

**Міністерство освіти і науки України**  
**Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя**  
**Кафедра технології машинобудування**

**Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я.**

**ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ,  
РЕЖИМИ РІЗАННЯ,  
ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ  
МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

**Навчально-методичний посібник**

Тернопіль  
2019

УДК 621.01+621.937+621.7

П14

Автори:

*Паливода Ю. Є.*, канд. тех. наук, професор;

*Дячун А. Є.*, канд. тех. наук, доцент;

*Лещук Р. Я.*, канд. тех. наук, доцент.

Рецензент:

*Ч. В. Пулька*, докт. тех. наук, професор.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні  
кафедри технології машинобудування  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 8 від 23 квітня 2019 р.

Схвалено та рекомендовано до друку на засіданні  
факультету інженерії машин, споруд та технологій  
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.  
Протокол № 9 від 27 червня 2019 р.

П 14 Паливода Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне  
нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник /  
Паливода Ю.Є., Дячун А.Є., Лещук Р.Я. – Тернопіль : Тернопільський  
національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.

УДК 621.01+621.937+621.7

© Паливода Ю. Є., Дячун А. Є.,  
Лещук Р. Я.,.....2019  
© Тернопільський національний технічний  
університет імені Івана Пулюя,..... 2019

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА .....	7
1.1. ВИМОГИ ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ .....	7
<b>1.2. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ .....</b>	<b>9</b>
1.2.1. ВУГЛЕЦЕВІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ .....	9
1.2.2. ЛЕГОВАНІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ .....	10
1.2.3. ШВИДКОРІЖУЧІ СТАЛІ .....	12
<b>1.3. ТВЕРДІ СПЛАВИ .....</b>	<b>17</b>
1.3.1. ТИТАНОВЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ .....	18
1.3.2. ВЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ .....	19
1.3.3. ТИТАНОТАНТАЛОВЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ .....	21
1.3.4. БЕЗВЛЬФРАМОВІ ТВЕРДІ СПЛАВИ .....	21
<b>1.4. КЕРАМІЧНІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ .....</b>	<b>26</b>
<b>1.5. АЛМАЗИ ТА ІНШІ НАДТВЕРДІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ .....</b>	<b>27</b>
<b>1.6. АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ .....</b>	<b>30</b>
<b>2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ .....</b>	<b>32</b>
<b>2.1. ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИБОРУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ .....</b>	<b>35</b>
<b>3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ДЛЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ .....</b>	<b>37</b>
<b>3.1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ .....</b>	<b>37</b>
<b>3.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ .....</b>	<b>42</b>
3.3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ, РОЗСВЕРДЛЮВАННІ, ЗЕНКЕРУВАННІ І РОЗВЕРТАННІ .....	55
3.4. ФРЕЗЕРУВАННЯ .....	63
3.5. СТРУГАННЯ ТА ДОВБАННЯ .....	74
3.6. ПРОТЯГУВАННЯ .....	76
3.7. НАРІЗУВАННЯ РІЗИ .....	79
3.8. ШЛІФУВАННЯ .....	88
3.9. РОЗРІЗУВАННЯ .....	91
<b>4. ОСОБЛИВОСТІ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ДЛЯ ІНШИХ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ .....</b>	<b>91</b>

5. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ.....	93
5.1. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТО- ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ ТОКАРНИХ НАПІВАВТОМАТАХ .....	94
5.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ НА БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ .....	98
5.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННЮ .....	99
6. ПРИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА .....	102
7. МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧІ РІДИНИ .....	102
7.1. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩО ДО ВИБОРУ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН ДЛЯ ЛЕЗОВОГО ОБРОБЛЕННЯ .....	104
<b>8. ПОНЯТТЯ ПРО НОРМУ ЧАСУ .....</b>	<b>104</b>
<b>9. НОРМУВАННЯ. СКЛАД І СТРУКТУРА НОРМИ ЧАСУ .....</b>	<b>106</b>
<b>9.1. ОСНОВНИЙ ЧАС .....</b>	<b>107</b>
<b>9.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ДОВЖИНИ ОБРОБЛЕННЯ ПРИ РІЗНИХ МЕТОДАХ ФОРМОУТВОРЕННЯ .....</b>	<b>108</b>
<b>9.2. ДОПОМІЖНИЙ ЧАС .....</b>	<b>109</b>
<b>9.3. ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ .....</b>	<b>110</b>
<b>9.4. ЧАС НА ПЕРЕРВУ .....</b>	<b>111</b>
<b>9.5. ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛЮЧНИЙ ЧАС .....</b>	<b>111</b>
10. ВИЗНАЧЕННЯ ШТУЧНОГО І ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНОГО ЧАСУ .....	112
11. МЕТОДИ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ .....	113
12 .МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ЧАСУ ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ .....	114
12.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛЮЧНОГО ЧАСУ .....	115
12.2 .РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО (ТЕХНОЛОГІЧНОГО) ЧАСУ .....	116
12.3. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПОМІЖНОГО ЧАСУ .....	118
12.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ НА ТЕХНІЧНЕ І ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ФІЗИЧНІ ПОТРЕБИ .....	120
13. НОРМУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ РОБІТ ПРИ ОДНОІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ .....	121
13.1. ПРИКЛАДИ НОРМУВАННЯ ТОКАРНИХ, СВЕРДЛИЛЬНИХ ТА ФРЕЗЕРНИХ ОПЕРАЦІЙ .....	121
13.1.1 ОБТОЧУВАННЯ НА ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНОМУ ВЕРСТАТІ .....	121

13.1.2. ОБРОБЛЕННЯ ОТВОРУ НА СВЕРДЛИЛЬНОМУ ВЕРСТАТІ ...	125
13.1.3. НАРІЗУВАННЯ РІЗИ МІТЧИКОМ .....	129
13.1.4. ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛОЩИНИ ТОРЦЕВОЮ ФРЕЗОЮ .....	131
13.1.5. ФРЕЗЕРУВАННЯ ПЛОЩИНИ НАБОРОМ ФРЕЗ .....	134
14. НОРМУВАННЯ ЗУБОНАРІЗНИХ ОПЕРАЦІЙ .....	136
14.1. ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ .....	138
14.2. ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ КОПЮВАННЯ .....	140
14.3. ЗУБОДОВБАННЯ ЗА МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ .....	143
15. ПРИКЛАДИ НОРМУВАННЯ ШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ .....	145
15.1. КРУГЛЕ ПОЗДОВЖНЄ ШЛІФУВАННЯ З ПОЗДОВЖНЬОЮ ПОДАЧЕЮ .....	147
15.2. ШЛІФУВАННЯ КРУГЛЕ ЗОВНІШНЄ З РАДІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ....	150
15.3. ВНУТРІШНЄ ШЛІФУВАННЯ І ШЛІФУВАННЯ ТОРЦЯ .....	154
15.4. БЕЗЦЕНТРОВЕ ШЛІФУВАННЯ З ПОЗДОВЖНЬОЮ ПОДАЧЕЮ .....	157
15.5. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА НА ВЕРСТАТАХ З ПРЯМОКУТНИМ СТОЛОМ .....	161
15.6. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА НА ВЕРСТАТАХ З КРУГЛИМ СТОЛОМ .....	164
15.7. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ТОРЦЕМ КРУГА .....	169
15.8. ЗУБОШЛІФУВАННЯ .....	172
15.9. ШЛІЩЕШЛІФУВАННЯ .....	176
16. НОРМУВАННЯ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ РОБІТ .....	178
16.1. МЕТОДИКА НОРМУВАННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ НА ТОКАРНИХ НАПІВАВТОМАТАХ .....	178
16.1.1. ОБРОБЛЕННЯ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ .....	178
16.1.2. ОБРОБЛЕННЯ НА БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ .....	181
16.1.3. ПРИКЛАД НОРМУВАННЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ .....	181
17. НОРМУВАННЯ ПРАЦІ ПРИ БАГАТОВЕРСТАТНОМУ ВИРОБНИЦТВ.....	188
Додаток А .....	193
Додаток Б .....	197
Додаток В .....	199
Список використаної літератури .....	235

## ВСТУП

Призначення режимів обробки різанням розглядається як техніко-економічне завдання. Режими обробки впливають на показники виробництва як технічні, так і економічні. У зв'язку з цим розрахунок режимів різання є одним із основних завдань в машинобудуванні.

Особливе значення при розрахунку режимів різання має залежність між стійкістю ріжучого інструменту, швидкістю різання, подачею і глибиною різання, а також геометричними параметрами ріжучого інструменту.

При розрахунку режимів різання доцільно враховувати фактор оптимізації їх за одним із критеріїв оптимізації: максимуму продуктивності, мінімуму собівартості, а також оптимізація за комплексом параметрів якості поверхневого шару оброблюваних поверхонь і точності обробки.

Призначення режиму обробки нерозривно пов'язане з вибором інструментального матеріалу, а також з вибором змащувально-охолоджуючих технологічних середовищ з врахуванням методу обробки і матеріалу оброблюваних деталей.

Цей навчальний посібник підготовлено з метою допомоги студентам вирішувати питання щодо розрахунку та призначення режимів механічної обробки різанням і шліфуванням при виконанні практичних робіт, курсових і дипломних проектів спеціальностей 131 “Прикладна механіка” та 133 “Галузеве машинобудування”.

# 1. МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

## 1.1. ВИМОГИ ДО ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Металообробний інструмент працює в умовах підвищених температур, тертя і зношування, а також значних силових навантажень. Тому інструментальні матеріали повинні володіти певними експлуатаційними фізико-механічними властивостями.

1. Інструментальний матеріал повинен володіти високою твердістю.

Твердість інструментального матеріалу повинна бути вищою від твердості оброблюваного матеріалу не менше ніж в 1,5 – 2 рази.

2. При різанні металів виділяється значна кількість тепла, внаслідок чого ріжуча частина інструмента нагрівається. Тому інструментальний матеріал повинен зберігати високу твердість при температурах різання, тобто мати високу теплостійкість зі збереженням твердості. Збільшення рівня теплостійкості інструментального матеріалу дозволяє йому працювати з великими швидкостями різання і, отже, підвищувати ефективність оброблення (табл. 1).

Таблиця 1

Теплостійкість і допустима швидкість різання інструментальних матеріалів

Матеріал	Теплостійкість, °С	Допустима швидкість при різанні сталі 45, м/хв	
Вуглецева сталь	200 – 250	10 – 15	
Легована сталь	350 – 400	15 – 30	
Швидкорізальна сталь	600 – 550	40 – 60	
Тверді сплави	Група ВК	900 – 930	120 – 200
	Групи ТК і ТТК	1000 – 1030	150 – 250
	Безвольфрамкові	800 – 830	100 – 300
	З покриттям	1000 – 1100	200 – 300
Кераміка	1200 – 1230	400 – 600	

3. Важливою вимогою є висока міцність інструментального матеріалу. Якщо висока твердість матеріалу робочої частини інструмента не забезпечується необхідною міцністю, то це призводить до руйнування інструменту і викришування різальних кромок.

Таким чином, інструментальний матеріал повинен мати достатній рівень ударної в'язкості і чинити опір появі тріщин.

4. Інструментальний матеріал повинен мати високу зносостійкість при підвищеній температурі, тобто мати хороший опір стиранню оброблюваним матеріалом, що дозволяє довше забезпечувати первинне налаштування інструменту на розмір.

