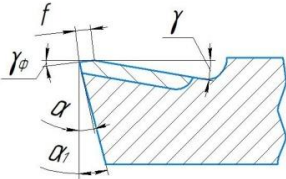
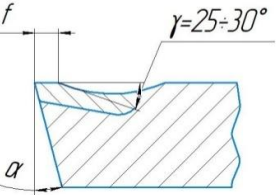
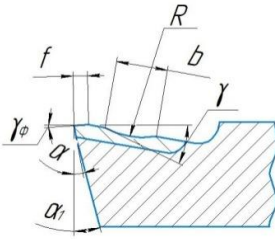
## Розміри пластинок для токарних прохідних різців



Переріз державки різця, $b \times h$ , мм	Розміри, мм		
	$a$	$b$	$c$
10×16	8	6	3
12×20	10	6	3,5
16×16	12	8	4,5
16×25	14	10	5,5
20×20	16	10	5,5
20×30	18	12	7
25×25	20	12	7
25×40	22	15	8,5

Таблиця 5.4

## Форми передньої поверхні різців

Поверхня	Ескіз передньої поверхні	Сфера застосування	
		для різців із швидкорізальної сталі (рис. а)	для різців з пластинами із твердих сплавів (рис. б)
1. Плоска	 а  б	Оброблення чавуна, оброблення сталі за $S \leq 0,2$ мм/об	Оброблення сталі з $\sigma_B > 80$ кгс/мм <sup>2</sup> для достатньо жорсткої і вібростійкої заготовки
2. Плоска з фаскою	 а  б	Оброблення сталі за $S > 0,2$ мм/об	Оброблення сірого і ковкого чавуна, оброблення сталі з $\sigma_B > 80$ кгс/мм <sup>2</sup> за достатньо точної жорсткості й вібростійкості заготовки
3. Радіусна із фаскою	 а  б	Оброблення сталі із забезпеченням завивання стружки	Оброблення сталі з $\sigma_B \leq 80$ кгс/мм <sup>2</sup> із припуском на сторону $t = 1-8$ мм, $S \geq 0,3$ мм/об

Геометричні параметри різальної частини різця

Оброблюваний матеріал	Форма передньої поверхні відповідно до табл. 5.4	Геометричні параметри різальної частини			
		$\gamma^0_\phi$	$\gamma^0$	$\alpha^0$	$\lambda^0$
Точіння, розточування і стругання					
Сталь вуглецева, легована, інструментальна, сталеве лиття HB < 340, $\sigma_B < 120 \text{ кгс/мм}^2$	2, а, 3, а	—	25...30	8...12	0
Чавун сірий і ковкий	1, а, 2, а, 3, а	—	12...18	8...12	від −4 до +4
Мідь, латунь	2, а, 3, а	—	25...30	10...15	—
Сталь конструкційна, вуглецева, легована, сталеве лиття, $\sigma_B < 100 \text{ кгс/мм}^2$	2, б, 3, б	від −3 до −5	15	—	—
Сталь конструкційна, вуглецева, легована, сталеве лиття, $\sigma_B > 100 \text{ кгс/мм}^2$	1, б, 2, б	−10	—	12	—
Точіння і розточування					
Чавун сірий, HB < 220	2, б, 3, б	від −3 до −5	12	6...10	—
Чавун сірий, HB > 220	2, б, 3, б	від −3 до −5	8	6...10	—
Чавун ковкий HB 140...150	1, б, 2, б	−2	15	8...12	—

3. Розраховуємо найбільшу допустиму величину сили різання, враховуючи всі обмежувальні фактори.

3.1. Розраховуємо силу різання, яку допускає міцність заготовки.

Розрахунок різання сили  $[P_z]_{\text{мз}}$  залежить від способу закріплення заготовки (див. завдання і позначення в п. 1.1):

– закріплення в патроні, кгс:

$$[P_z]_{\text{мз}} = 0,09 \frac{D^3}{l} (1 - \beta^4) [\sigma_{\text{зг}}],$$

де  $\beta = \frac{d}{D}$ ;

$[\sigma_{зг}]$ , – допустиме напруження під час згинання, кгс/мм<sup>2</sup>,

$$[\sigma_{зг}] = \frac{\sigma_B}{n},$$

$n$  – запас міцності, перебуває у межах від 4 до 5;

– закріплення у центрах, кгс:

$$[P_z]_{мз} = \frac{0,36D_1^3}{l} (1 - \beta^4) [\sigma_{зг}],$$

де  $\beta = \frac{d}{D_1}$ ;

$[\sigma_{зг}]$  – допустиме напруження під час згинання, кгс/мм<sup>2</sup>:

$$[\sigma_{зг}] = \frac{\sigma_B}{n},$$

$n$  – запас міцності, перебуває у межах від 4 до 5.

– закріплення в патроні та центрі, кгс:

$$[P_z]_{мз} = \frac{D_1^3}{1,91l} (1 - \beta^4) [\sigma_{зг}],$$

де  $\beta = \frac{d}{D_1}$ ;

$[\sigma_{зг}]$  – допустиме напруження при згині, кгс/мм<sup>2</sup>,

$$[\sigma_{зг}] = \frac{\sigma_B}{n},$$

$n$  – запас міцності, перебуває в межах від 4 до 5.

3.2. Розраховуємо силу різання, яку допускає жорсткість заготовки.

Розрахунок різання сили  $[P]_{жз}$  залежить від способу закріплення заготовки (див. завдання і позначення у п. 1.1):

– закріплення в патроні, кгс:

$$[P_z]_{жз} = 7000 \frac{D_1^4}{l^3} (1 - \beta^4) [\Delta y],$$

де  $[\Delta y]$  – допустимий прогин заготовки (величина деформації), перебуває у межах від 0,2 до 0,4;

– закріплення в центрах, кгс:

$$[P_z]_{мз} = 112000 \frac{D_1^4}{l^3} (1 - \beta^4) [\Delta y],$$

де  $[\Delta y]$  – допустимий прогин заготовки (величина деформації), перебуває у межах від 0,2 до 0,4;

– закріплення в патроні та центрі, кгс:

$$[P_z]_{\text{мз}} = 238000 \frac{D_1^4}{l^3} (1 - \beta^4) [\Delta y],$$

де  $[\Delta y]$  – допустимий прогин заготовки (величина деформації), перебуває у межах від 0,2 до 0,4.

3.3. Розраховуємо силу різання, яку допускає механізм подачі, кгс:

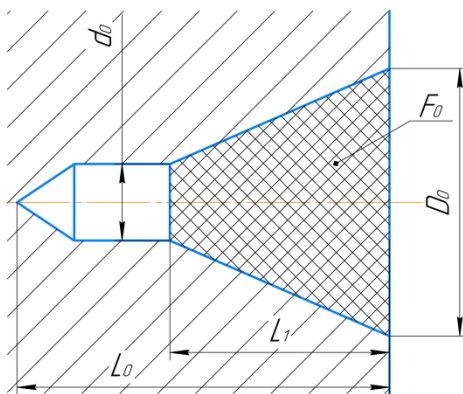
$$[P_z]_{\text{мп}} = 2[P]_{\text{позд}},$$

де  $[P]_{\text{позд}}$  – допустима поздовжня сила (див. технічні характеристики верстата).

3.4. Розраховуємо силу різання, яку допускає навантаження на задній центр (для способу закріплення у центрах, у патроні та центрі), кгс:

$$[P_z]_{\text{зц}} = \frac{F_0 \cdot [q_0]}{\sqrt{1 + \varepsilon^2}},$$

де  $F_0$  – площа проекції контактної поверхні центрального гнізда на осьову площу,  $\text{мм}^2$ :



$$F_0 = \frac{D_0 + d_0}{2} \alpha_1,$$

де  $D_0$ ,  $d_0$ ,  $\alpha_1$  – розміри центрального отвору (табл. 5.6);

$\varepsilon$  – перебуває в межах від 0,4 до 0,6;

$[q_0]$  – допустимий тиск на задню бабку, яка має необертовий центр, не має перевищувати  $10 \text{ кгс/мм}^2$ .

3.5. Розраховуємо силу різання, яка допускається міцністю пластини різця, кгс:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 34 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де  $C$  – товщина пластини (див. табл. 5.3);

$t$  – глибина різання, мм (див. п. 2);

$\varphi$  – головний кут у плані, градуси:

– під час точіння в умовах жорсткої системи ВПД  $\varphi = 45^\circ$ ;

– у разі точіння і розточування за недостатньо жорсткої системи ВПД  $\varphi = 60-75^\circ$ ;

– у разі обточування та розточування ступінчастих поверхонь в упор, підрізання, відрізання, а також в умовах нежорсткої системи  $\varphi = 90^\circ$ .

У практичній роботі передбачено недостатню жорсткість системи ВПД, тому обираємо кут  $\varphi$ , який перебуває у межах від  $60^\circ$  до  $75^\circ$  (обираємо одне значення).