5. Інструментальний матеріал повинен володіти технологічними властивостями, що забезпечують оптимальні умови виготовлення інструментів. Серед них можна виділити наступні: хороша оброблюваність різанням і тиском; схильність до термічного оброблення (мала чутливість до перегріву і знеуглецьовування, хороші загартовуваність і прогартовуваність, мінімальні деформування і утворення тріщин при загартуванні і т.п.).

Відомо, що твердість і міцність інструментальних матеріалів це властивості антагоністи, тобто чим вища твердість матеріалу, тим нижча його міцність. Тому набір основних властивостей визначає область і умови раціонального використання інструментального матеріалу в ріжучому інструменті. Наприклад, інструмент з надтвердих інструментальних матеріалів на основі алмазу і кубічного нітриду бору або з ріжучої кераміки, використовують виключно для суперчистового оброблення виробів на високих і надвисоких швидкостях різання, але при дуже обмежених січеннях зрізу.

При обробленні конструкційних сталей на малих і середніх швидкостях різання в поєднанні з середніми і великими січеннями зрізу великі переваги отримують інструменти зі швидкорізальної сталі.

Інструментальні матеріали поділяються на п'ять основних груп: інструментальні сталі (вуглецеві, леговані і швидкоріжучі); тверді сплави (групи ВК, ТК і ТТК); ріжуча кераміка (оксидна, оксикарбідна і нітридна); абразивні матеріали і надтверді матеріали (на основі алмазу і кубічного нітриду бору).

Найпоширеніша з цих груп – швидкоріжуча сталь, з якої виготовляється близько 60% інструменту, з твердих сплавів - близько 30%, з інших груп матеріалів – тільки близько 10% лезового інструменту.

Аналіз основних напрямів вдосконалення інструментальних матеріалів показує, що вони пов'язані з ростом твердості, теплостійкості і зносостійкості при значній міцності, в'язкості і тріщиностійкості.

Очевидно, що вирішення цієї проблеми має бути пов'язане з розробленням композиційного інструментального матеріалу, у якого високі параметри поверхневої твердості, теплостійкості, фізико-хімічної інертності поєднувались би з достатніми показниками об'ємної міцності при згині, ударної в'язкості, межі витривалості. У світовій практиці зазначені методи вдосконалення інструментальних матеріалів знаходять все більше застосування, особливо при виробництві змінних багатогранних пластин для механічного кріплення на ріжучому інструменті.

## **1.2. ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ**

### **1.2.1. ВУГЛЕЦЕВІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ**

Ріжучі інструменти, виготовлені з вуглецевих інструментальних сталей У10А, У11А, У12А, У13А, характеризуються достатньою твердістю, міцністю і зносостійкістю при кімнатній температурі, їх недолік – низька теплостійкість. При температурі 200 – 250°C їх твердість різко зменшується. Тому вони знаходять застосування при виготовленні ріжучих інструментів, призначених для оброблення м'яких металів при низьких швидкостях різання, таких як напилки, дрібні свердла, розвертки, мітчики, плашки та ін.

Вуглецеві інструментальні сталі мають низьку твердість в стані поставки, що забезпечує їх хорошу оброблюваність різанням і тиском. Однак, вони вимагають застосування при загартуванні різких середовищ для гартування, що підсилює короблення інструментів і небезпеку утворення тріщин. Інструменти з вуглецевих інструментальних сталей погано шліфуються через значне нагрівання, відпустки і втрати твердості ріжучих кромки. Через великі деформації при термічному обробленні і погану здатність до шліфування вуглецеві інструментальні сталі не використовуються при виготовленні

фасонних інструментів, що підлягають шліфуванню за профілем. Область застосування деяких інструментальних вуглецевих сталей приведена в табл. 2.

Таблиця 2

Властивості і область застосування деяких інструментальних вуглецевих сталей

Сталь	Твердість у відпаленому стані, HB, не більше	Температура відпуску, °С	Твердість після загартування і відпуску, HRC, не менше	Область застосування
У9 У9А	192	150 – 160 200 – 220	63 – 64 59 – 60	Дискові пили, зубила, ножниці для різання листів, різці для оброблення міді
У10 У10А	197	150 – 160 200 – 250	63 – 64 59 – 60	Свердла малого діаметру, мітчики, розвертки, плашки, фрези малого діаметру, напилки
У11, У11А	207	150 – 160 200 - 250	63 – 64 58 - 59	
У12, У12А, У13, У13А	207 217	150 – 160 200 – 250	63 – 64 59 – 60	Свердла спіральні, ручні, машинні конічні і насадні, розвертки, мітчики, плашки, фрези із затилованими зубами, довб'яки, гребінки, протяжки і т. п.

Примітки.

1. У складі інструментальної сталі вміст сірки має бути не більше 0,030%; фосфору – не більше 0,035%.
- 2 У високоякісної інструментальної вуглецевої сталі вміст марганцю 0,15 – 0,30%; сірки – не більше 0,020%; фосфору – не більше 0,030%.
3. Температура гартування 760 – 780°С; охолоджуюче середовище – вода, масло.

## 1.2.2. ЛЕГОВАНІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ СТАЛІ

Інструментальні леговані сталі мають більшу прогартовуваність і загартовуваність, менш чутливі до перегріву, ніж вуглецеві сталі, і в той же час добре обробляються різанням і тиском.

Застосування легованих сталей зменшує кількість бракованих інструментів. Область застосування таких сталей така ж, що і для вуглецевих сталей (табл. 3). За теплостійкістю леговані інструментальні сталі незначно перевершують вуглецеві. Вони зберігають високу твердість при нагріванні до

200 – 260<sup>0</sup> С і тому не придатні для різання з підвищеною швидкістю, а також для оброблення твердих матеріалів.

Леговані інструментальні сталі поділяються на сталі неглибокої і глибокої прогартуваності.

Сталі неглибокої прогартуваності, леговані хромом (0,2 – 0,7%), ванадієм (0,15 – 0,3%) і вольфрамом (0,5 – 0,8%) використовуються при виготовленні інструментів типу стрічкових пил і ножівкових полотен. Деякі з них мають більш спеціалізоване застосування. Наприклад, сталь ХВ4 рекомендується для виготовлення інструментів, призначених для оброблення матеріалів, що мають високу поверхневу твердість, при відносно невеликих швидкостях різання. Характерною особливістю сталей глибокого прогартування є вищий вміст хрому (0,8 – 1,7%), а також комплексне введення у відносно невеликих кількостях таких легуючих елементів, як хром, марганець, кремній, вольфрам, ванадій, що істотно підвищує прогартуваність.

Таблиця 3

Температура гартування і відпуску та область застосування інструментальних легованих сталей

Марка сталі	Температура загартування, °С, охолоджуюче середовище	Температура відпуску, °С	Область застосування
<b>Сталі неглибокого прогартування</b>			
11ХФ	810 – 830, масло	–	Мітчики та інший осьовий інструмент діаметром до 30 мм
<b>Сталі глибокого прогартування</b>			
Х	840 – 860, масло	180	Токарні, стругальні і довбальні різці
9ХС	840 – 860, масло	–	Свердла, розвертки, мітчики, плашки, гребінки, фрези
ХВГ	830 – 850, масло	180	Протяжки, довгі мітчики, плашки
ХВСГ	840 – 860, масло	–	Круглі плашки, розвертки

У виробництві інструментів з розглянутої групи найбільше застосування знаходять сталі 9ХС і ХВГ. В сталі 9ХС спостерігається рівномірний розподіл карбідів по січенню. Це дозволяє використовувати її для виготовлення

інструментів відносно великих розмірів, а також для різенарізних інструментів, особливо круглих плашок з дрібним кроком різьби. Разом з тим сталь 9ХС має підвищену твердість у відпаленому стані, високу чутливість до знеуглецьовування при нагріванні. Сталі ХВГ, ХВСГ, що містять марганець, мало деформуються при термічному обробленні. Це дозволяє рекомендувати сталь для виготовлення інструменту типу протяжок, довгих мітчиків, до яких висуваються жорсткі вимоги щодо стабільності розмірів при термічному обробленні. Сталь ХВГ має підвищену карбідну неоднорідність, особливо при перерізах, більших ніж 30 – 40 мм, що підсилює викришування різальних кромки і не дозволяє рекомендувати її для інструментів, що працюють у важких умовах.

Область застосування деяких інструментальних сталей приведена в [21].

### **1.2.3. ШВИДКОРІЖУЧІ СТАЛІ**

Широке застосування для виготовлення металорізальних інструментів знайшли швидкоріжучі сталі, незважаючи на те, що інструменти з твердого сплаву, кераміки і надтвердих матеріалів забезпечують вищу продуктивність оброблення.

Широке використання швидкоріжучих сталей для виготовлення складнопрофільних інструментів визначається поєднанням високих значень твердості (до 68  $HRC_e$ ) і теплостійкості (600 – 650<sup>0</sup>С) при високому рівні крихкої міцності і в'язкості, які значно перевищують відповідні значення для твердих сплавів. Крім того, швидкорізальні сталі мають високу технологічність, так як добре обробляються тиском і різанням у відпаленому стані.

В позначенні швидкоріжучої сталі буква Р означає, що сталь швидкоріжуча, а наступна за буквою цифра – вміст середньої масової частки вольфраму у відсотках. Наступні букви позначають: М – молібден, Ф – ванадій, К – кобальт, А – азот. Цифри, наступні за буквами, означають їх середню масову частку у відсотках. Вміст масової частки азоту становить 0,05 – 0,1%.

Високі ріжучі властивості швидкоріжучої сталі забезпечуються за рахунок легування сильними карбідоутворюючими елементами: вольфрамом, молібденом, ванадієм і некарбідоутворюючим кобальтом. Вміст хрому у всіх швидкоріжучих сталях становить 3,0 – 4,5% і в позначенні марок не вказується. Практично у всіх марках швидкоріжучих сталей допускається вміст сірки і

фосфору не більше 0,3% і нікелю не більше 0,4%.

Істотним недоліком цих сталей є значна карбідна неоднорідність, особливо в прутках великого перерізу. Зі збільшенням карбідної неоднорідності міцність сталі знижується, при роботі викришуються ріжучі кромки інструменту і знижується його стійкість. Карбідна неоднорідність виражена сильніше в сталях з підвищеним вмістом вольфраму, ванадію, кобальту. У сталях з молібденом карбідна неоднорідність проявляється в меншій мірі.

Сучасні швидкоріжучі сталі можна розділити на три групи: нормальної, підвищеної і високої теплостійкості.

До сталей нормальної теплостійкості відносяться вольфрамова P18 і вольфрамомолібденова P6M5 сталі. Ці сталі мають твердість в загартованому стані HRC 63 – 64, межу міцності при згині 2900 – 3400 МПа, ударну в'язкість 2,7 – 4,8 Дж/м<sup>2</sup> і теплостійкість 600 – 620°C.

Швидкоріжуча сталь P18, що містить 18% вольфраму, довгий час була найпоширенішою. Вона порівняно добре шліфується. Велика кількість надлишкової фази карбиду робить сталь P18 більш дрібнозернистою, менш чутливою до перегріву при загартовуванні, більш зносостійкою. Зважаючи на високий вміст вольфраму, сталь P18 доцільно використовувати тільки для виготовлення інструментів високої точності, коли сталі інших марок не доцільно застосовувати через припалювання ріжучої частини при шліфуванні і заточуванні.