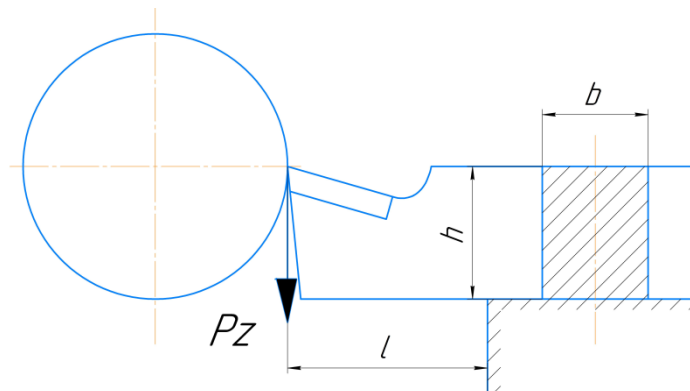
3.6. Силу різання, яка допускається міцністю державки різця, розраховуємо за формулою, кгс:

$$[P_z]_{\text{др}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot [\sigma_{зг}]}{6l},$$

де  $b$  – ширина державки різця, мм (див. п. 1.4);

$h$  – висота державки різця, мм (див. п. 1.4);

$l$  – виліт різця, мм. Зазвичай  $l = 1,5h$ , мм;



$[\sigma_{зг}]$  – допустиме напруження під час згинання, кгс/мм<sup>2</sup>. Для державок різців зі сталі 45 або сталі 40Х беремо  $[\sigma_{зг}] = 24$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Таблиця 5.6

## Центрові отвори\*

Форма А

Форма Б

Technical drawings of two types of center holes, labeled "Форма А" (Form A) and "Форма Б" (Form B). Form A shows a hole with a 60-degree taper, dimensions  $D_1$ ,  $d_0$ ,  $D_0$ ,  $D_0'$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha_0$ ,  $a$ ,  $a_1$ . Form B shows a hole with a 120-degree taper, dimensions  $D_1$ ,  $D_0$ ,  $\alpha'$ ,  $\alpha_0'$ ,  $\alpha_1'$ ,  $l_2$ ,  $a_1$ .

$D_1$	$d_0$ (відхилення за $A_1$ )	$D_0$	$D_0'$	$\alpha_0$	$\alpha_0'$	$\alpha_1$	$\alpha_1'$	$l_2$ не менше	$a$	$a_1$
				не менше						
6	1,6	3,1	4,8	3,3	3,8	1,3	1,8	0,5	5	5,5
10	2	4	6	4,2	4,8	1,7	2,3	0,6	6	6,5
14	2,5	5	7,8	5,3	6,1	2,2	3	0,8	7	8
20	3,15	6,4	9,5	6,7	7,6	2,8	3,7	0,9	9	10
30	4	7,9	12,1	8,4	9,6	3,4	4,6	1,2	11	12,5
40	5	10	15,5	10,6	12,2	4,3	5,7	1,6	14	15,5
60	6,3	12,5	18,8	13,4	15,2	5,4	7,2	1,8	18	20
80	8	16	23	17,1	19,1	7	9	2	22	24
100	10	19,2	27,9	21,4	23,9	8,6	11,1	2,5	28	30,5
120	12	24	32,6	25	27,5	10,4	12,9	2,5	32	34,5
160	16	32	42	33	36	13,85	16,8	3	40	43

\* Відповідно до ГОСТ 14034-74 Отверстия центровые. Размеры  
Размеры в міліметрах.

#### 4. Розраховуємо найбільш допустиму подачу.

Розрахунок подачі  $[S]_p$  ведемо за найменшою з отриманих максимально допустимих сил різання (див. п. 3).

Найбільшу подачу, яку допускають відповідно до величини сили різання, розраховують за формулою, мм/об:

$$[S]_p = \left\{ \frac{[P_z]}{C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot g^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz}} \right\}^{\frac{1}{y_{Pz}}},$$

де коефіцієнт  $C_{Pz}$  і показники степеня  $X_{Pz}$ ,  $n_{Pz}$ ,  $y_{Pz}$  знаходимо з табл. 5.7;

$K_{Pz}$  – загальний поправковий коефіцієнт на зміну умов роботи:

$$K_{Pz} = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p},$$

де  $K_{M_p}$  – коефіцієнт, який враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу (табл. 5.8–5.10);

$K_{\varphi_p}$ ,  $K_{\gamma_p}$ ,  $K_{\lambda_p}$ ,  $K_{r_p}$  – поправкові коефіцієнти, які враховують вплив параметрів різця на сили різання: головного кута у плані  $\varphi$  (див. п. 3.5), переднього кута  $\gamma$ , кута нахилу  $\lambda$  різальної крайки, радіуса  $r$  при вершині (див. п. 1.5, 1.6). Коефіцієнти обираємо з табл. 5.11;

$v$  – швидкість різання, перебуває в межах від 60 до 150 м/хв.



Таблиця 5.7

**Значення коефіцієнта пропорційності та показників степеня  
у формулах для розрахунків складових сил різання під час точіння**

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини інструмента	Коефіцієнти пропорційності та показників степеня у формулах для розрахунків складових											
		тангенціальної $P_z$				радіальної $P_y$				осьової $P_x$			
		$C_{Pz}$	$X_{Pz}$	$y_{Pz}$	$n_{Pz}$	$C_{Py}$	$X_{Py}$	$y_{Py}$	$n_{Py}$	$C_{Px}$	$X_{Px}$	$y_{Px}$	$n_{Px}$
Сталь конструкційна і сталеве литво	Твердий сплав	300	1,0	0,75	0,15	243	0,9	0,6	-0,3	339	1,0	0,5	-0,4
	Швидкорізальна сталь	200			0	125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
Сталь жароміцна	Твердий сплав	204				—	—	—	—	—	—	—	—
Сірий чавун		92				54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
Ковкий чавун	Твердий сплав	81				43				38			
	Швидкорізальна сталь	100				88				40	1,2	0,65	
Мідні сплави	Швидкорізальна сталь	55				—	—	—	—	—	—	—	—
Алюміній і силумін		40											

Таблиця 5.8

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив  
механічних властивостей конструкційних сталей, сталюого литва,  
сірого і ковкого чавунів на сили різання**

<b>Формули для розрахунку коефіцієнта <math>K_{MP}</math> під час обробки матеріалу</b>		
<b>Сталь конструкційна і сталіне литво</b>	<b>Чавун</b>	
	<b>сірий</b>	<b>ковкий</b>
$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{75}\right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{n_p}$	$K_{MP} = \left(\frac{HB}{150}\right)^{n_p}$

Таблиця 5.9

**Значення показників степеня  $n_p$**

Оброблюваний матеріал	Складові сили різання під час точіння					
	тангенціальна $P_z$		радіальна $P_y$		осьова $P_x$	
	Показники степеня $n_p$ для матеріалу різальної частини					
	твердий сплав	швидко-різальна сталь	твердий сплав	швидко-різальна сталь	твердий сплав	швидко-різальна сталь
Сталь конструкційна і сталіне литво за $\sigma_B \leq 60 \text{ кгс/мм}^2$	0,75	0,35	1,35	2,0	1,0	1,5
Сталь конструкційна і сталіне литво, $\sigma_B > 60 \text{ кгс/мм}^2$		0,75				
Чавун сірий і ковкий	0,4	0,55	1,0	1,3	0,8	1,1

Таблиця 5.10

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив якості  
мідних та алюмінієвих сплавів на силу різання**

<b>Коефіцієнт <math>K_{MP}</math> для мідних сплавів</b>			<b>Коефіцієнт <math>K_{MP}</math> для алюмінієвих сплавів</b>	
<b>Оброблюваний матеріал</b>		<b><math>K_{MP}</math></b>	<b>Оброблюваний матеріал</b>	<b><math>K_{MP}</math></b>
Гетерогенні	HB < 120	1,0	Алюміній і силумін	1,0
	HB > 120	0,75	Дюралюміній з $\sigma_B$ до 25 кгс/мм <sup>2</sup>	1,5
Свинцевисті, основна гетерогенна структура із вмістом свинцю <10 %		0,65–0,75	Дюралюміній, $\sigma_B = 25\text{--}35 \text{ кгс/мм}^2$	2,0
Моногенні		1,8–2,2	Дюралюміній, $\sigma_B$ понад 35 кгс/мм <sup>2</sup>	2,75
Мідь		1,7–2,1		
Вміст свинцю >15 %		0,25–0,45		

Таблиця 5.11

**Поправкові коефіцієнти, які враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструмента  
на вплив сили різання під час обробки чавуна і сталі**

Параметри		Матеріал різальної частини інструмента	Позначення	Поправкові коефіцієнти для складових		
Найменування	Величина			Величина коефіцієнта для складових		
				тангенціальної $P_z$	радіальної $P_v$	осьової $P_x$
Головний кут у плані $\phi$	30	Твердий сплав	$K_{\phi p}$	1,08	1,30	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,50	1,17
	30	Швидкорізальна сталь		1,08	1,63	0,70
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передній кут $\gamma$	-15	Твердий сплав	$K_{\gamma p}$	1,25	2,0	2,0
	0			1,1	1,4	1,4
	10			1,0	1,0	1,0
	12–15	Швидкорізальна сталь		1,15	1,6	1,7
	20–25			1,0	1,0	1,0
Кут нахилу головної різальної крайки $\lambda$	-5	Твердий сплав	$K_{\lambda p}$	1,0	0,75	1,07
	0				1,0	1,0
	5				1,25	0,85
	15				1,7	0,65
Радіус при вершині $r$	0,5	Швидкорізальна сталь	$K_{r p}$	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	5,0			1,10	1,33	

5. Порівнюємо значення подачі, яку допускають за величиною сили різання і за шорсткістю оброблюваної поверхні. Наступний розрахунок ведемо за меншою подачею.

З вихідних даних беремо найбільшу подачу за висотою шорсткості  $[S]_{\text{ш}}$ . Із п. 4 беремо максимальну величину подачі за силою різання  $[S]_p$ . Обираємо з них найменшу  $[S]$ .

6. За отриманою подачею підбираємо фактичну, яку має верстат.

Із технічних характеристик верстата обираємо до  $[S]$ :

- найближчу меншу подачу, яку записуємо як  $S_q$ ;
- найближчу більшу подачу, яку записуємо як  $S_{q+1}$ .

Кінцеве вибране значення подачі  $S_1$  для роботи в один прохід не має перевищувати 10 %, тобто:

- якщо  $S_{q+1} \leq 1,1 [S]$ , то обираємо подачу  $S_1 = S_{q+1}$ ;
- якщо  $S_{q+1} > 1,1 [S]$ , то обираємо подачу  $S_1 = S_q$ .

7. Розраховуємо швидкість різання, допустиму стійкістю різця і потужністю верстата.

7.1. Швидкість різання, яку допускає різець за один прохід, визначають як, м/хв,

$$v_{\text{інстр}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot S_1^{Y_v}},$$

де  $T$  – період стійкості різця, зазвичай беруть 60 хв;

Значення коефіцієнта пропорційності  $C_v$  та показників ступеня  $X_v$ ,  $Y_v$ ,  $m$  для визначення умов різання наведено в табл. 5.12;

Знаходимо  $K_v$  – поправковий коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Cv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{fv} \cdot K_{\phi lv} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{dv} \cdot K_{ov},$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт, який впливає на якість матеріалу, який піддається обробленню (табл. 5.13);

Таблиця 5.12

**Розрахункові залежності для визначення швидкості різання  
під час точіння різцями**

Оброблюваний матеріал	Матеріал різальної частини різця	Величина подачі $S_1$ , мм/об	Коефіцієнти і показники степеня			
			$C_v$	$X_v$	$Y_v$	$m$
Сталь конструкційна вуглецева, легована і сталіне литво	Твердий сплав	до 0,30	420	0,15	0,20	0,20
		0,30–0,75	350		0,35	
		більше 0,75	340		0,45	
	Швидкорізальна сталь	до 0,25	87,5	0,25	0,33	0,125
		більше 0,25	56		0,66	
Сталь жароміцна	Твердий сплав	–	110	0,20	0,45	0,15
	Швидкорізальна сталь		31		0,55	
Чавун сірий	Твердий сплав	до 0,40	292	0,15	0,20	0,20
		більше 0,40	243		0,40	
Чавун ковкий	Твердий сплав	до 0,40	317	0,15	0,20	0,20
		більше 0,40	215		0,45	
	Швидкорізальна сталь	до 0,40	108	0,20	0,25	0,125
		більше 0,40	75		0,50	
Мідні сплави, гетерогенні	Швидкорізальна сталь	до 0,20	270	0,12	0,25	0,23
		більше 0,20	182		0,50	
Алюмінієві сплави	Швидкорізальна сталь	до 0,20	485	0,12	0,25	0,23
		більше 0,20	328		0,50	

**Примітка:** для матеріалу різального інструмента із твердого сплаву не потрібне охолодження, для швидкорізальних сталей – обов'язкове охолодження.

Таблиця 5.13

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив оброблюваного матеріалу  
на швидкість різання під час точіння сталі та чавуна**

Оброблюваний матеріал		Матеріал різальної частини інструмента	
		твердий сплав	швидкорізальна сталь
		розрахункова формула	
Сталь конструкційна вуглецева, легована і стальне литво		$K_{M_{\theta}} = \frac{75}{\sigma_B}$	$K_{M_{\theta}} = C_M \left( \frac{75}{\sigma_B} \right)^{n_{\theta}}$
Чавун	сірий	$K_{M_{\theta}} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1,25}$	$K_{M_{\theta}} = \left( \frac{190}{HB} \right)^{1,70}$
	ковкий	$K_{M_{\theta}} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{1,25}$	$K_{M_{\theta}} = \left( \frac{150}{HB} \right)^{1,70}$
<b>Значення коефіцієнта і показника степеня</b>			
Група сталі		Коефіцієнт оброблюваності $C_M$	Показник степеня $n_{\theta}$
Вуглецеві ( $C \leq 0,6 \%$ ) $\sigma_B \leq 45 \text{ кгс/мм}^2$		1,0	-1,0
Вуглецеві ( $C \leq 0,6 \%$ ) $\sigma_B > 45 \text{ кгс/мм}^2$		1,0	1,75
Автоматні		1,2	1,75
Нікелеві		1,0	1,75
Хромисті		0,8	1,75
Хромонікелеві		0,9	1,5
Вуглецеві ( $C > 0,6 \%$ ), марганцеві та хромонікельвольфрамові		0,8	1,75
Хромомолібденові, хромонікельмолібденові, хромомолібденовоалюмінієві		0,7	1,25
Хромомарганцеві, хромокреннієві, хромокреннієвомарганцеві, хромоікельвомарганцеві		0,7	1,5
Інструментальні швидкорізальні		0,6	1,2

$K_{cv}$  – коефіцієнт, який враховує стан матеріалу заготовки (табл. 5.14);

Таблиця 5.14

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив стану сталі на швидкість різання під час точіння різцями**

Стан сталі				
Поковка		Термооброблення		
прокат гарячекатаний	прокат холоднокатаний	нормалізація	відпал	поліпшення
Коефіцієнт $K_{cv}$				
1,0	1,1	0,95	0,9	0,8

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (табл. 5.15);

Таблиця 5.15

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання під час точіння різцями**

Стан поверхні заготовки					
Без кірки	Із кіркою				
	прокат	поковка	стальне і чавунне лиття		мідні та алюмінієві сплави
			звичайне	із забрудненою кіркою	
Коефіцієнт $K_{nv}$					
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6	0,9

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різальної частини (табл. 5.16) (див. п. 1.2);

$K_{\varphi v}$ ,  $K_{\varphi 1 v}$ ,  $K_{rv}$ ,  $K_{qv}$  – коефіцієнти, які враховують параметри різця: головний ( $\varphi$ ) і допоміжний ( $\varphi_1$ ) кути у плані, радіус при вершині ( $r$ ), поперечний переріз державки (табл. 5.17) (див. п. 1.4, 3.5);

$K_{dv}$  – коефіцієнт, який враховує вид обробки (табл. 5.18);

$K_{ov}$  – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження (примітка до табл. 5.12).

Таблиця 5.16

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу  
різальної частини інструменту на швидкість різання**

Оброблюваний матеріал	Значення коефіцієнта $K_{iv}$ залежно від марки інструментального матеріалу (див. п. 1.2)						
Сталь конструкційна і стальне литво	T15K8	T5K10	T14K8	T15K6	T30K4	T7K12	BK8
	0,35	0,65	0,8	1,0	1,4	0,4	0,4
	P18, P9, P9Ф5		P18Ф2	P9K5	P10K5Ф5, P18K5Ф2		P9K10
	1,0		1,02	1,03	1,05		1,07
Сталь і сплави жароміцні	BK8	T5K10	T15K6	P18	—	—	—
	1,0	1,4	1,9	0,3	—	—	—
Сталь закалена	HRC 35...50				HRC 51...62		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Чавун сірий і ковкий	BK8	BK6	BK4	BK3	BK2	—	—
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25	—	—
Мідні та алюмінієві сплави	P18	P9	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A
	1,0	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5

Таблиця 5.17

**Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив параметрів різця  
на швидкість різання**

Головний кут у плані $\phi$ , градуси	$K_{\phi v}$	Допоміжний кут у плані $\phi_1$ , градуси*	$K_{\phi_1 v}$	Радіус при вершині $r$ , мм*	$K_{r v}$	Переріз державки різця, мм*	$K_{q v}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94	12×12 16×16	0,93
30	1,2	15	0,97	2	1,0	16×25 20×20	0,97
45	1,0	20	0,94	3	1,03	20×30 25×25	1,0
60	0,9	30	0,91	5	1,13	25×40 30×30	1,04
75	0,8	45	0,87	—	—	30×45 40×40	1,08
90	0,7	—	—	—	—	40×60	1,12

\* Враховують тільки для різців із різальною частиною зі швидкорізальної сталі.



**Поправковий коефіцієнт, який враховує вид обробки  
на швидкість різання**

Вид обробки	Співвідношення діаметрів $d:D$	Коефіцієнт $K_{db}$
Зовнішнє поздовжнє точіння	—	1,0
Поперечне точіння	0–0,4	1,24
	0,5–0,7	1,18
	0,8–1,0	1,04
Відрізання	—	1,0
Прорізування канавок	0,5–0,7	0,96
	0,8–0,95	0,84
Розточування	—	0,9

7.2. Швидкість різання, яка допускається верстатом, визначають за формулою, м/хв,

$$v_{верст} = \left\{ \frac{6120 \cdot N_{еф} \cdot K_n}{C_{PZ} \cdot t^{X_{PZ}} \cdot S_1^{Y_{PZ}} \cdot K_{PZ}} \right\}^{\frac{1}{1+n_{PZ}}},$$

де  $N_{еф}$  – ефективна потужність двигуна (з технічних характеристик верстата), кВт;

$K_n$  – коефіцієнт, який допускається перевантаженням верстата під час оброблення різальними пластинами:

- із твердого сплаву:  $K_n = 1,25$ ;
- швидкорізальними сталлями:  $K_n = 1$ .

Розрахунок коефіцієнта  $C_{PZ}$  й показників степеня  $X_{PZ}$ ,  $Y_{PZ}$ ,  $n_{PZ}$ ,  $K_{PZ}$  подано у п. 4.

7.3. Як розрахункову беремо меншу величину з розрахованих швидкостей  $v_{інстр}$  і  $v_{верст}$ .

Розрахункова швидкість різання (див. п. 7.1, 7.2):

$$v_{опт} = \min\{v_{верст}, v_{інстр}\}.$$

7.4. Якщо меншою швидкістю різання буде швидкість, яка допускається потужністю верстата ( $v_{верст}$ ), то треба уточнити оптимальну кількість проходів.

Щоб уточнити оптимальну кількість проходів, знаходимо коефіцієнт використання різця за стійкістю:

$$\eta_{\text{інстр}} = \frac{v_{\text{верст}}}{v_{\text{інстр}}}.$$

З табл. 5.19 обираємо кількість проходів  $i$ .

Таблиця 5.19

Визначення кількості проходів під час оброблення сталей і чавуну

Оброблюваний матеріал		Сталь вуглецева і легована		Чавун сірий
Матеріал інструмента		Твердий сплав	Швидкорізальна сталь	Твердий сплав
Кількість проходів $i$	1	$\eta_{\text{інстр}} \geq 0,90$	$\eta_{\text{інстр}} \geq 0,81$	$\eta_{\text{інстр}} \geq 0,96$
	2	$0,90 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,71$	$0,81 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,57$	$0,96 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,75$
	3	$0,71 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,61$	$0,57 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,46$	$0,75 > \eta_{\text{інстр}} \geq 0,64$
	4	$\eta_{\text{інстр}} < 0,61$	$\eta_{\text{інстр}} < 0,46$	$\eta_{\text{інстр}} < 0,64$

8. Після прийняття швидкості різання визначають розрахункову частоту обертання шпинделя і порівнюють з тією, яку має верстат.