Сталь P9 за червоностійкістю і ріжучими властивостями майже не поступається сталі P18. Недоліком сталі P9 є знижена здатність до шліфування, що викликається порівняно високим вмістом ванадію і присутністю в структурі дуже твердих карбідів. Разом з тим сталь P9, у порівнянні зі сталлю P18, має рівномірніший розподіл карбідів, дещо більшу міцність і пластичність, що полегшує її деформованість в гарячому стані. Вона придатна для інструментів, що одержуються різними методами пластичної деформації. Через знижену здатність до шліфування сталь P9 застосовують обмежено.

Сталь P12 рівноцінна за ріжучими властивостями сталі P18. У порівнянні зі сталлю P18, сталь P12 має меншу карбідну неоднорідність, підвищену пластичність і придатна для інструментів, що виготовляються методом пластичної деформації. У порівнянні зі сталлю P9 сталь P12 краще шліфується, що пояснюється більш вдалим поєднанням легуючих елементів.

Сталі марок P18M, P9M відрізняються від сталей P18 і P9 тим, що вони в своєму складі замість вольфраму містять до 0,6 – 1,0% молібдену (з розрахунку,

що 1% молібдену замінює 2% вольфраму). Ці сталі мають рівномірно розподілені карбіди, але більш схильні до знеуглецьовування. Тому гартування інструментів із сталей необхідно проводити в захисній атмосфері. Однак за основними властивостями сталі P18M і P9M не відрізняються від сталей P18 та P9 і мають ту ж область застосування.

Вольфрамомолібденові сталі типу P6M3 і P6M5 є пізнішими сталями, які значно підвищують як міцність, так і стійкість інструменту. Молібден обумовлює меншу карбідну неоднорідність, ніж вольфрам, тому заміна 6 – 10% вольфраму відповідною кількістю молібдену знижує карбідну неоднорідність швидкоріжучих сталей приблизно на 2 бали і відповідно підвищує пластичність.

Недолік молібденових сталей полягає в тому, що вони мають підвищену чутливість до знеуглецьовування. Вольфрамомолібденові сталі рекомендується застосовувати в промисловості поряд з вольфрамовими для виготовлення інструменту, що працює у важких умовах, коли необхідна підвищена зносостійкість, знижена карбідна неоднорідність і висока міцність.

Сталь P18, особливо у великих січеннях (діаметром більше 50 мм), з великою карбідною неоднорідністю доцільно замінити на сталі P6M3 і P12.

Сталь P12 придатна для протяжок, сверدل, особливо в січеннях діаметром менше 60 – 70 мм.

Сталь P6M3 доцільно використовувати для інструментів, що виготовляються способом пластичної деформації, для інструментів, що працюють з динамічними навантаженнями і для інструментів великого січення з малими кутами загострення на ріжучій частині.

Серед швидкорізальних сталей нормальної продуктивності основне місце зайняла сталь P6M5. Її застосовують для виготовлення всіх видів ріжучих інструментів. Інструменти зі сталі P6M5 мають стійкість, яка дорівнює або до 20% вища, ніж стійкість інструментів зі сталі P18.

Зазначені марки сталі отримали найширше поширення при виготовленні ріжучих інструментів. Обсяг виробництва сталі P6M5 досягає 80% від усього обсягу випуску швидкорізальної сталі. Вона використовується при обробленні конструкційних сталей, чавунів, кольорових металів, пластмас.

Сталі підвищеної теплостійкості характеризуються підвищеним вмістом вуглецю, ванадію і кобальту. Такі сталі мають підвищену продуктивність і використовуються в основному при обробленні жароміцних сплавів, високоміцних і нержавіючих сталей, інших важкооброблюваних матеріалів і

конструкційних сталей з підвищеними режимами різання.

У порівнянні зі сталями нормальної теплостійкості високованадієві сталі підвищеної продуктивності мають в основному вищу зносостійкість, а сталі, що містять кобальт - вищу червоність і теплопровідність. Разом з тим, швидкорізальні сталі підвищеної теплостійкості, що містять кобальт, мають підвищену чутливість до знеуглецьовування. Швидкорізальні сталі підвищеної теплостійкості шліфуються гірше ніж сталі P18 і вимагають точнішого дотримання температур нагрівання при термічному обробленні. Погіршення здатності до шліфування проявляється в підвищенні зношення абразивних кругів і збільшенні товщини поверхневого шару сталі, пошкодженого при надмірно жорсткому режимі шліфування. Швидкоріжучі сталі підвищеної теплостійкості через технологічні недоліки не є сталями універсального призначення. Вони мають відносно вузькі межі застосування, більш придатні для інструментів, що піддаються незначному профільному шліфуванню.

Основною маркою швидкоріжучої сталі підвищеної продуктивності є сталь P6M5K5. Вона застосовується для виготовлення різних інструментів, призначених для оброблення конструкційних сталей на підвищених режимах різання, а також нержавіючих сталей і жароміцних сплавів. Сталі високої теплостійкості характеризуються зниженим вмістом вуглецю, але значно великою кількістю легуючих елементів – V11M7K23, V14M7K25, 3V20K20X4Ф. Вони мають твердість HRC 69 – 70 і теплостійкість 700 – 720°C. Найбільш раціональна область їх використання – різання важкооброблюваних матеріалів і титанових сплавів. В останньому випадку період стійкості інструментів в 60 разів вищий, ніж зі сталі P18, і в 8 – 15 разів вищий, ніж з твердого сплаву BK8.

Значними недоліками цих сталей є їх низька міцність при згині (не вище 2400 МПа) і низька оброблюваність різанням у відпаленому стані (HRC 38 – 40) при виготовленні інструменту.

Перспективним способом отримання швидкорізальних сталей є метод порошкової металургії. Головною відмінною рисою порошкових сталей є рівномірний розподіл карбідів по січченню, який не перевищує першого балу шкали карбідної неоднорідності (ГОСТ 19265-73). У певних умовах, як показують експерименти, стійкість ріжучих інструментів з порошкових сталей в 1,2 – 2,0 рази вища ніж стійкість інструментів, виготовлених із сталей звичайного виробництва.

Найбільш раціонально порошкові сталі використовувати при обробленні важкооброблюваних складнолегованих матеріалів і матеріалів, що мають

підвищену твердість ( $HRC_e > 32$ ), а також для виготовлення крупногабаритних інструментів діаметром більше 80 мм. Проводяться роботи щодо створення та уточнення області доцільного застосування швидкоріжучих сплавів дисперсного твердіння типу P18M7K25, P18M3K25, P10M5K25, які представляють собою залізокобальтові вольфрамові сплави. Залежно від марки вони містять: W 10 – 19%, Co 20 – 26%, Mo 3 – 7%, V 0,45 – 0,55%, Ti 0,15 – 0,3%, C до 0,06%, Mn не більше 0,23%, Si не більше 0,28%, решта залізо. На відміну від швидкоріжучих сталей, що розглядаються, сплави зміцнюються внаслідок виділення при відпуску інтерметалідів, мають вищу червоностійкість (700 – 720 °C) і твердість ( $HRC_e$  68 – 69). Висока теплостійкість у них поєднується з задовільною міцністю, що обумовлює підвищені ріжучі властивості сплавів. Ці сплави дорогі і застосування їх доцільне лише при різанні важкооброблюваних матеріалів. Фізико-механічні властивості швидкоріжучих сталей наведені в табл. 4, а область раціонального застосування в табл. 5.

Таблиця 4

Фізико-механічні властивості швидкорізалних сталей

\	$\sigma_z$ , МПа	Червоностійкість, °C, не менше	Здатність до шліфування	Особливі властивості
P18**	2600...3000	620	Підвищена	Знижена схильність до перегріву при гартуванні
P18K5Ф2	2570...3160	640	Добра	>>
P12Ф3	3000...3100	630	Знижена	>>
P9K5	2500	630	>>	>>
11P3AM3Ф2	2800...3000	620	>>	Підвищена схильність до перегріву при гартуванні
P2AM9K5	–	630	>>	Підвищенна схильність до знезвуглецьовування і перегріву при гартуванні
P9M4K8	2200...2600	630	>>	Підвищена схильність до знезвуглецьовування
P6M5	3200...3600	620	Добра	>>
P6M5K5	2600...3000	630	>>	>>
P6M5Ф3	–	630	>>	>>

\* В загартованому стані. \*\* Характеристики сталі P18 дані для порівняння.  
Умовне позначення:  $\sigma_z$  – межа міцності на згин.

## Область раціонального застосування швидкоріжучих сталей

Марка сталі	Галузь застосування
P6K5, P6M5K3	Для інструментів, які працюють при переривчастих і неперервних процесах різання, на чорнових і чистових операціях
P9K10, P9M4K8, P9K5Ф5, P12Ф4K5, P8M3K6C, P12Ф2K8M3, P12Ф3K10M3, P6Ф2K8M5, P2Ф2K8M6, P18Ф2K8M	Для інструментів, що нагріваються до високих температур і працюють на чорнових і напівчистових операціях при рівномірному навантаженні на ріжучі зуби
P9Ф5, P14Ф4, P12Ф5M, P3M3Ф3Б2	Для інструментів, що працюють з малими глибинами різання і такими, що не розігріваються до високих температур

**1.3. ТВЕРДІ СПЛАВИ**

Тверді сплави є основним інструментальним матеріалом, що забезпечує високопродуктивне оброблення різанням. Інструменти, оснащені твердим сплавом, зносостійкі і не втрачають своїх ріжучих властивостей при температурі нагріву до 750 – 1100<sup>0</sup>С.

Встановлено, що твердосплавним інструментом, який має в своєму складі вольфрам, можна обробити в 5 разів більше матеріалу, ніж інструментом зі швидкорізальної сталі з тим же вмістом вольфраму.

Недоліком твердих сплавів, в порівнянні з швидкоріжучою сталлю, є їх підвищена крихкість, яка зростає зі зменшенням вмісту кобальту у сплаві.

Швидкості різання інструментами, оснащеними твердими сплавами в 3 - 4 рази перевищують швидкості різання інструментами зі швидкорізальної сталі. Твердосплавні інструменти придатні для оброблення загартованих сталей і таких неметалевих матеріалів як скло, фарфор і т. п.

Виробництво металокерамічних твердих сплавів належить до області порошкової металургії. Порошок карбідів змішують з порошком кобальту. З цієї суміші пресують вироби потрібної форми і потім піддають спіканню при температурі близькій до температури плавлення кобальту. Так виготовляють

пластинки твердого сплаву різних розмірів і форм, якими оснащуються різці, фрези, свердла, зенкери, розвертки та ін.

Пластинки твердого сплаву кріплять до державки або корпусу напайкою або механічно за допомогою гвинтів і притискачів. Поряд з цим в машинобудівній промисловості застосовують дрібнорозмірні, монолітні інструменти, що складаються з твердих сплавів. Їх виготовляють з пластифікованих заготовок. В якості пластифікатора в порошок твердого сплаву вводять парафін до 7 – 9%.

З пластифікованих сплавів пресують прості за формою заготовки, які легко обробляються звичайним ріжучим інструментом. Після механічного оброблення заготовки спікають, а потім шліфують і заточують. З пластифікованого сплаву заготовки монолітних інструментів можуть бути отримані шляхом мундштучного пресування. В цьому випадку спресовані твердосплавні брикети вміщують у спеціальний контейнер з твердосплавним профільованим мундштуком. При продавлюванні через отвір мундштука виріб приймає необхідну форму і піддається спіканню. За такою технологією виготовляють дрібні свердла, зенкери, розвертки і т.п.

Монолітний твердосплавний інструмент може також виготовлятися з остаточно спечених твердосплавних циліндричних заготовок з наступним шліфуванням профілю алмазними кругами.

Тверді сплави за складом і областями застосування можна розділити на чотири групи: вольфрамокобальтові (WC-Co); титановольфрамокобальтові (WC-TiC-Co), титанотанталовольфрамокобальтові (WC-TiC-TaC-Co), безвольфрамові (на основі TiC, TiCN з різними зв'язками).

### **1.3.1. ТИТАНОВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ**

Сплави другої групи ТК складаються з трьох основних фаз: твердого розчину карбідів титану та вольфраму (TiC-WC), карбиду вольфраму (WC) і кобальтової зв'язки. Призначені вони в основному для оснащення інструментів при обробленні різанням сталей, що дають зливну стружку. У порівнянні зі сплавами групи ВК вони мають більшу стійкість до окислення, твердість і жароміцність і в той же час меншу тепло- і електропровідність, а також модуль

пружності. Здатність сплавів групи ТК здійснювати опір зношуванню під впливом ковзної стружки пояснюється також і тим, що температура захоплення зі сталлю у сплавів цього типу вища, ніж у сплавів на основі WC-Co, що дозволяє застосовувати вищі швидкості різання при обробленні сталі та істотно підвищувати стійкість інструменту. Теплопровідність сплавів групи ТК істотно нижча, а коефіцієнт лінійного термічного розширення вищий, ніж у сплавів групи BK. Відповідно змінюються і ріжучі властивості сплавів: при збільшенні вмісту кобальту знижується зносостійкість сплавів при різанні, а при збільшенні вмісту карбіду титану знижується експлуатаційна міцність. Тому такі сплави, як T30K4 і T15K6, застосовують для чистового і напівчистового оброблення сталі з високою швидкістю різання і малими навантаженнями на інструмент. У той же час сплави T5K10 і T5K12 з найбільшим вмістом кобальту призначені для роботи у важких умовах ударних навантажень зі зниженою швидкістю різання.

Шляхом введення легуючих добавок отримані сплави, що застосовуються для різання сталі з великими ударними навантаженнями. Розроблено сплав T4K8 для заміни стандартного сплаву T5K10. Межа міцності його при згині 1600 МПа, в той час як у сплаву T5K10 вона становить 1400 МПа. Гранична пластична деформація T4K8 1,6%, а у сплаву T5K10 – 0,4%.

Сплав T4K8 більшою мірою, ніж сплав T5K10, протидіє ударним навантаженням і може застосовуватися при чорновому токарному обробленні сталевих виливків при швидкості різання 30 – 70 м/хв, глибині різання до 4 мм і подачі 1 – 1,2 мм/об. Стійкість інструменту, оснащеного сплавом T4K8 в 1,5 – 2,0 рази вища, ніж стійкість інструменту, оснащеного сплавом T5K10.

### **1.3.2. ВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ**

Вольфрамокобальтові сплави (група BK) складаються з карбіду вольфраму (WC) і кобальту. Сплави цієї групи розрізняються вмістом в них кобальту, розмірами зерен карбіду вольфраму і технологією виготовлення. Для оснащення ріжучого інструменту застосовують сплави з вмістом кобальту 3 – 10%.

В умовному позначенні сплаву цифра показує процентний вміст кобальтової зв'язки. Наприклад, позначення ВК6 показує, що в ньому 6% кобальту і 94% карбідів вольфраму.

При збільшенні в сплавах вмісту кобальту в діапазоні від 3 до 10% межа міцності, ударна в'язкість і пластична деформація зростають, в той час як твердість і модуль пружності зменшуються. З зростанням вмісту кобальту підвищуються теплопровідність сплавів і їх коефіцієнт температурного розширення.

З усіх існуючих твердих сплавів, сплави групи ВК при однаковому вмісті кобальту, характеризуються вищою ударною в'язкістю і межею міцності при згині, а також кращою тепло- і електропровідністю. Однак стійкість цих сплавів до окислення і корозії значно нижча, крім того, вони мають велику схильність до захоплення зі стружкою при обробленні різанням.

При однаковому вмісті кобальту фізико-механічні та ріжучі властивості сплавів в значній мірі визначаються середнім розміром зерен карбіду вольфраму (WC). Розроблені технологічні прийоми дозволяють одержувати тверді сплави, в яких середній розмір зерен карбідної складової може змінюватися від часток мікрометра до 10 – 15 мкм.

Сплави з розмірами карбідів від 3 до 5 мкм відносяться до крупнозернистих і позначаються літерою В (ВК6-В), з розмірами карбідів від 0,5 до 1,5 мкм – відносяться до дрібнозернистих і позначаються буквою М (ВК6-М), а з розмірами, коли 70% зерен менше 1,0 мкм – до особливо дрібнозернистих і позначаються буквами ОМ (ВК6-ОМ). Сплави з меншим розміром фази карбіду зносостійкіші і теплостійкіші, а також дозволяють заточувати гострішу ріжучу кромку (допускають отримання радіуса заокруглення різальної кромки до 1,0 – 2,0 мкм).

З ростом вмісту кобальту в сплаві його стійкість при різанні знижується, а експлуатаційна міцність зростає. Ці закономірності і покладені в основу практичних рекомендацій щодо раціонального застосування конкретних марок сплавів. Так, сплав ВК3 з мінімальним вмістом кобальту, як найбільш зносостійкий, але найменш міцний рекомендується для чистового оброблення з максимально допустимою швидкістю різання, але з малими подачею і глибиною різання, а сплави ВК8, ВК10М і ВК10-ОМ – для чорнового оброблення зі зниженою швидкістю різання і збільшеним перетином зрізу в умовах ударних навантажень.

### **1.3.3. ТИТАНОТАНТАЛОВОЛЬФРАМОКОБАЛЬТОВІ СПЛАВИ**

Промислові танталовмісні тверді сплави на основі  $TiCWC-TaC-Co$  складаються з трьох основних фаз: твердого розчину карбідів титану, вольфраму і танталу ( $TiC-TaC-WC$ ), а також карбіду вольфраму ( $WC$ ) і кобальтової зв'язки. Введення в сплави добавок карбіду танталу покращує їх фізико-механічні і експлуатаційні властивості, що проявляється у збільшенні міцності на згин при температурі  $20^{\circ}C$  і  $600 - 800^{\circ}C$ .

Сплав, що містить карбід танталу, має вищу твердість, в тому числі і при  $600 - 800^{\circ}C$ . Карбід танталу в сплавах знижує повзучість, істотно підвищує межу втоми трифазних сплавів при циклічному навантаженні, а також термостійкість і стійкість до окислення на повітрі. Збільшення в сплаві вмісту карбіду танталу підвищує його стійкість при різанні, особливо завдяки меншій схильності до лункоутворення і руйнування під дією термоциклічних і втомних навантажень. Тому танталомісткі сплави рекомендуються в основному для важких умов різання з великими січеннями зрізу, коли на ріжучу кромку інструменту діють значні силові і температурні навантаження, а також для переривчастого різання, особливо фрезерування.

Найміцнішим для оброблення сталі в особливо несприятливих умовах (переривчасте точіння, стругання, чорнове фрезерування) є сплав ТТ7К12. Застосування його замість швидкорізальної сталі дозволяє підвищити швидкість різання в 1,5 – 2 рази.

### **1.3.4. БЕЗВОЛЬФРАМОВІ ТВЕРДІ СПЛАВИ (БВТС)**

У зв'язку з недостатністю вольфраму і кобальту промисловість випускає безвольфрамові тверді сплави на основі карбідів і карбонітридів титану з нікельмолібденовою зв'язкою (табл. 6).

За твердістю БВТС знаходяться на рівні вольфрамовмістних сплавів (групи ВК), за міцністю і, особливо, за модулем пружності їм поступаються. Твердість БВТС по Вікерсу при підвищених температурах в діапазоні температур  $293-1073K$ . дещо нижча, ніж твердість вольфрамовмістних сплавів Т15К6. БВТС мають низьку окислюваність.

Найбільша термостійкість у сплаву КНТ16, у сплаву ТН20 вона значно нижча. Тому зі сплаву КНТ16 доцільно виготовляти інструмент, який працює

при переривчастому різанні, наприклад фрезеруванні. Середня «ламаюча подача» (при якій відбувається руйнування леза) становить для сплаву ТН20 – 0,3 мм/зуб, а для сплаву КНТ16 – 0,54 мм/зуб. При виборі режимів різання подача не повинна перевищувати цих значень, а глибина різання – 5 мм.

Таблиця 6

Склад і характеристики фізико-механічних властивостей безвольфрамкових твердих сплавів

Сплав	Склад, %				$\rho$ , г/см <sup>3</sup>
	Карбід титану	Карбонітрид титану	Нікель	Молибден	
КНТ16	–	74	19,5	6,5	5,5 – 6,0
ТН20	79	–	15	6,0	5,5 – 6,0
Сплав	$\lambda$ , Вт/(м·К)	$\alpha \cdot 10^6$ , ·К <sup>-1</sup>	$\sigma_z$ , МПа не менше	<i>HRA</i> , не менше	
КНТ16	12,6 – 21,0	8,5-9,0	1200	89	
ТН20	8,4 – 14,7	8,5-9,0	1050	90	

Найбільшу зносостійкість має сплав ТН20. При точінні сталі 45 і сталі 40Х при  $t = 1$  мм і  $S = 0,2$  мм/об стійкість сплаву ТН20 вища стійкості сплаву Т15К6 у всьому діапазоні швидкостей різання (від 200 до 600 м/хв).

Нагрівання інструменту з БВТС на установках СВЧ, які зазвичай застосовуються при паянні інструменту, погіршує його експлуатаційні характеристики. Тому для різання з БВТС виготовляють в основному змінні непереточувані пластини (ЗМП). У зв'язку зі зниженою теплопровідністю, найбільшу стійкість БВТС мають у випадку застосування чотирьох-, п'яти- і шестигранних ЗМП, а не тригранних. Оптимальними геометричними параметрами пластин при цьому є передній кут  $10^0$ , задній кут  $8^0 - 10^0$ , радіус при вершині 0,8 мм.

Ефективність застосування БВТС залежить від правильності підготовки інструменту, вибору режимів різання і умов оброблення. Пластини повинні мати високоякісне доведення ріжучих кромки і опорної поверхні та прилягати до опори без зазору.

Оброблювана заготовка не повинна мати биття, що перевищує половину припуску на оброблення, а також слідів газового зварювання, шлакових включень. При точінні, по можливості, слід застосовувати охолодження.

Для запобігання катастрофічних поломок інструменту рекомендується проводити примусовий поворот пластинки після оброблення певної кількості деталей

При фрезеруванні БВТС можна експлуатувати до зношення 2,5 – 3,0 мм по задній грані.