8.1. Розраховуємо частоту обертання шпинделя, об/хв:

$$n_{\text{опт}} = \frac{1000 \cdot v_{\text{опт}}}{\pi \cdot D}.$$

8.2. З технічних характеристик верстата потрібно обрати до розрахункової частоти обертання шпинделя  $n_{\text{опт}}$  (див. п. 8.1) найближчу меншу частоту обертання шпинделя ( $n_k$ ) і найближчу більшу частоту обертання шпинделя ( $n_{k+1}$ ) (див. завдання).

8.3. Перевіряємо умову вигідності роботи з найближчою більшою частотою обертання за відношенням

$$\varepsilon > \varphi^{1-y},$$

де

$$\varepsilon = \frac{n_{\text{опт}}}{n_k};$$

$$\varphi = \frac{n_{k+1}}{n_k}.$$

Якщо  $v_{\text{опт}} = v_{\text{інстр}}$ , то  $y = y_v$  (розрахунок  $y_v$  див. п. 7.1).

Якщо  $v_{\text{опт}} = v_{\text{верст}}$ , то  $y = \frac{y_{Pz}}{1+n_{Pz}}$  (розрахунок  $y_{Pz}, n_{Pz}$  див. п. 4 або 7.2).

Якщо умова вигідності роботи з найближчою більшою частотою обертання шпинделя виконується, то  $n_{\phi} = n_{k+1}$ , якщо умова не виконується, то  $n_{\phi} = n_k$ .

9. Визначаємо фактичну швидкість різання.

9.1. Розраховуємо фактичну швидкість різання, м/хв,

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}.$$

9.2. Фактичний коефіцієнт використання різця з урахуванням допустимого перевантаження верстата

$$\eta_{\text{інстр.}\phi} = \frac{v_{\phi}}{v_{\text{інстр}}}.$$

Якщо цей коефіцієнт близький до одиниці, то можливості різця і потужність верстата використовуються повністю.

10. Визначаємо основний технологічний (машинний) час.

Основний технологічний час, хв,

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\phi} \cdot S_1},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку визначають за формулою, мм,

$$L = l + l_1 + l_2,$$

де  $l$  – довжина оброблюваної поверхні (див. п. 1.1);

$l_1$  – величина на врізання інструмента, беремо 3 мм;

$l_2$  – величина на вихід інструмента, мм, беремо 3 мм (цю величину враховують при умові закріплення заготовки у центрах);

$i$  – кількість проходів у певному переході (див. п. 7.4, якщо цей пункт не розраховували, тоді  $i = 1$ ).

Таблиця 5.20

## Завдання до виконання практичної роботи

Варіант	Оброблювана заготовка						Найбільша подача за висотою шорсткості [S] <sub>ш</sub> , мм/об	Спосіб закріплення заготовки	Модель верстата <sup>3</sup>
	Діаметр, мм		Довжина l <sub>0</sub> , мм	Припуск на сторону t <sub>0</sub> , мм	Матеріал заготовки та її технічні характеристики				
	зовнішній D	внутрішній d			Матеріал заготовки	Межа міцності при розтягу σ <sub>в</sub> , кгс/мм <sup>2</sup>			
1	40	–	150	4	38Х2МЮА	100	0,8	У патроні	1А616
2	120	–	800	8	Сталь 10	30	1,2	У центрах	1К62
3	90	40	1100	8	30ХРА	160	0,8	У патроні та центрі	1К62
4	40	–	150	5	Сталь 15	35	0,8	У патроні	1К62
5	80	–	600	7	30ХН2МФА	90	1,8	У центрах	1А62
6	100	60	1200	8	15Х12ВНМФ	75	0,9	У патроні та центрі	1Д63А
7	180	150	1200	8	18ХГ	90	1,5	У центрах	16Б30
8	40	10	200	4,5	Сталь 20	40	0,7	У патроні	1616
9	80	–	900	7	50Х	110	0,7	У патроні та центрі	1А62
10	160	–	1300	7	Сталь 80	110	1,4	У центрах	1616
11	70	30	250	5	Сталь 85	115	0,9	У патроні	1А616

<sup>3</sup> Технічні характеристики верстата наведено в табл. 5.21.

12	40	–	450	5	60Г	71	0,5	У патроні та центрі	16Б40
13	160	130	1200	5	Сталь 70	73	1,8	У центрах	1А62
14	60	20	250	5	15Х	70	0,8	У патроні	1Д63А
15	50	–	500	5	Сталь 50	57	0,5	У патроні й центрі	1К62
16	130	100	1000	8	Сталь 40	52	1,8	У центрах	1А62

Таблиця 5.21

## Технічні характеристики верстатів

Модель верстата. Основні розміри. Потужність двигуна	Ефективна потужність $N_{\text{еф}}$ , кВт	Частота обертання шпинделя $n$ , об/хв	Подача, $S_{\text{позд}}$ , мм/об	Допустима сила тяжіння, кгс	
				поздовжня	поперечна
<b>1A616</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 20$ мм, ширина $h = 20$ мм, $N_{\text{дв}} = 4,5$ кВт	3,4	11,2-18-28-45-56-71-90- 112-140-180-224-280- 355-450-560-710-900- 1120-1400-1800-2240	0,08-0,114-0,13-0,146-0,155- 0,16-0,193-0,228-0,26-0,292- 0,31-0,32-0,39-0,455-0,585-0,62- 0,65-0,78-0,91-1,04-1,17-1,24- 1,56	305	825
<b>1616</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 20$ мм, ширина $h = 20$ мм, $N_{\text{дв}} = 4,5$ кВт	3,4	44-63-91-120-173-248- 350-503-723-958-1380- 1980	0,06-0,07-0,09-0,1-0,12-0,14- 0,15-0,18-0,21-0,24-0,29-0,3- 0,36-0,42-0,47-0,57-0,6-0,71- 0,83-1,15	305	825
<b>1A62</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 25$ мм, ширина $h = 25$ мм, $N_{\text{дв}} = 8$ кВт	5,9	11,5-14,5-19-24-30- 37,5-46-58-76-96-120- 150-184-231-305-380- 480-600	0,082-0,088-0,10-0,11-0,12-0,13- 0,14-0,15-0,16-0,18-0,20-0,23- 0,24-0,25-0,28-0,30-0,33-0,35- 0,4-0,45-0,48-0,5-0,55-0,6-0,65- 0,71-0,8-0,91-0,96-1,1-1,11-1,21	360	525

Модель верстата. Основні розміри. Потужність двигуна	Ефективна потужність $N_{\text{еф}}$ , кВт	Частота обертання шпинделя $n$ , об/хв	Подача, $S_{\text{позд}}$ , мм/об	Допустима сила тяжіння, кгс	
				поздовжня	поперечна
<b>1К62</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 25$ мм, ширина $h = 25$ мм, $N_{\text{дв}} = 10$ кВт	8	12,5-16-20-25-31,5-40- 50-63-80-100-125-160- 200-250-315-400-500- 630-800-1000-1250- 1600-2000	0,070-0,074-0,084-0,097-0,11- 0,12-0,13-0,14-0,15-0,17-0,195- 0,21-0,23-0,26-0,28-0,30-0,34- 0,39-0,43-0,47-0,52-0,57-0,61- 0,70-0,78-0,87-0,95-1,04-1,14- 1,21-1,4-1,56-1,74-1,90-2,08- 2,28-2,42-2,8-3,12-3,48-3,8-4,16	360	550
<b>16Б30</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 25$ мм, ширина $h = 32$ мм, $N_{\text{дв}} = 13$ кВт	10,2	5-6,3-8-10-12,5-16-20- 25-31,5-40-50-63-80- 100-125-160-200-250- 315-400-500-630-800- 1000	0,09-0,10-0,11-0,12-0,13-0,14- 0,15-0,16-0,18-0,20-0,22-0,24- 0,26-0,28-0,30-0,31-0,36-0,40- 0,44-0,48-0,52-0,56-0,60-0,63- 0,72-0,80-0,88-0,96-1,04-1,12- 1,20-1,26	360	520
<b>1Д63А</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 40$ мм, ширина $h = 30$ мм, $N_{\text{дв}} = 10$ кВт	7,36	14-18-24-30-38-48-60- 75-95-118-150-190-230- 290-380-475-600-750	0,15-0,17-0,19-0,21-0,24-0,27- 0,3-0,33-0,38-0,42-0,48-0,54-0,6- 0,66-0,75-0,84-0,96-1,07-1,2- 1,33-1,5-1,7-1,9-2,15-2,4-2,65	550	825

Модель верстата. Основні розміри. Потужність двигуна	Ефективна потужність $N_{\text{еф}}$ , кВт	Частота обертання шпинделя $n$ , об/хв	Подача, $S_{\text{позд}}$ , мм/об	Допустима сила тяжіння, кгс	
				поздовжня	поздовжня
<b>16Б40</b> Найбільші розміри державки різця: висота $b = 25$ мм, ширина $h = 32$ мм, $N_{\text{дв}} = 17$ кВт	10,2	4-5-6,3-8-10-12,5-16- 20-25-31,5-40-50-63-80- 100-125-160-200-250- 315-400-500-630-800	0,09-0,10-0,11-0,12-0,13-0,14- 0,15-0,16-0,18-0,20-0,22-0,24- 0,26-0,28-0,30-0,31-0,36-0,40- 0,44-0,48-0,52-0,56-0,60-0,63- 0,72-0,80-0,88-0,96-1,04-1,12- 1,20-1,26	550	825



## *Приклад розрахунку режимів різання під час точіння*

Вихідні дані.