Фізико-механічні властивості твердих сплавів представлені в табл. 7. Рекомендовані марки сплавів для оброблення різних металів приведені в додатку Б. Останнім часом поряд з вітчизняними твердими сплавами використовують тверді сплави фірм: **ISCAR Member IMC Group, SANDVIK Coromant та ін.**

Таблиця 7

Фізико-механічні властивості твердих спечених сплавів

Марка сплава	$\sigma_3$ , МПа	Твердість HRA, не менше	$\rho$ , г/м <sup>3</sup>
ВК3	1176	89,5	–
ВК3М	1176	91	15,0...15,3
ВК6	1519	88,5	14,6...15,0
ВК6-М	1421	90	15,0...15,3
ВК6-ОМ	1274	90,5	14,7...15,0
ВК8	1666	88	14,5...14,8
ВК8-В	1813	86,5	14,4...14,8
ВК10-КС	1862	85	14,2...14,6
ВК10-ХОМ	1500	89	14,3...14,7
ВК15	862	86	13,9...14,4
Т30К4	980	92	9,5...9,8
Т15К6	1176	90	11,1...11,6
Т14К8	1274	89,5	11,2...11,6
Т5К10	1421	88,5	15,5...13,1
ТТ7К12	1666	87	13,0...13,3
ТТ8К6	1323	90,5	12,8...13,3
ТТ10К8Б	1617	89	13,5...13,8
ТТ20К9	1470	91	12,0...12,5
Т8К7	1519	90,5	12,8...13,1

**Для вибору зарубіжних твердих сплавів необхідно використовувати МІЖНАРОДНУ КЛАСИФІКАЦІЮ МАШИНОБУДІВНИХ МАТЕРІАЛІВ, яка розроблена Міжнародною організацією стандартизації (ISO) відповідно до DIN/ISO 513 і VDI 3323 (табл. 8), що включає в себе шість основних груп P, M, K, N, S, H, що мають різний колір при позначенні в технічній документації [21]:**

- синя група P – матеріали, що утворюють зливну стружку, в основному сталі;
- жовта група M – матеріали, що утворюють сегментну стружку, нержавіючі сталі і литво;
- червона група K – матеріали, що утворюють стружку сколювання, в основному чавуни;
- зелена група N – матеріали, що утворюють зливну стружку, алюмінієві сплави, мідні сплави, неметалеві матеріали;
- темно-жовта група S – матеріали, що утворюють зливну стружку, жароміцні сталі, титан і титанові сплави;
- сіра група H – матеріали, що утворюють стружку сколювання, загартована сталь, вибілений чавун, чавун.

Відмінністю зарубіжних твердих сплавів від вітчизняних є включення до їх складу карбіду ніобію (NbC), що підвищує червоностійкість інструментального матеріалу і, відповідно, швидкість різання також підвищують за рахунок нанесення на ріжучі пластини зносостійких покриттів карбіду титану, оксиду алюмінію, нітриду титану та ін. Зазвичай загальна товщина покриття становить 2...12 мкм. Надмірна товщина може викликати негативні ефекти.

Пластини з покриттям застосовуються майже для всіх операцій точіння, фрезерування і свердління при обробленні більшості матеріалів.

Основними методами нанесення покриттів є хімічне осадження – CVD і фізичне осадження – PVD.

В додатку Б наведені відомості про відповідність вітчизняних марок твердих сплавів закордонним для різних видів токарного оброблення.

Міжнародна класифікація машинобудівних матеріалів відповідно до DIN / ISO 513 і VDI 3323

ISO	Матеріал		Стан	Міцність на розрив, МПа	Твердість, НВ	
<b>P</b>	Конструкційна сталь, сталеве лиття, автоматна сталь	< 0,25 % C	відпущена	420	125	
		≥ 0,25 % C	відпущена	650	190	
		< 0,55 % C	загартована і відпущена	850	250	
		≥ 0,55 % C	відпущена	750	220	
		≥ 0,5 % C	загартована і відпущена	1000	300	
	Низьколегована сталь і сталеве литво (вміст легуючих елементів менше 5 %)			відпущена	600	200
				загартована і відпущена	930	275
					1000	300
					1200	350
	Легована сталь, сталеве литво та інструментальна сталь		відпущена		680	200
		загартована і відпущена		1100	325	
<b>M</b>	Нержавіюча сталь і литво		Феритна / мартенситна	680	200	
			Мартенситна	820	240	
			Аустенітна	600	180	
<b>K</b>	Сфероїдальний чавун (ООО)		Феритний / перлітний		180	
			Перлітний		260	
	Сірий чавун (ОО)		Феритний		160	
			Перлітний		250	
	Ковкий чавун		Феритний		130	
			Перлітний		230	
<b>N</b>	Деформуючі алюмінієві сплави		Не структурований		60	
			Структурований		100	
	Литі мідні сплави	≤ 12 % Si	Не структурований		75	
			Структурований		90	
	Мідні сплави	> 12 % Si	Жароміцний		130	
		> 1 % Pb	Свинцева бронза		110	
			Латунь		90	
			Електролітна мідь		100	
	Неметалеві матеріали		Міцні пластики, волокнисті			
			Тверда резина			
<b>S</b>	Жароміцні сплави	на основі Fe	Відпущені		200	
			Структуровані		280	
		на основі Ni або Co	Відпущені		250	
			Структуровані		350	
			Литво		320	
	Титан і титанові сплави				КМ 400	
			α- і β-сплави структуровані		КМ 1050	
<b>H</b>	загартована сталь		Загартована		HRC <sub>3</sub> 55	
			Загартована		HRC <sub>3</sub> 60	
	Відбілений чавун		Литий		400	
	Чавун		Зміцнений		HRC <sub>3</sub> 55	

## 1.4. КЕРАМІЧНІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Мінералокерамічні матеріали для виготовлення ріжучих інструментів почали застосовувати з 50-х років минулого століття. В даний час промисловість випускає чотири групи ріжучої кераміки:

- оксидну (біла кераміка) на основі  $Al_2O_3$ ;
- оксидно-карбідну (чорна кераміка) на основі композиції  $Al_2O_3-TiC$ ;
- оксиднонітридну (кортиніт) на основі  $Al_2O_3-TiN$ ;
- нітридну кераміку на основі  $Si_3N_4$ .

Основною особливістю ріжучої кераміки є відсутність зв'язучої фази, що значно знижує степінь її зменшення міцності при нагріванні в процесі зношування, підвищує пластичну міцність, що і зумовлює можливість застосування високих швидкостей різання, набагато перевищуючих швидкості різання інструментом з твердого сплаву. Якщо граничний рівень швидкостей різання для твердосплавного інструменту при точінні сталей з тонкими зрізами і малими критеріями затуплення становить 500 – 600 м/хв, то для інструменту, оснащеного ріжучою керамікою, цей рівень збільшується до 900 – 1000 м/хв.

Недолік оксидної кераміки – її відносно висока чутливість до різких температурних коливань (теплових ударів). Тому охолодження при різанні керамікою не застосовують. Зазначене є головною причиною мікро- або макровикришування ріжучої кераміки і контактних площадок інструменту вже на стадіях припрацювання або початкового етапу стабільного зношування, що приводить до відмов через крихке руйнування інструменту. Зазначений механізм зношування керамічного ріжучого інструменту є преважаючим.

В останні роки з'явилися нові марки оксидної кераміки, до складу яких введені окис цирконію ( $ZrO_2$ ) і армування її «ниткоподібними» кристалами карбіду кремнію ( $SiC$ ). Армована кераміка має високу твердість ( $HRC_a 92$ ) і підвищену міцність ( $\sigma_3$  до 1000 МПа).

Паралельно з удосконаленням керамічних матеріалів на основі оксиду алюмінію створені нові марки ріжучої кераміки на основі нітриду кремнію (силеніт-Р). Такий керамічний матеріал має високу міцність на згин ( $\sigma_3=800$  МПа), низький коефіцієнт температурного розширення, що вигідно відрізняє його від оксидних керамічних матеріалів. Це дозволяє з успіхом використовувати нітридокремнієвий інструмент при чорновому точінні,

напівчистовому фрезеруванні чавуну, а також чистовому точінні складнолегованих і термооброблених (до *HRC* 60) сталей і сплавів.

Ріжучу кераміку випускають у вигляді непереточуваних змінних пластин. Пластини виготовляють з від'ємними фасками по периметру з двох сторін. Розмір фаски  $f=0,2 - 0,8$  мм, кут її нахилу від'ємний – від 10 до 30°. Фаска необхідна для зміцнення ріжучої кромки.

Допустиме зношення керамічних пластин набагато менше зношення твердосплавних пластин. Максимальне зношення по задній поверхні не повинно перевищувати 0,3 – 0,5 мм, а при чистових операціях 0,25 – 0,30 мм.

## **1.5. АЛМАЗИ ТА ІНШІ НАДТВЕРДІ ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ**

Алмаз як інструментальний матеріал отримав широке застосування в машинобудуванні. В даний час випускається велика кількість різноманітних інструментів з використанням алмазів: шліфувальні круги, інструменти для правки шліфувальних кругів з електрокорунду і карбіду кремнію, пасти і порошки для доводочних і притирочних операцій. Значні за розмірами кристали алмазів застосовують для виготовлення алмазних різців, фрез, свердл та інших ріжучих інструментів.

Коефіцієнт теплопровідності алмаза в два і більше разів вищий, ніж у сплава ВК8, тому тепло від зони різання відводиться порівняно швидко.

Зростаючі потреби в алмазних інструментах не можуть бути повністю забезпечені за рахунок природних алмазів. Освоєно промислове виробництво синтетичних алмазів з графіту при великих тисках і високих температурах. Синтетичні алмази можуть бути різних марок, які відрізняються між собою міцністю, крихкістю, питомою поверхнею і формою зерен.

В порядку зростання міцності, зниження крихкості і питомої поверхні марки шліфувальних порошків з синтетичних алмазів розташовуються так: АС2, АС4, АС6, АС15, АС32.

Мікропорошки з природних алмазів мають марки АМ та АН, а з синтетичних АСМ і АСН.

Мікропорошки марок АМ і АСМ нормальної абразивної здатності призначені для виготовлення абразивного інструменту, яким обробляють тверді

сплави та інші тверді і крихкі матеріали, а також деталі зі сталі, чавуну, кольорових металів при необхідності отримання високої чистоти поверхні.

Мікропорошки марок АН і АСН, які мають підвищену абразивну здатність, рекомендуються для оброблення надтвердих, крихких, важкооброблюваних матеріалів.

З метою підвищення ефективності роботи алмазного абразивного інструменту застосовують алмазні зерна, що покриті тонкою металевою плівкою. Як покриття використовують метали з хорошими адгезійними і капілярними властивостями відносно алмазу – мідь, нікель, срібло, титан і їх сплави.

Ельбор має твердість близьку до твердості алмазу, таку ж міцність та велику теплостійкість і не втрачає ріжучих властивостей при нагріванні до 1500 – 1600°C. Абразивні порошки ельбору випускаються двох марок: ЛВ і ЛП. Зерна ЛВ мають більш розвинуту поверхню і меншу міцність, ніж зерна ЛП. Подібно зернам синтетичних алмазів, абразивні порошки ельбору мають три групи зернистості: шліфзерно (Л25-Л16), шліфпорошки (Л12-Л4) і мікропорошки (ЛМ40-ЛМ1).