Оброблювана заготовка:

- діаметр зовнішній 160 мм,
- діаметр внутрішній 130 мм,
- довжина 950 мм,
- припуск на сторону 8 мм,
- марка матеріалу: сталь 45,
- межа міцності при розтягу  $\sigma_B$  65 кгс/мм<sup>2</sup>.

Найбільша подача по висоті шорсткості  $[S_{ш}]$  1,8 мм/об.

Спосіб закріплення заготовки: у центрах.

Модель верстата: 16Б30.

Потужність двигуна  $N_{дв} = 4,5$  кВт, ефективна потужність  $N_{еф} = 10,4$  кВт.

Частота обертання шпинделя, об/хв: 5-6,3-8-10-12,5-16-20-25-31,5-40-50-63-80-100-125-160-200-250-315-400-500-630-800-1000.

Найбільші розміри державки різця, мм:  $b \times h = 25 \times 32$  мм.

Подача  $S$ , мм/об: 0,09-0,10-0,11-0,12-0,13-0,14-0,15-0,16-0,18-0,20-0,22-0,24-0,26-0,28-0,30-0,31-0,36-0,40-0,44-0,48-0,52-0,56-0,60-0,63-0,72-0,80-0,88-0,96-1,04-1,12-1,20-1,26.

Допустима сила: поздовжня  $[P_{позд}] = 550$  кгс, поперечна  $[P_{поп}] = 825$  кгс.

### *Порядок виконання практичної роботи*

1. Обираємо марку інструментального матеріалу і геометричні параметри різальної частини інструмента. Визначаємо основні розміри інструмента.

1.1. Зображуємо схему обробки (рис. 5.1).

Спосіб закріплення заготовки – у центрах.

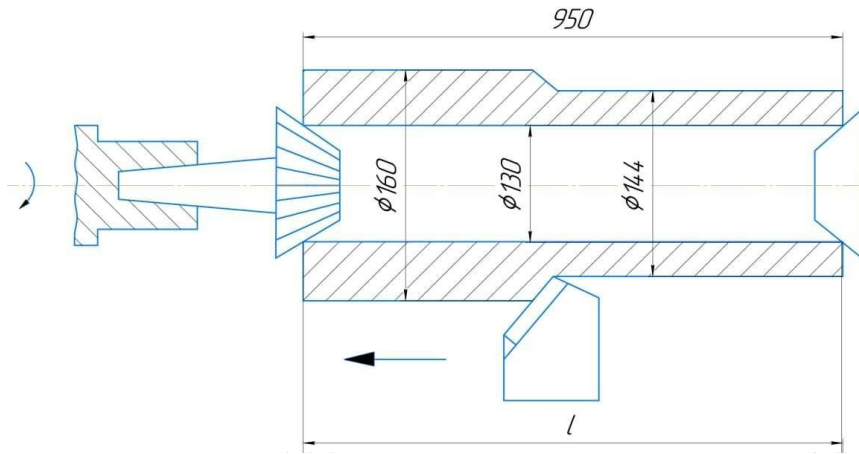


Рис. 5.1. Схема обробки заготовки у центрах

### 1.2. Обираємо матеріал різальної частини інструмента.

Оскільки у завданні заготовка штампована, то характером й умовою обробки є точіння чорнове по кірці та окалині за нерівномірного припуску і неперервного різання. Відповідно до табл. 5.2 обираємо матеріал різальної частини різального інструмента T14K8.

### 1.3. Обираємо матеріал державки різця.

Для державок різця обираємо сталь 45.

### 1.4. Обираємо переріз державки різця.

Оскільки у технічних характеристиках верстата найбільший розмір державки різця  $25 \times 32$ , то обираємо з табл. 5.3 висоту  $b = 25$  мм і ширину  $h = 25$  мм.

### 1.5. Обираємо форму передньої поверхні різця.

Форма передньої поверхні різця для оброблення сталі з  $\sigma_b = 65$  кгс/мм<sup>2</sup> і різальною частиною із твердого сплаву відповідно до табл. 5.4 – радіусна із фаскою (рис. 5.2).

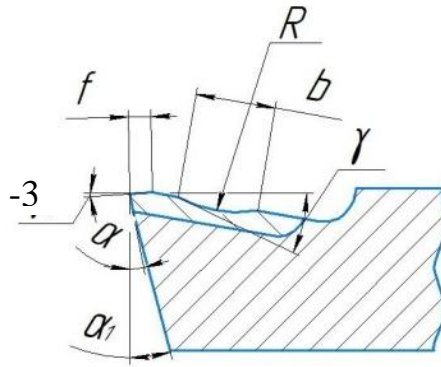


Рис. 5.2. Форма передньої поверхні різця – радіусна із фаскою

1.6. Обираємо геометрію різальної частини різця.

Геометрію різальної частини різця беремо з табл. 5.5, а саме  $\gamma_{\phi}^0 = -3^\circ$ ,  $\gamma^0 = 15^\circ$ .

2. Розраховуємо глибину різання:

$$t = 8, \text{ мм},$$

де  $t_0$  – припуск на сторону, мм (див. завдання).

3. Розраховуємо найбільш допустиму величину сили різання за всіма обмежувальними факторами.

3.1. Розраховуємо силу різання, яку допускає міцність заготовки, кгс,

$$[P_z]_{\text{мз}} = \frac{0,36 D_1^3}{l} (1 - \beta^4) [\sigma_{\text{зг}}],$$

$$\text{де } \beta = \frac{d}{D_1} = \frac{130}{144} = 0,90;$$

$[\sigma_{\text{зг}}]$ , – допустиме напруження під час згинання,

$$[\sigma_{\text{зг}}] = \frac{\sigma_{\text{в}}}{n} = \frac{65}{4} = 16,25, \text{ кгс/мм}^2;$$

$n$  – запас міцності, беремо 4.

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$[P_z]_{\text{мз}} = \frac{0,36 \cdot 144^3}{950} (1 - 0,8125^4) \cdot 16,25 = 6174 \text{ кгс}.$$

3.2. Розраховуємо силу різання, яку допускає жорсткість заготовки, кгс:

$$[P_z]_{\text{мз}} = 112000 \frac{D_1^4}{l^3} (1 - \beta^4) [\Delta y],$$

де  $[\Delta y]$  – допустимий прогин заготовки (величина деформації), беремо 0,2 мм.

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$[P_z]_{мз} = 112000 \frac{144^4}{950^3} (1 - 0,9^4) \cdot 0,2 = 3772 \text{ кгс.}$$

3.3. Розраховуємо силу різання, яку допускає механізм подачі, кгс,

$$[P_z]_{мп} = 2[P]_{позд},$$

де  $[P]_{позд}$  – допустима поздовжня сила з технічних характеристик верстата,

$$[P]_{позд} = 550 \text{ кгс.}$$

Отже,

$$[P_z]_{мп} = 2 \cdot 550 = 1100 \text{ кгс.}$$

3.4. Розраховуємо силу різання, яку допускає навантаження на задній центр, кгс:

$$[P_z]_{зц} = \frac{F_0 \cdot [q_0]}{\sqrt{1+\varepsilon^2}},$$

де  $F_0$  – площа проекції контактної поверхні центрального гнізда на осьову площу, мм<sup>2</sup>:

$$F_0 = \frac{D_0 + d_0}{2} \alpha_1;$$

$D_0$ ,  $d_0$ ,  $\alpha_1$  – розміри центрального отвору. Із табл. 5.6 обираємо  $D_0 = 32$  мм,  $d_0 = 16$  мм,  $\alpha_1 = 13,85$  мм,

$$F_0 = \frac{32+16}{2} 13,85 = 332,4, \text{ мм}^2;$$

значення  $\varepsilon$  беремо 0,5;

$[q_0]$  – допустимий тиск за необертаючого центру задньої бабки не має перевищувати 10 кгс/мм<sup>2</sup>.

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$[P_z]_{зц} = \frac{332,4 \cdot 10}{\sqrt{1+0,5^2}} = 2973, \text{ кгс.}$$

3.5. Розраховуємо силу різання, яка допускається міцністю пластини різця, кгс,

$$[P_z]_{пл} = 34 \cdot t^{0,77} \cdot C^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де  $C$  – товщина пластини з табл. 5.3,  $C = 7$  мм;

$\varphi$  – головний кут у плані, градуси. За умовами практичної роботи жорсткість системи ВПД недостатня, тому кут  $\varphi$  беремо 60°,

$$[P_z]_{\text{пл}} = 34 \cdot 8^{0,77} \cdot 7^{1,35} \left( \frac{\sin 60^\circ}{\sin 60^\circ} \right)^{0,8} = 2332, \text{ кгс.}$$

3.6. Силу різання, яка допускається міцністю державки різця, розраховуємо за формулою, кгс,

$$[P_z]_{\text{др}} = \frac{b \cdot h^2 \cdot [\sigma_{\text{зг}}]}{6l},$$

де  $b$  – ширина державки різця, мм;

$h$  – висота державки різця, мм;

$l$  – виліт різця, мм. Зазвичай  $l = 1,5 \cdot 25 = 37,5$  мм;

$[\sigma_{\text{зг}}]$  – допустиме напруження під час згинання, кгс/мм<sup>2</sup>. Для державок різця зі сталі 45  $[\sigma_{\text{зг}}] = 24$  кгс/мм<sup>2</sup>.

Підставляємо отримані значення у формулу:

$$[P_z]_{\text{др}} = \frac{25 \cdot 25^2 \cdot 24}{6 \cdot 37,5} = 1667, \text{ кгс.}$$

4. Розраховуємо найбільшу допустиму подачу.