До нових видів інструментальних матеріалів відносяться надтверді полікрістали на основі алмазу і кубічного нітриду бору. Діаметр заготовок з надтвердих полікрісталів знаходиться в межах 4 – 8 мм, а висота – 3 – 4 мм. Такі розміри заготовок, а також сукупність фізичних і механічних властивостей дозволяють з успіхом використовувати розглянуті матеріали як матеріал для вигонення ріжучої частини таких інструментів як різці, торцеві фрези та ін.

Надтверді полікрістали на основі алмазу особливо ефективні при різанні таких матеріалів як склопластики, кольорові метали і їх сплави, титанові сплави.

Значне поширення розглянутих композитів пояснюється рядом властивих їм унікальних властивостей – твердістю, що наближається до твердості алмазу, високою теплопровідністю, хімічною інертністю до заліза. Однак вони мають підвищену крихкість, що унеможлиблює їх застосування в умовах ударних навантажень.

Більш стійкі до удару інструменти з композитів 09 і 10. Вони є ефективними для оброблення при важких режимах і ударних навантаженнях загартованих сталей і чавунів.

Застосування надтвердих синтетичних матеріалів робить істотний вплив на технологію машинобудування, відкриваючи перспективу заміну у багатьох випадках шліфування точінням і фрезеруванням.

Перспективним видом інструментального матеріалу є двошарові пластини круглої, квадратної, тригранної або шестигранної форм. Верхній шар пластин складається з полікристалічного алмаза, а нижній - з твердого сплаву або металевої підкладки. Тому пластини можна застосовувати для інструментів з механічним кріпленням в державці.

Сплав силеніт-Р на основі нітриду кремнію з добавками окису алюмінію і титану займає проміжне положення між твердими сплавами на карбідній основі і надтвердими матеріалами на основі алмазу і нітриду бору. Як показали дослідження, він може застосовуватися при чистовому точінні сталей, чавуну, сплавів алюмінію і титану. Перевага цього сплаву полягає і в тому, що нітрид кремнію ніколи не стане дефіцитним.

Фізико-механічні властивості надтвердих матеріалів наведені в табл. 9

Таблиця 9

Фізико-механічні властивості надтвердих матеріалів

Матеріал	Мікро- твердість, ГПа	$\sigma_z$ , МПа	$\sigma_c$ , МПа	Червоностійкість, °С	
АСБ	75 – 80	4900 – 6350	4900 – 7850	650 – 700	
АСПК	80 – 85	4900 – 6850	785 – 11750	700 – 800	
Композити	01, 02	73 – 78	5900 – 6850	4900 – 5900	~ 1200
	09	39	6860 – 9800	39000 – 49000	~ 1400
Силініт-Р	20 – 31	5000 – 7000	25000	~ 1600	

## 1.6. АБРАЗИВНІ МАТЕРІАЛИ

Значне місце в сучасному виробництві деталей машин займають процеси шліфування, при яких використовуються різні абразивні інструменти. Ріжучими елементами цих інструментів служать тверді і теплостійкі зерна абразивного матеріалу з гострими кромками.

Абразивні матеріали поділяються на природні та штучні.

До природних абразивних матеріалів відносяться такі мінерали як кварц, наждак, корунд та ін. Природні абразивні матеріали відрізняються великою неоднорідністю, наявністю сторонніх домішок. Тому за якістю абразивних властивостей вони не задовільняють потреби промисловості.

В даний час оброблення штучними абразивними матеріалами займає провідне місце в машинобудуванні. Найпоширенішими штучними абразивними матеріалами є електрокорунди, карбіди кремнію і бору. До штучних абразивних матеріалів відносяться також полірувально-доводочні порошки – оксиди хрому і заліза. Особливу групу штучних абразивних матеріалів становлять синтетичні алмази і кубічний нітрид бору.

Електрокорунд отримують електричним плавленням матеріалів, насичених оксидом алюмінію, наприклад, з бокситу або глинозему в суміші з відновником (антрацитом або коксом).

Електрокорунд випускається таких різновидів: нормальний, білий, хромистий, титанистий, цирконієвий, монокорунд і сферокорунд.

Електрокорунд нормальний містить 92 – 95% оксиду алюмінію і поділяється на кілька марок: 12А, 13А, 14А, 15А, 16А. Зерна електрокорунду нормального поряд з високою твердістю і механічною міцністю мають значну в'язкість, необхідну при виконанні робіт зі змінними навантаженнями при високих тисках. Тому електрокорунд нормальний застосовують для оброблення різних матеріалів підвищеної міцності: вуглецевої і легованої сталей, ковкого і високоміцного чавуну, нікелевих і алюмінієвих сплавів.

Електрокорунд білий марок 22А, 23А, 24А, 25А відрізняється високим вмістом оксиду алюмінію (98 – 99%). У порівнянні з електрокорундом нормальним він є твердішим, має підвищену абразивну здатність і крихкість. Електрокорунд білий може бути використаний для оброблення тих же матеріалів, що і електрокорунд нормальний. Однак через вищу вартість його

застосовують на відповідальніших роботах для операцій фінішного і профільного шліфування, резьбошліфування, заточування ріжучого інструменту.

Електрокорунд хромистий марок 32А, 33А, 34А поряд з оксидом алюмінію  $Al_2O_3$  містить до 2% оксиду хрому  $Cr_2O_3$ . Добавка оксиду хрому змінює його мікроструктуру і будову. За міцністю електрокорунд хромистий наближається до електрокорунду нормального, а за ріжучими властивостями – до електрокорунду білого. Рекомендується застосовувати електрокорунд хромистий для круглого шліфування виробів з конструкційних і вуглецевих сталей при інтенсивних режимах, де він забезпечує підвищення продуктивності на 20 – 30% порівняно з електрокорундом білим.

Електрокорунд титанистий марки 37А поряд з оксидом алюмінію містить оксид титану  $TiO_2$ . Він відрізняється від електрокорунду нормального високою стабільністю властивостей і підвищеною в'язкістю. Це дозволяє використовувати його в умовах важких і нерівномірних навантажень. Електрокорунд титанистий застосовується на операціях попереднього шліфування зі збільшеною глибиною різання.

Електрокорунд цирконієвий марки 33А поряд з оксидом алюмінію містить оксид цирконію. Він має високу міцність і застосовується в основному для чорнових робіт з великими питомими тисками різання.

Монокорунд марок 43А, 44А, 45А одержують у вигляді зерна, що має підвищену міцність, гострі кромки і вершини з більш вираженою властивістю самозаточування порівняно з електрокорундом. Це забезпечує йому підвищені ріжучі властивості. Монокорунд кращий для шліфування важкооброблюваних сталей і сплавів, для прецизійного шліфування складних профілів і для сухого шліфування ріжчого інструменту.

Сферокорунд містить більше 99%  $Al_2O_3$  і одержується у вигляді порожнистих сфер. У процесі шліфування сфери руйнуються з утворенням гострих кромок. Сферокорунд доцільно застосовувати при обробленні таких матеріалів як гума, пластмаси, кольорові метали.

Карбід кремнію одержують в результаті взаємодії кремнезему і вуглецю в електричних печах, а потім подрібнення на зерна. Він складається з карбіду кремнію і незначної кількості домішок. Карбід кремнію має високу стійкість,

здатність.

Карбід кремнію чорний, марок 53С, 54С, 55С застосовують для оброблення твердих, крихких і дуже в'язких матеріалів – твердих сплавів, чавуну, скла, кольорових металів, пластмас.

Карбід кремнію зелений марок 63С, 64С використовують для заточування твердосплавного інструменту, шліфування кераміки.

Карбід бору В4С має високу твердість, високу зносостійкість і абразивну здатність. Разом з тим, карбід бору дуже крихкий, що і визначає його застосування в промисловості у вигляді порошоків і паст для доведення твердосплавних ріжучих інструментів.

Абразивні матеріали характеризуються такими основними властивостями як формою абразивних зерен, зернистістю, твердістю, механічною міцністю, абразивною здатністю зерен. Твердість абразивних матеріалів характеризується опором зерен поверхневому подрібненню, впливу місцево прикладених сил. Вона повинна бути вищою за твердість оброблюваного матеріалу. Твердість абразивних матеріалів визначають методом нанесення подряпин вістрям одного тіла по поверхні іншого або методом вдавлювання алмазної піраміди під малим навантаженням в абразивне зерно.

Механічна міцність характеризується здатністю зерен подрібнюватись під впливом зовнішніх зусиль. Оцінку міцності проводять роздавлюванням абразивних зерен в сталевій формі під пресом з допомогою певного статичного навантаження. При чорнових режимах з великими глибинами різання необхідні міцні абразиви, а при чистовому шліфуванні і обробленні важкооброблюваних матеріалів переважну більшість займають абразиви з більшою крихкістю і здатністю до самозаточування.

Область застосування деяких абразивних матеріалів приведена в табл. 10.

## **2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ**

Існують кілька методів призначення режимів різання: *табличний, аналітичний, машинний з використанням комп'ютерів і спеціальних програм розрахунку та графоаналітичний.*

При табличному методі зазвичай використовують нормативи режимів різання.

## Основні марки абразивних матеріалів та область їх застосування

Абразивний матеріал	Позначання	Марка	Область застосування
Електрокорунд: нормальний	1А	12А, 13А, 14А, 15А, 16А	Для заточування інструментів із вуглецевих інструментальних сталей
Білий	1А	22А, 23А, 24А, 25А	Для заточування інструментів із швидкорізальних сталей нормальної продуктивності
Хромований	3А	32А, 33А, 34А	Для заточування інструментів із швидкорізальних сталей підвищеної продуктивності
Титанистий	3А	37А	
Монокорунд	4А	43А, 44А, 45А	
Карбід кремнія: чорний	5С	53С, 54С, 55С	Для заточування інструментів із твердих сплавів, мінералокераміки і швидкорізальних сталей
зелений	6С	63С, 64С	
Електрокорунд хромотитановий	9А	91А	Для притирання
Корунд природний	9Е	–	Для правлення кругів
Алмаз: природний	А	А, АМАН	Для заточування інструментів із твердих сплавів, мінералокераміки і швидкорізальних сталей
синтетичний шліфпорошок	АС	АСО, АСР, АСВ, АСК, АСС	
синтетичний мікропорошок	АС	АСМ, АСН	
Кубічний нітрид бору: ельбор	Л	ЛО, ЛП, ЛД, ЛОМ, ЛОС	Для заточування інструментів із важкооброблюваних швидкорізальних сталей
кубоніт	К	КО, КР, КМ, КОМ, КРМ, КОС, ОМА	

## Практичне заняття №3

### Тема: **РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ**

- 1 Методи призначення режимів різання
- 2 Послідовність вибору режимів різання
- 3 Коротка характеристика табличного, аналітичного, машинного і графоаналітичного методів призначення режимів різання.

Існують кілька методів призначення режимів різання: **табличний, аналітичний, машинний з використанням комп'ютерів та спеціальних програм розрахунку і графоаналітичний.**

При табличному методі зазвичай використовують нормативи режимів різання.

**Для вибору режимів різання за табличним методом необхідно знати:**

- фізико-механічні характеристики оброблюваного матеріалу;
- припуск на оброблення, матеріал і геометрію ріжучої частини інструмента;
- розміри ріжучого інструменту.