Найбільшу подачу, яка допускається за величиною сили різання, розраховуємо за формулою, мм/об:

$$[S]_p = \left\{ \frac{[P_z]}{C_{Pz} \cdot t^{X_{Pz}} \cdot v^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz}} \right\}^{\frac{1}{y_{Pz}}},$$

де  $C_{Pz}$  – коефіцієнт, а  $X_{Pz}$ ,  $n_{Pz}$ ,  $y_{Pz}$  – показники степеня. Оскільки різальна частина різця із твердого сплаву, з табл. 5.7 обираємо такі значення:  $C_{Pz} = 300$ ,  $X_{Pz} = 1,0$ ,  $n_{Pz} = -0,15$ ,  $y_{Pz} = 0,75$ ;

$K_{Pz}$  – загальний поправковий коефіцієнт на зміну умов роботи:

$$K_{Pz} = K_{M_p} \cdot K_{\varphi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p},$$

де  $K_{M_p}$  – коефіцієнт, який враховує механічні властивості оброблюваного матеріалу (табл. 5.8),

$$K_{M_{pz}} = \left( \frac{\sigma_B}{75} \right)^{n_p};$$

$n_p$  – для конструкційної сталі, за  $\sigma_B = 65$  кгс/мм<sup>2</sup> коефіцієнт  $n_p = 0,75$ .

Підставимо всі відомі значення у формулу, отримаємо

$$K_{M_{pz}} = \left( \frac{65}{75} \right)^{0,75} = 0,898;$$

$K_{\varphi_p}$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив параметрів різця на сили різання головного кута у плані  $\varphi$ . Кут у плані  $\varphi = 60^\circ$ , отже  $K_{\varphi_p} = 0,94$  (табл. 5.9);

$K_{\gamma_p}$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив параметрів різця на сили різання переднього кута  $\gamma$ . Передній кут  $\gamma_\phi^0 = -3^\circ$ , отже  $K_{\gamma_p} = 1,25$  (табл. 5.9);

$K_{\lambda_p}$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив параметрів різця на сили різання кута нахилу  $\lambda$  різальної крайки. Кут нахилу  $\lambda$  різальної крайки не вказано, отже,  $\lambda = 0^\circ$ , а  $K_{\lambda_p} = 1,0$  (табл. 5.9);

$K_{r_p}$  – поправковий коефіцієнт, який враховує вплив параметрів різця на сили різання радіуса  $r$  при вершині. Оскільки матеріал різальної частини різального інструмента із твердого сплаву, то  $K_{r_p} = 1,0$  (табл. 5.9);

$$K_{P_z} = 0,898 \cdot 0,94 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,06;$$

$v$  – швидкість різання, м/хв. Беремо 100 м/хв,

$$[S]_p = \left\{ \frac{1100}{300 \cdot 8^{1,1} \cdot 100^{-0,15} \cdot 1,06} \right\}^{\frac{1}{0,75}} = 0,83 \text{ мм/об.}$$

5. Порівнюємо значення подачі, яка допускається за величиною сили різання і за шорсткістю оброблюваної поверхні. Надалі розрахунок ведемо за меншою подачею.

З вихідних даних беремо найбільшу подачу за висотою шорсткості:  $[S]_{\text{ш}} = 1,8$  мм/об. Із п. 4 беремо максимальну величина подачі за силою різання:  $[S]_p = 0,83$  мм/об. Вибираємо з них найменшу, тобто  $[S] = 0,83$  мм/об.

6. За отриманою подачею підбираємо фактичну, яку має верстат.

Із технічних характеристик верстата до  $[S]$  обираємо:

– найближчу меншу подачу:  $S_q = 0,80$  мм/об;

– найближчу більшу подачу:  $S_{q+1} = 0,88$  мм/об.

Кінцеве вибране значення подачі  $S_1$  для роботи в один прохід не має перевищувати 10 %, тобто

$$1,1 \cdot [S] = 1,1 \cdot 0,83 = 0,913.$$

Якщо  $S_{q+1} \leq 1,1[S]$ , то обираємо подачу  $S_1 = S_{q+1}$ ; якщо  $S_{q+1} > 1,1[S]$ , то обираємо подачу  $S_1 = S_q$ .

Підставимо дані у вираз, маємо  $0,88 < 0,913$ , отже, обираємо

$$S_1 = S_{q+1} = 0,88 \text{ мм/об.}$$

7. Розраховуємо швидкість різання, яка допускається стійкістю різця і потужністю верстата.

7.1. Швидкість різання, яка допускається різцем за один прохід, м/хв,

$$v_{\text{інстр}} = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot t^{X_v} \cdot S_1^{Y_v}},$$

де  $T$  – період стійкості різця, беремо 60 хв.

Значення коефіцієнта пропорційності  $C_v = 340$  та показників ступеня  $X_v = 0,15$ ,  $Y_v = 0,45$ ,  $m = 0,20$  обрано з табл. 5.10.

Знаходимо  $K_v$  – поправковий коефіцієнт на швидкість різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Cv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{\phi 1v} \cdot K_{rv} \cdot K_{qv} \cdot K_{dv} \cdot K_{ov},$$

де  $K_{Mv}$  – коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу (див. табл. 5.11),

$$K_{M_v} = \frac{75}{\sigma_b} = \frac{75}{65} = 1,15;$$

$K_{Cv}$  – коефіцієнт, який враховує стан матеріалу заготовки. Поверхнею заготовки є прокат гарячекатаний, тому  $K_{Cv} = 1,0$  (див. табл. 5.12);

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки. Поверхнею заготовки є прокат із кіркою, отже  $K_{nv} = 0,9$  (див. табл. 5.13);

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різальної частини. Оскільки матеріал різальної частини Т14К8, то  $K_{iv} = 0,8$  (див. табл. 5.14);

$K_{\phi v}$ ,  $K_{\phi 1v}$ ,  $K_{rv}$ ,  $K_{qv}$  – коефіцієнт, який враховує параметри різця: головний ( $\phi$ ) і допоміжний ( $\phi_1$ ) кути у плані, радіус при вершині ( $r$ ), поперечний переріз державки. Оскільки матеріал різальної частини різця – твердий сплав, то потрібний тільки  $K_{\phi v} = 0,9$  (див. табл. 5.15);

$K_{dv}$  – коефіцієнт, який враховує вид оброблювання. Оскільки оброблювання – зовнішнє поздовжнє точіння, то  $K_{dv} = 1,0$  (див. табл. 5.16);

$K_{ov}$  – коефіцієнт, який враховує наявність охолодження. Оскільки різальний матеріал різця – твердий сплав, то цей коефіцієнт не враховуємо (див. примітку до табл. 5.10).

Отримуємо:

$$K_v = 1,15 \cdot 1,0 \cdot 0,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,75.$$

Підставимо отримані значення у формулу:

$$v_{instr} = \frac{340 \cdot 0,75}{60^{0,2} \cdot 8^{0,15} \cdot 0,88^{0,45}} = 86,91 \text{ м/хв.}$$

7.2. Допустиму швидкість різання верстата визначаємо за формулою, м/хв,

$$v_{верст} = \left\{ \frac{6120 \cdot N_{ef} \cdot K_n}{C_{pz} \cdot t^{xpz} \cdot S_1^{ypz} \cdot K_{pz}} \right\}^{\frac{1}{1+n_{pz}}},$$

де  $N_{ef}$  – ефективна потужність двигуна, з технічних характеристик верстата,  $N_{ef} = 10,4$  кВт;

$K_n$  – коефіцієнт, який допускається перевантаженням верстата. Якщо під час оброблення використовують твердосплавні різці,  $K_n = 1,25$ , то

$$v_{верст} = \left\{ \frac{6120 \cdot 10,4 \cdot 1,25}{300 \cdot 8^{1,0} \cdot 0,88^{0,75} \cdot 1,06} \right\}^{\frac{1}{1-0,15}} = 64,60 \text{ м/хв.}$$

6.3. Як розрахункову беремо меншу величину з розрахованих швидкостей  $v_{instr}$  та  $v_{верст}$ .

Розрахункова швидкість різання

$$v_{opt} = \min\{v_{верст}, v_{instr}\} = \min\{64,60; 86,91\} = v_{верст} = 64,60 \text{ м/хв.}$$

6.4. Оскільки менша швидкість різання є швидкістю, яка допускається потужністю верстата ( $v_{верст}$ ), то уточнюємо оптимальну кількість проходів. Для цього визначаємо коефіцієнт використання різця за стійкістю:

$$\eta_{instr} = \frac{v_{верст}}{v_{instr}} = \frac{86,91}{64,60} = 1,34.$$

За табл. 5.17 обираємо кількість проходів:  $i = 1$ .

8. Відповідно до прийнятої швидкості різання визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя і порівнюємо з такою, яку має верстат.

8.1. Розраховуємо частоту обертання шпинделя:



$$n_{\text{опт}} = \frac{1000 \cdot \vartheta_{\text{опт}}}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 64,60}{3,14 \cdot 160} = 129 \text{ об/хв.}$$

8.2. З технічних характеристик верстата обираємо найближчу меншу частоту обертання шпинделя,  $n_k = 125 \text{ об/хв}$ , та найближчу більшу,  $n_{k+1} = 160 \text{ об/хв}$ .

8.3. Перевіряємо умову вигідності роботи з найближчою більшою частотою обертання за відношенням

$$\varepsilon > \varphi^{1-y},$$

$$\text{де } \varepsilon = \frac{n_{\text{опт}}}{n_k} = \frac{129}{125} = 1,0286;$$

$$\varphi = \frac{n_{k+1}}{n_k} = \frac{160}{125} = 1,28.$$

Оскільки  $\vartheta_{\text{опт}} = \vartheta_{\text{верст}}$ , то

$$y = \frac{y_{Pz}}{1+n_{Pz}} = \frac{0,75}{1-0,15} = 0,88,$$

$$\varphi^{1-y} = 1,28^{1-0,88} = 1,0295.$$

Підставляємо отримані дані в умову вигідності верстата:

$$1,0286 < 1,0295.$$

Оскільки умова роботи з найближчою більшою частотою обертання шпинделя не виконується, то  $n_{\phi} = n_k = 125 \text{ об/хв}$ .