**Послідовність вибору режимів різання наступна.**

1. Виходячи з заданого припуску на оброблення, **призначають глибину різання  $t$** . Якщо припуск великий, призначають кілька проходів і відповідні глибини різання для кожного проходу.

2. Вибирають **технологічно допустиму подачу  $S$** , враховуючи наступні обмеження:

- необхідну, у відповідності до креслення деталі, **шорсткість обробленої поверхні деталі**;
- **жорсткість оброблюваної деталі**, яка особливо важлива при обробленні деталей типу «вал» з відношенням довжини вала до діаметру більше 10;
- **міцності ріжучого інструменту**.

**Найменша з трьох подач є технологічно допустимою.** Дане значення

подачі уточнюють по верстату та остаточно визначається значення подачі.

3. **За таблицями нормативів**, залежно від знайденого значення подачі **S**, і призначеної глибини різання **t**, **обирають швидкість різання V і частоту обертання заготовки чи інструменту n.**

4. За знайденим значенням частоти обертання **n** і подачі **S** знаходять швидкість різання **V** і ефективну потужність **N**, затрачену на різання, за якою визначають потужність верстата.

**Табличний метод рекомендується** використовувати у виробничих умовах при відсутності вичислювальної техніки, в проектних організаціях при проектуванні нових технологічних процесів, якщо до готової продукції не висуваються високі експлуатаційні вимоги.

**При аналітичному методі** послідовність вибору режимів різання аналогічна табличному, проте необхідно відзначити наступні особливості.

1. Розраховують подачу **S**, що забезпечує задану шорсткість обробленої деталі.
2. Розраховують подачу **S**, що допускається міцністю ріжучого інструменту.
3. Розраховують подачу **S**, що допускається жорсткістю заготовки.
4. Швидкість різання **V** визначають за залежностями, які вказуються в нормативах режимів різання.

5. **При аналітичному способі розрахунку** режиму оброблення вибір верстата проводиться **за потужністю**, що витрачається на процес різання, з подальшою перевіркою міцності механізму поздовжньої подачі.

*Даний метод розрахунку режиму різання може бути використаний, якщо немає обмежень щодо вибору моделі верстата та його характеристик і аналітичні залежності для визначення подачі і швидкості різання мають достатню точність розрахунку.*

На практиці отримано велику кількість таких залежностей, проте всі вони носять частковий характер і справедливі тільки для конкретних сполучень оброблюваних та інструментальних матеріалів.

***На підставі викладеного вище можна зробити наступний висновок: нормативи режимів різання повинні бути науково обґрунтовані, базуватися на аналізі фізико-механічних і теплофізичних явищ, які супроводжують процес різання, враховувати вплив змінних технологічних факторів на цей процес, забезпечувати оптимізацію процесу різання.***

***Сутність машинного методу*** з використанням комп'ютерів і спеціальних програм роботи полягає у використанні теоретичних залежностей щодо визначення параметрів процесу різання, режимів оброблення, параметрів якості поверхневого шару та точності оброблення і в подальшому обчисленні на комп'ютері економічно обґрунтованих режимів оброблення.

***Графоаналітичний метод вибору режимів різання*** вимагає досить трудомістких обчислень для побудови «лінії верстата» і «лінії різця», тому його використання у виробничих умовах ускладнене.

## ***2.1 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ ВИБОРУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ***

Перш ніж приступити до розрахунку режимів різання, необхідно визначити розрахункові (технологічні) розміри оброблюваних поверхонь деталей, які потрібні для розрахунку швидкості різання і часу на оброблення.

*Режим різання, який встановлюється для оброблення деталі, є одним з головних факторів технологічного процесу. Вибір режимів різання невід'ємний від вибору ріжучого інструменту з точки зору його матеріалу, конструкції і геометрії ріжучої частини.*

Для досягнення найбільшої продуктивності слід застосовувати ***заходи щодо збільшення експлуатаційних можливостей верстатів.***

До таких заходів можна віднести:

1 – підвищення кількості обертів шпинделів шляхом зміни шківів, зубчастих коліс, електродвигунів приводу;

2 – підвищення потужності і тягової сили обладнання шляхом заміни електродвигунів, застосування натяжних пристроїв для пасів і т.п.;

3 – збільшення міцності лімітуючих (найслабших) ланок механізмів;

4 – збільшення жорсткості оброблюваних деталей і надійності їх кріплення шляхом застосування спеціальних затискних пристроїв і пристосувань;

5 - поліпшення експлуатаційних властивостей ріжучого інструменту, підвищення його міцності, надійності кріплення і т.д.

**Режим різання металу включає в себе такі основні елементи: глибину різання  $t$ ; подачу  $s$ ; швидкість різання  $v$  та частоти обертання шпинделя верстата  $n$ .**

**До вихідної інформації для вибору режимів різання можна віднести такі**

**дані:**

1 – **Дані про оброблювану деталь:**

- робоче креслення і технічні умови; вид матеріалу і його характеристики (марка, стан, механічні властивості);
- форма, розміри і допуски на оброблення; допустимі відхилення від геометричної форми (овальність, конічність, огранка, допустимі похибки взаємної координації окремих поверхонь і т.п.);
- необхідна шорсткість (мікрогеометрія) оброблюваної поверхні;
- вимоги до стану поверхневого шару (допустиме зміцнення).

2 – **Відомості про заготовку:**

- креслення і технічні умови;
- вид заготовки (форма та метод отримання);
- величина і характер розподілу припусків;
- стан поверхневого шару (наявність окалини, зміцнення).

3 – **Паспортні дані верстатів.**

**Складові режимів різання вибираються таким чином, щоб була досягнута найбільша продуктивність праці при найменшій собівартості даної технологічної операції.**

Ця вимога виконується при роботі інструментом раціональної конструкції (*правильно підібраний матеріал, найвигідніша геометрія, необхідна міцність, жорсткість, вібростійкість, зносостійкість, тощо*).

Режим різання встановлюють, виходячи з особливостей оброблюваної деталі і характеристики ріжучого інструменту і верстата.

**Вибір величин елементів режиму різання і параметрів інструменту для точіння ведеться в такому порядку.**

**1 Вибирається глибина різання, що встановлюється залежно від припуску на оброблення і кількості проходів.**

*Припуск розбивається на чорновий, чистовий і викінчувальний. Величина припуску визначається залежно від отриманих при попередньому обробленні: величини дефектного шару (зміцнення, відпуску, припалів і т.п.); мікрогеометрії поверхні; похибок форми деталі; похибки встановлення деталі для даної операції; допуску на виконання попередньої операції.*

**Необхідно прагнути до зменшення кількості проходів.**

*Припуск під чорнове оброблення зазвичай знімається за 1 – 2 ходи.*

*Кількість чистових ходів вибирається залежно від необхідної точності оброблення, шорсткості поверхні і стану поверхневого шару деталі.*

**2 Вибирається ріжучий інструмент: встановлюються його тип, розмір, матеріал і найвигідніша геометрія залежно від:**

а) виду

оброблюваної  
деталі; б)  
характеру  
оброблення;  
в) матеріалу ріжучої  
частини інструменту; г)  
жорсткості та  
вібростійкості системи.

### **3 Визначається подача залежно від:**

а) виду деталі й характеристик її оброблюваних поверхонь (жорсткості, міцності і вібростійкості, стану поверхневого шару, мікрогеометрії поверхні);

б) ріжучого інструменту (міцності, жорсткості, зносостійкості та вібростійкості);

в) характеристики верстата (міцності механізмів подач, передач, жорсткості, вібростійкості і кінематики).

***4*** ***Розраховується швидкість різання або кількість обертів шпинделя верстата.***

## **3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ДЛЯ ОСНОВНИХ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ**

### **3.1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ**

При призначенні елементів режимів різання враховують характер обробки, тип і розміри інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання.

Елементи режиму різання зазвичай встановлюються в порядку зазначеному нижче.

**Глибину різання  $t$**  при чорновому (попередньому) обробленні призначають за можливістю максимальною, рівну всьому припуску на оброблення або його більшій частині; при чистовому (остаточному) обробленні – залежно від вимог точності розмірів і шорсткості обробленої поверхні.

**Подача  $s$  при чорновому обробленні** вибирається максимально можливою, виходячи з жорсткості і міцності системи ВПД, потужності приводу верстата, міцності твердосплавної пластинки та інших обмежуючих факторів.

**При чистовому обробленні** – залежно від необхідної точності і параметрів, що характеризують якість поверхневого шару.

**Швидкість різання  $v$**  розраховують за емпіричними формулами, встановленими для кожного виду оброблення, які мають загальний вигляд

$$v_{m\bar{o}} = \frac{C_v}{T^m t^x s^y}$$

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степеня  $m$ ,  $x$ ,  $y$ , що містяться в цій формулі, так само як і період стійкості  $T$  інструменту, який застосовується для конкретного виду оброблення, наведені в довідникових таблицях.

За допомогою табличних даних швидкість різання  $v_{m\bar{o}}$  отримана при певному виді оброблення, конкретних матеріалах ріжучої кромки різця і заготовки, в певному діапазоні подач.

Тому для отримання дійсного значення швидкості різання  $v$  з урахуванням конкретних значень згаданих чинників вводиться **поправочний коефіцієнт  $K_v$** . Тоді дійсна швидкість різання

$$v = v_{m\bar{o}} K_v,$$

де  $K_v$  – ряд коефіцієнтів.

Найважливішими з них, загальними для різних видів оброблення, є:  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (табл. 11, 12, 13);

Таблиця 11

Поправочний коефіцієнт  $K_{mv}$  для сталі і чавуну, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула
Сталь	$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{nv}$
Сірий чавун	$K_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{190}{HB} \right)^{nv}$
Ковкий чавун	$M_{mv} = K_{\Gamma} \left( \frac{150}{HB} \right)^{nv}$

**Примітки.** Наведені в таблиці 11  $\sigma_{\epsilon}$  і  $HB$  – фактичні параметри, що характеризують оброблюваний матеріал, для якого розраховується швидкість різання.

$K_{\Gamma}$  – коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюваністю (табл. 12);

$K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання (табл. 15);

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту (табл. 16).