9. Визначаємо фактичну швидкість різання.

9.1. Розраховуємо фактичну швидкість різання:

$$\vartheta_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 125}{1000} = 62,8, \text{ м/хв.}$$

9.2. Фактичний коефіцієнт використання різця з урахуванням допустимого перевантаження верстата

$$\eta_{\text{інстр.ф}} = \frac{\vartheta_{\phi}}{\vartheta_{\text{інстр}}} = \frac{62,8}{86,91} = 0,74.$$

Можливості різця і потужність верстата використовуються на 74 %.

10. Визначаємо основний технологічний (машинний) час, хв:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\phi} \cdot S_1},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку знаходять за формулою, мм,

$$L = l + l_1 + l_2,$$

$l$  – довжина оброблюваної поверхні,  $l = 950$  мм;

$l_1$  – величина на врізання інструмента, беремо 3 мм;

$l_2$  – величина на вихід інструмента, мм, беремо 3 мм.

Тоді

$$L = 950 + 3 + 3 = 956 \text{ мм},$$

*Величина  $i$*  – кількість проходів у цьому переході,  $i = 1$ .

Таким чином основний технологічний час

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n_{\phi} \cdot S_1} = \frac{956 \cdot 1}{125 \cdot 0,88} = 8,69, \text{ хв.}$$

## ПРАКТИЧНА РОБОТА 6

### РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПІД ЧАС ФРЕЗЕРУВАННЯ

#### Порядок виконання практичної роботи

Варіанти завдань наведено табл. 6.13.

1. Обираємо різальний інструмент.

1.1. Розраховуємо діаметр для фрези, мм:

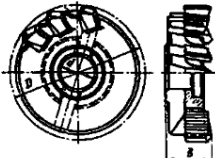
$$D_{розр.} = (1,25-1,5)B,$$

де  $B$  – ширина плити (див. завдання).

1.2. Обираємо різальний інструмент – фрезу із табл. 6.1–6.4 (діаметр фрези  $D$  і кількість зубців фрези  $Z$ ). Діаметр фрези беремо з діапазону, який отримано в п. 1.1. Якщо в діапазоні немає такого діаметра, обираємо найближчий більший діаметр.

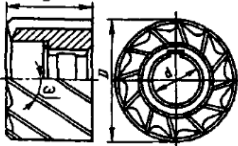
Таблиця 6.1

Торцеві насадні фрези зі вставними ножами із швидкорізальної сталі

			
$D$	$B$ (h16)	$d$	Кількість зубців $Z$
100	40	32	10
125	40	40	14
160	45	50	16
200	45	50	20
250	45	50	26

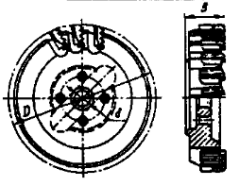
Таблиця 6.2

Торцеві насадні фрези зі вставними ножами із швидкорізальної сталі

			
$D$	$L$	$d$ (H7)	Кількість зубців $Z$
40	32	16	10
50	36	22	12
63	40	27	14
80	45	32	16
100	50	32	18

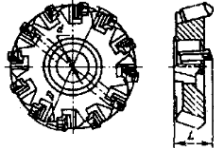
Таблиця 6.3

**Торцеві насадні фрези зі вставними ножами,  
оснащені пластинами із твердого сплаву**

			
<i>D</i>	<i>B</i>	<i>d</i> (H7)	Кількість зубців <i>Z</i>
100	39	32	10
125	42	40	12
160	46	50	16
200	46	50	20
250	47	50	24
315	66	60	30
400	66	60	36
500	71	60	44
630	71	60	52

Таблиця 6.4

**Торцеві насадні фрези зі вставними ножами,  
оснащені пластинами із твердого сплаву**

			
<i>D</i>	<i>L</i>	<i>d</i> (H7)	Кількість зубців <i>Z</i>
100	50	32	8
125	55	40	8
160	60	50	10
200	60	50	12
250	75	60	14
315	75	60	18
400	85	60	20
500	85	60	26
630	85	60	30

1.3. Обираємо матеріал пластин фрези.

Для чорнового фрезерування пластини із швидкорізальної сталі (табл. 6.1, 6.2) можна взяти Р6М5, Р14Ф4, Р9Ф5.

Для чорнового фрезерування пластини із твердого сплаву (табл. 6.3, 6.4) можна взяти Т15К6, Т5К10.

2. Вибираємо для фрезерування подачу на зуб  $S_z$ , мм/зуб.

Подачу на зуб під час чорнового фрезерування торцевими фрезами із пластинами із твердого сплаву обираємо з табл. 6.5. Беремо будь-яке число з діапазону, який залежить від потужності верстата.

Подачу на зуб під час чорнового фрезерування торцевими фрезами із пластинами із швидкорізальної сталі обираємо з табл. 6.6. Беремо будь-яке число з діапазону, який залежить від потужності верстата й жорсткості системи заготовка – пристрій (наприклад, беремо середню).

Таблиця 6.5

**Подача під час чорнового фрезерування торцевими фрезами  
із пластинами із твердого сплаву**

Потужність верстата, кВт (див. завдання)	15 класів сталей з твердого стану			
	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб $S_z$ , мм/зуб, під час оброблення			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5–10	0,09–0,18	0,12–0,18	0,14–0,24	0,20–0,29
≥ 10	0,12–0,18	0,16–0,24	0,18–0,28	0,25–0,38

Таблиця 6.6

**Подача під час чорнового фрезерування торцевими фрезами  
із пластинами із швидкорізальної сталі**

Потужність верстата, кВт (див. завдання)	Жорсткість системи «заготовка – пристрій»	Подача на зуб $S_z$ , мм/зуб при обробці	
		конструкційних сталей	чавуну і мідних сплавів
> 10	Підвищена	0,20–0,30	0,40–0,60
	Середня	0,15–0,25	0,30–0,50
	Знижена	0,10–0,15	0,20–0,30
5–10	Підвищена	0,12–0,20	0,30–0,50
	Середня	0,08–0,15	0,20–0,40
	Знижена	0,06–0,10	0,15–0,25
< 5	Середня	0,06–0,07	0,15–0,30
	Знижена	0,04–0,06	0,10–0,20

3. Розраховуємо швидкість різання під час фрезерування за формулою, м/хв.,

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v,$$

де коефіцієнт  $C_v$  і значення показників степеня  $q, m, y, x, u, p$  наведено в табл. 6.7;

$T$  – період стійкості (табл. 6.8);

$t$  – глибина різання, мм (див. завдання);

Таблиця 6.7

### Значення коефіцієнта $C_v$ і показників степеня у формулі швидкості різання

Матеріал різальної частини фрези	Операція	Подача на зуб $S_z$ , мм/зуб	Коефіцієнт і показники степеня у формулі швидкості різання						
			$C_v$	$q$	$x$	$y$	$u$	$p$	$t$
Твердий сплав <sup>1</sup>	Фрезерування площини	–	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
Швидкорізальна сталь <sup>2</sup>		≤0,1	64,7	0,25	0,1	0,2	0,15	0	0,2
		>0,1	41			0,4			

<sup>1</sup> Без охолодження.

<sup>2</sup> З охолодженням.

Таблиця 6.8

Середнє значення періоду стійкості $T$ фрез											
Стійкість $T$ , хв, за діаметра фрези, мм											
20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
–		120	180					240		300	400

$K_v$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv}$$

$K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал оброблюваної заготовки, для сталі розраховують за формулою

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v},$$

коефіцієнт  $K_r$  і показник степені  $n_v$  у цій формулі обираємо з табл. 6.9;

Таблиця 6.9

Значення коефіцієнта $K_r$ і показника степеня $n_v$				
Межа міцності під час розтягу $\sigma_B$ , МПа (див. завдання)	Коефіцієнт $K_r$ для матеріалу інструмента		Показник степеня $n_v$	
	із швидкорізальної сталі	із твердого сплаву	із швидкорізальної сталі	із твердого сплаву
< 450	1,0	1,0	–0,9	1,0
450–550	1,0	1,0	–0,9	1,0
> 550	1,0	1,0	0,9	1,0

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (табл. 6.10);

Таблиця 6.10

Поправковий коефіцієнт, який враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

Стан поверхні заготовки	
без кірки	із кіркою

	прокат	поковка	стальне і чавунне лиття		мідні й алюмінієві сплави
			звичайне	з забрудненою кіркою	
коефіцієнт $K_{nv}$					
1,0	0,9	0,8	0,8–0,85	0,5–0,6	0,9

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різальної частини інструмента (табл. 6.11).

Таблиця 6.11

**Поправковий коефіцієнт  $K_{iv}$ , який враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання**

Марка інструментального матеріалу (за п. 1.3)	Значення коефіцієнта $K_{iv}$
P6M5	1,0
P6M3	1,0
P9K5	1,0
T5K10	0,65
T5K12B	0,35
T15K6	1,15
T14K8	0,8

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя.

4.1. Розраховуємо частоту обертання шпинделя за формулою, об/хв,

$$n = \frac{1000 \cdot \vartheta}{\pi \cdot D}.$$

4.2 Обираємо найближчу більшу частоту обертання шпинделя за технічними характеристиками верстата (див. завдання):  $n_{\phi}$ , об/хв.

5. Розраховуємо фактичну швидкість різання, м/хв:

$$\vartheta_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000}.$$

6. Розраховуємо силу різання, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n_{\phi}^w} \cdot K_{mp},$$

коефіцієнт  $C_p$  і значення показників степеня  $q, y, x, u, w$  наведено в табл. 6.12;

Таблиця 6.12

**Значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степеня у формулі сили різання**

Матеріал різальної частини	Коефіцієнт і показники степеня					
	$C_p$	$x$	$y$	$u$	$q$	$w$

інструмента (див. п. 1.3)						
Твердий сплав	825	1,0	0,75	1,1	1,3	0,2
Швидкорізальна сталь	82,5	0,95	0,8	1,1	1,1	0

$K_{mp}$  – поправковий коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу,

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

$n = 0,3$  для фрези з різальною частиною із твердого сплаву і швидкорізальної сталі.

7. Розраховуємо крутний момент, Нм:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}.$$

8. Визначаємо ефективну потужність різання за формулою, кВт:

$$N_{ef} = \frac{P_z \cdot \vartheta_\phi}{1020 \cdot 60}.$$

9. Порівнюємо потужність із паспортом верстата:

$$N_{ef} < N_{дв}.$$

Якщо умова виконується, то верстат може здійснювати фрезерування.

10. Визначаємо основний технологічний час, хв.:

$$T_{очн} = \frac{L \cdot i}{S_z \cdot Z \cdot n_\phi},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку знаходять за формулою, мм,

$$L = l + l_1 + l_2;$$

$l$  – довжина плити (див. завдання);

$l_1$  – величина на врізання інструменту, мм,  $l_1 = 2 - 4$  мм;

$l_2$  – величина на перебіг інструменту, мм,  $l_2 = \frac{D}{4}$ , мм;

$i$  – кількість проходів у цьому переході (див. завдання).



Завдання до виконання практичної роботи<sup>4</sup>

Варіант	Ширина плити В, мм	Глибина різання t, мм	Довжина плити l, мм	Оброблювана заготовка			Інформація про технічні характеристики верстата		
				Матеріал заготовки	Твердість за Брінелем НВ	Межа міцності при розтягу $\sigma_B$ , МПа	Модель верстата	Потужність верстата $N_{дв}$ , кВт	Частота обертання шпинделя $n_f$ , об/хв
1	180	5	465	Сталь 10	143	300	6540	7,5	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
2	120	1,5	849	38Х2МЮА	229	1000	6А56	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
3	140	2,5	567	30ХРА	241	1600	6А59	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
4	280	3,5	763	30ХН2МФА	269	900	6540	7,5	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
5	26	4,5	378	сталь 15	149	350	6550	10	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
6	60	3	100	15Х12ВНМФ	229	750	6540	7,5	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
7	300	4	600	18ХГ	187	900	6А56	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
8	120	5	300	сталь 20	163	400	6А59	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
9	220	1,5	500	50Х	229	1100	6А56	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
10	80	2,5	200	сталь 80	285	1100	6Р10	3	50; 63; 90, 150, 450, 550, 750, 900, 1020, 1250, 1420; 1600; 1800; 2000; 2240
11	140	3,5	250	сталь 85	302	1150	6550	10	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
12	32	4,5	500	60Г	269	710	6540	7,5	31,5; 45; 63; 90; 125 160; 180; 250; 355; 500; 710; 1000; 1400; 1600
13	50	1	200	сталь 70	269	730	6Р10	3	50; 63; 90, 150, 450, 550, 750, 900, 1020, 1250, 1420; 1600; 1800; 2000; 2240
14	160	2	350	15Х	179	700	6560	15	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
15	240	3	450	сталь 50	241	570	6А56	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250
16	50	4	273	сталь 40	217	520	6А59	22	25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250

<sup>4</sup>Кількість проходів у цьому переході,  $i = 1$ .

### *Приклад виконання роботи*

Довжина плити  $l = 200$  мм .

Ширина плити  $B = 50$  мм.

Глибина різання  $t = 4$  мм.

Кількість проходів у цьому переході  $i = 1$ .

Марка заготовки: сталь 45.

Твердість за Брінелем HB: 229.

Межа міцності при розтягу  $\sigma_B$ , МПа: 650.

Модель верстата: 6A59.

Потужність верстата  $N_{дв} = 22$  кВт.

Частота обертання шпинделя  $n_f$ , об/хв: 25, 40, 80, 100, 125, 200, 315, 400, 500, 630, 800; 1000; 1250.

### *Порядок виконання практичної роботи*

1. Обираємо різальний інструмент.

1.1. Розраховуємо діаметр для вибору фрези, мм:

$$D_{розр.} = (1,25-1,5)B,$$

де  $B$  – ширина плити;

$$D_{розр1.} = 1,25 \cdot 50 = 62,5;$$

$$D_{розр2.} = 1,5 \cdot 50 = 75.$$

1.2. Обираємо різальний інструмент – фрезу з табл. 6.2.

Торцева насадна фреза зі вставними ножами із швидкорізальної сталі:

– діаметр фрези,  $D = 63$  мм;

– кількість зубців фрези,  $Z = 14$ .

1.3. Обираємо матеріал пластин фрези

У фрези пластина із швидкорізальної сталі P6M5.

2. Обираємо для фрезерування подачу на зуб  $S_Z$ , мм/зуб.

Подачу на зуб під час чорнового фрезеруванні торцевими фрезами із пластинами із твердого сплаву обираємо з табл. 6.6. Потужність верстата відповідно до завдання становить 22 кВт, жорсткість системи «заготовка – пристрій» беремо підвищеною, тому  $S_Z = 0,30$  мм/зуб.

3. Розраховуємо швидкість різання під час фрезерування за формулою

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_Z^y \cdot B^u \cdot Z^p} K_v,$$

з табл. 6.7 коефіцієнт  $C_v = 41$  і значення показників степеня  $q = 0,25$ ,  $x = 0,1$ ,  $y = 0,4$ ,  $u = 0,15$ ,  $p = 0$ ,  $m = 0,2$ ;

$T$  – період стійкості за табл. 6.8,  $T = 180$  хв;

$K_v$  – загальний поправковий коефіцієнт, який враховує фактичні умови роботи:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv};$$

$K_{Mv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал оброблюваної заготовки, для сталі розраховуємо його за формулою

$$K_{Mv} = K_r \left( \frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}.$$

З табл. 6.9 коефіцієнт  $K_r = 1,0$  й показник степеня  $n_v = 0,9$ ,

$$K_{Mv} = 1,0 \left( \frac{750}{650} \right)^{0,9} = 1,14;$$

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки (див. табл. 6.10). Вважатимемо, що поверхня без кірки, тому  $K_{nv} = 1,0$ ;

$K_{iv}$  – коефіцієнт, який враховує матеріал різальної частини інструмента (див. табл. 6.11). Оскільки матеріал різальної частини різця Р6М5, то  $K_{iv} = 1$ ,

$$K_v = 1,14 \cdot 1 \cdot 1 = 1,14;$$

$$v = \frac{41 \cdot 63^{0,25}}{180^{0,2} \cdot 4^{0,1} \cdot 0,3^{0,4} \cdot 50^{0,15} \cdot 14^0} 1,14 = 36 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо частоту обертання шпинделя.

4.1. Частоту обертання шпинделя розраховуємо за формулою

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 36}{3,14 \cdot 63} = 184 \text{ об/хв.}$$

4.2. Обираємо найближчу більшу частоту обертання шпинделя за паспортом верстата:  $n_{\phi} = 200$  об/хв.

5. Розраховуємо фактичну швидкість різання:

$$v_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 63 \cdot 200}{1000} = 40 \text{ м/хв.}$$

6. Розраховуємо силу різання, Н:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^q \cdot n_{\phi}^w} \cdot K_{mp},$$

із табл. 6.12 коефіцієнт  $C_p = 82,5$  і значення показників степеня  $x = 0,95$ ,  $y = 0,8$ ,  $u = 1,1$ ,  $q = 1,1$ ,  $w = 0$ ;

$K_{mp}$  – поправковий коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n,$$

$n = 0,3$  для фрези з різальною частиною із швидкорізальної сталі,

$$K_{mp} = \left( \frac{650}{750} \right)^{0,3} = 0,96;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 4^{0,95} \cdot 0,3^{0,8} \cdot 50^{1,1} \cdot 14}{63^{1,1} \cdot 200^0} \cdot 0,96 = 12224 \text{ Н.}$$

7. Розраховуємо крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{12224 \cdot 63}{200} = 3850 \text{ Нм.}$$

8. Визначаємо ефективну потужність різання за формулою

$$N_{еф} = \frac{P_z \cdot v_{\phi}}{1020 \cdot 60} = \frac{12224 \cdot 40}{1020 \cdot 60} = 4,94 \text{ кВт.}$$

9. Порівнюємо потужність із паспортом верстата:

$$N_{еф} < N_{дв};$$

$$4,94 < 22.$$

Умова виконується, отже верстат може здійснювати фрезерування.

10. Визначаємо основний технологічний час, хв:

$$T_{осн} = \frac{L \cdot i}{S_z \cdot Z \cdot n_{\phi}},$$

де  $L$  – розрахункова довжина обробки, яку обчислюють за формулою, мм,

$$L = l + l_1 + l_2;$$

$l$  – довжина плити (див. завдання);

$l_1$  – величина на врізання інструменту, мм, беремо  $l_1 = 3$  мм;

$l_2$  – величина на перебіг інструменту, мм,

$$l_2 = \frac{D}{4} = \frac{63}{4} = 15,75 \text{ мм};$$

$$L = 200 + 3 + 15,75 = 218,75 \text{ мм.}$$

Отже, основний технологічний час

$$T_{\text{осн}} = \frac{218,75 \cdot 1}{0,3 \cdot 14 \cdot 200} = 0,42 \text{ хв.}$$

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Нефедов Н. А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту : учебн. пособие для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент» / Н. А. Нефедов, К. А. Осипов. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. ; Машиностроение, 1990. – 448 с.
2. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. Часть 1. – М. : Машиностроение, 1974. – 415 с.
3. Расчет режимов резания при точении : учебное пособие для студентов спец. 1207 / Сост. В. В. Коваленко, С. С. Добрянский, В. Г. Беланенко. – Київ : КПИ, 1987 – 64 с.
4. Технологія конструкційних матеріалів : підручник / М. А. Сологуб, І О. Рожнецький. – 2-е вид. – Київ : Вища шк., 2002. – 374 с.
5. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4 изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 653 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. / Под. ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4 изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 2. – 496 с.