Таблиця 12

Коефіцієнт  $K_{\Gamma}$ , що характеризує групу сталі за оброблюваністю і показник степеня  $n_v$  у формулі для розрахунку коефіцієнта оброблюваності сталі  $K_{mv}$ , приведеного в табл. 11

Оброблювальний матеріал	Коефіцієнт $K_{\Gamma}$ для матеріала інструменту		Показники степеня при обробленні					
			різцями		свердлами, зенкерами, розвертками		фрезами	
	Із швидкоріжучої сталі	Із твердого сплаву	Із швидкоріжучої сталі	Із твердого сплаву	Із швидкоріжучої сталі	Із твердого сплаву	Із швидкоріжучої сталі	Із твердого сплаву
<b>Сталь:</b> вуглецева ( $C < 0,6\%$ ), $\sigma_{\epsilon}$ МПа: $< 450$	1,0	1,0	-1,0	1,0	-0,9	1,0	-0,9	1,0
450-550	1,0	1,0	1,75		-0,9		-0,9	
> 550	1,0	1,0	1,75		0,9		0,9	

підвищеної і високої оброблюваності різанням	1,2	1,1	1,75	1,0	1,05	1,0	—	1,0		
хромиста	0,85	0,95	1,75		1,05		1,45			
вуглецева ( $C > 0,6 \%$ )	0,8	0,9	1,5		0,9		1,35			
хромонікелева, хромо-молібденованадієва	0,7	0,8	1,25		0,9		1,0		1,35	1,0
хромомарганцева, хромокремнієва, хромокремнемарганцева, хромонікельмолібденова										
хромомолібденоалюмінієва										
хромованадієва										
марганцева										
хромонікельвольфрамова										
хромомолібденова										
хромоалюмінієва										
хромонікельванадієва										
швидкоріжуча										
<b>Чавун:</b>	-	—	1,7	1,25	1,3	1,3	0,95	1,25		
сірий	—	—	1,7							
ковкий										
				1,25	1,3	1,3	0,85	1,25		

Таблиця 13

Поправочний коефіцієнт  $K_{mv}$ , що враховує вплив фізико-механічних властивостей жаростійких і корозійностійких сталей на швидкість різання

Марка сталі чи сплаву	$\sigma_B$ , МПа	Середнє значення коефіцієнта $K_{mv}$	Марка сталі чи сплаву	$\sigma_B$ , МПа	Середнє значення коефіцієнта $Z_v$
12X18H9T	550	1,0	ХН60ВТ	750	0,48
13X11H2B2MФ	1100-1460	0,8 - 0,3	ХН77ТЮ	850-100	0,40
14X17H2	800-1300	1,0 - 0,75			
13X14H3B2ФР	700-1200	0,5 - 0,4	ХН77ТЮР	950	0,26
37X12H8Г8МФБ	-	0,95 - 0,72	ХН35ВТ	1000-1250	0,50
45X14H14B2М	700	1,06	ХН70ВМТЮ	1000-1250	0,25
10X11H20ТЗР	720-800	0,85	ХН55ВМТКЮ	900-1000	0,25
12X21H5Т	820-10000	0,65	ХН65ВМТЮ	900-950	0,20
20X23H18	600-620	0,80	ХН35ВТЮ	950-1200	0,22
			ВТ3-1; ВТ3	750-950	0,40
			ВТ5; ВТ4	900-12	0,70
31X19H9МВБТ	730	0,40	ВТ6; ВТ8	900-1400	0,35
15X18H12С4ТЮ	780	0,50	ВТ14	600-1100	0,53 - 0,43
ХН78Т	-	0,75	12X13	850-1100	1,5 - 1,2
ХН75МБТЮ	-	0,53	30X13; 40X13	-	1,3 - 0,9

Таблиця 14

Поправочний коефіцієнт  $K_{mv}$ , який враховує вплив фізико-механічних властивостей мідних та алюмінієвих сплавів на швидкість різання

Мідні сплави	$K_{mv}$	Алюмінієві сплави	$K_{mv}$
Гетерогенні: $HB > 140$ $100 - 140 HB$ Свинцеві при основній гетерогенній структурі Гомогенні Сплави з вмістом свинцю < 10 % при основній гомогенній структурі Мідь Сплави з вмістом свинцю > 15 %	0,7	Силумін і ливарні сплави (гартування), $\sigma_B = 200 - 300$ МПа, $HB > 60$ Дюралюміній (гартований), $\sigma_B = 400 - 500$ МПа, $HB > 100$	0,8
	1,0		
	1,7	Силумін і ливарні сплави, $\sigma_B = 100 - 200$ МПа, $HB < 65$ . Дюралюміній, $\sigma_B = 300 - 400$ МПа, $HB < 100$	1,0
	2,0		
4,0			
8,0	Дюралюміній, $\sigma_B = 200 - 300$ МПа	1,2	
12,0			

Таблиця 15

Поправочний коефіцієнт  $K_{nv}$ , що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання

Стан поверхні заготовки					
Без кірки	З кіркою				
	прокат	поковка	сталеві і чавунні виливки при кірці		мідні і алюмінієві сплави
			нормальній	забрудненій	
1,0	0,9	0,8	0,8 – 0,85	0,5 – 0,6	0,9

Таблиця 16

Поправочний коефіцієнт  $K_{iv}$ , що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

Оброблювальний матеріал	Значення коефіцієнта $K_{iv}$ залежно від марки інструментального матеріалу						
	T5K12B	T5K10	T14K8	T15K6	T15K6	T30K4	BK8
Сталь конструкційна	0,35	0,65	0,8	1,00	1,15	1,4	0,4
Корозійностійкі та жароміцні сплави	BK8	T5K10	T15K6	P18	-		
	1,0	1,4	1,9	0,3			
Сталь гартована	35-50 HRC				51-62 HRC		
	T15K6	T30K4	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8
	1,0	1,25	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Сірий та ковкий чавун	BK8	BK6	BK4	BK3	BK3	-	
	0,83	1,0	1,1	1,15	1,25		
Сталь, чавун, мідні та алюмінієві сплави	P6M5	BK4	BK6	9XC	XBG	Y12A	-
	1,0	2,5	2,7	0,6	0,6	0,5	

**Стійкість  $T$**  – період роботи інструменту до затуплення, що наводиться для різних видів оброблення, відповідає умовам одноінструментного оброблення. При багатоінструментальному обробленню період стійкості  $T$  слід збільшувати. Він залежить, перш за все, від кількості одночасно працюючих інструментів, відношення часу різання до часу робочого ходу, матеріалу інструменту, виду обладнання.

При багатоінструментальному обслуговуванні період стійкості  $T$  також необхідно збільшувати зі зростанням кількості верстатів, які обслуговуються (табл. 17).

Таблиця 17

Коефіцієнт стійкості  $K_{TI}$  залежно від одночасно оброблюючих інструментів при середній рівномірності їх навантаження

Кількість інструментів, що працює	1	3	5	8	10	15
$K_{TI}$	1	1,7	2	2,5	3	4

**Примітка 1.** При рівномірному завантаженні інструментом  $K_{TI}$  збільшується в 2 рази.  
**2.** При завантаженні інструментів з великою нерівномірністю коефіцієнт  $K_{TI}$  зменшується на 25–30%.

**Сила різання.** Під силою різання, зазвичай, мають на увазі її головну складову  $P_z$ , визначальну при підрахунку потужності, що витрачається на різання  $N_e$  і крутний момент на шпинделі верстата. Силі залежності розраховують за емпіричними формулами, значення коефіцієнтів і показників степеня, в яких для різних видів оброблення, вказані у відповідній довідниковій літературі.

Розраховані з використанням табличних даних силі залежності враховують конкретні технологічні параметри (глибину різання, подачу, ширину фрезерування та ін.) і дійсні при певних значеннях ряду інших чинників. Їх значення, відповідні фактичним умовам різання, отримують множенням на загальний поправочний коефіцієнт, що враховує зміну в порівнянні з табличними умовами різання, що представляє собою добуток з ряду коефіцієнтів. Найважливішим із них є коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

### 3.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ ТОЧІННІ

**Глибина різання.** Глибина різання  $t$  при чорновому точінні і відсутності обмежень щодо потужності обладнання, жорсткості системи ВПД приймається рівною припуску на оброблення. При чистовому точінні припуск зрізається за два проходи і більше. На кожному наступному проході слід призначати меншу глибину різання, ніж на попередньому. *При параметрі шорсткості обробленої поверхні 3,2 Ra включно,  $t = 0,5 - 2,0$  мм; при  $Ra \geq 0,8$  мкм,  $t = 0,1 \dots 0,4$  мм.*

**Подача.** Подача  $S$  при чорновому точінні приймається максимально допустимою за потужністю обладнання, жорсткістю системи ВПД, міцністю ріжучої пластини і міцністю державки. Рекомендовані подачі при чорновому зовнішньому точінні наведені в табл. 18, а при чорновому розточуванні – в табл. 19.

Максимальні величини подачі при точінні сталі 45, що допустимі міцністю пластини з твердого сплаву, наведено в табл. 20.

Таблиця 20

Подачі, мм/об, що допускаються міцністю пластини з твердого сплаву, при точінні конструкційної сталі різцями з головним кутом в плані  $\varphi = 45^\circ$

Товщина пластини, мм	Глибина різання $t$ , мм, до			
	4	7	13	22
4	1,3	1,1	0,9	0,8
6	2,6	2,2	1,8	1,5
8	4,2	3,6	3,6	2,5
10	6,1	5,1	4,2	3,6

**Примітки:** 1. Залежно від механічних властивостей сталі на табличні значення подачі вводити поправочний коефіцієнт 1,2 при  $\sigma_s = 480-640$  МПа; 1,0 при  $\sigma_s = 650-870$  МПа і 0,85 при  $\sigma_s = 870-1170$  МПа.  
 2. При обробленні чавуну табличне значення подачі множити на коефіцієнт 1,6.  
 3. При обробленні чавуну табличне значення подачі множити на поправочний коефіцієнт 1,4 при  $\varphi=30^\circ$ ; 1,0 при  $\varphi=45^\circ$ ; 0,6 при  $\varphi=60^\circ$  і 0,4 при  $\varphi=30^\circ$ .  
 4. При обробленні з ударами подачу зменшувати на 20%.

Подачі при чистовому точінні вибирають залежно від необхідних параметрів шорсткості поверхні і радіусу при вершині різця в плані (табл. 21).

Подачі, мм/об, при чистовому точінні

Параметр шорсткості поверхні, мкм		Радіус при вершині різця, $r$ , мм					
$Ra$	$Rz$	0,4	0,8	1,2	1,6	2,0	2,4
0,63	-	0,07	0,1	0,12	0,14	0,15	0,17
1,25		0,1	0,13	0,165	0,19	0,21	0,23
2,5		0,144	0,2	0,246	0,29	0,32	0,35
-	20	0,25	0,33	0,42	0,49	0,55	0,6
	40	0,35	0,51	0,63	0,72	0,8	0,87
	80	0,47	0,66	0,81	0,94	1,04	1,14

**Примітки:** Подачі дані для оброблення сталей  $\sigma_s = 700\text{--}900$  МПа і чавунів; для сталей з  $\sigma_s = 500\text{--}700$  МПа значення подач множать на коефіцієнт  $K_S = 0,45$ ; для сталей з  $\sigma_s = 900\text{--}1100$  МПа – значення подач множать на коефіцієнт  $K_S = 1,25$ .

**Значення подачі при чорновому зовнішньому точінні різцями з пластинами з  
твердого сплаву і швидкоріжучої сталі**

		Оброблюваний матеріал										
Діаметр деталі, мм	Розмір державки різця, мм	Сталь конструкційна вуглецева, легована і жароміцна					Чавун і мідні сплави					
		Подача $S$ , мм/об, при глибині різання $t$ , мм										
		До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8	Від 8 до 12	Від 12	До 3	Від 3 до 5	Від 5 до 8	Від 8 до 12	Від 12	
До 20	Від 16 × 25 до 25 × 25	0,3-0,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Св. 20 до 40	Від 16 × 25 до 25 × 25	0,4-0,5	0,3-0,4				0,4 - 0,5					
» 40 » 60	Від 16 × 25 до 25 × 40	0,5-0,9	0,4-0,8	0,3-0,7			0,6 - 0,9	0,5-0,8	0,4-0,7			
» 60 » 100	Від 16 × 25 до 25 × 40	0,6-1,2	0,5-1,1	0,5-0,9	0,4-0,8		0,8 - 1,4	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9		
» 100 » 400	Від 16 × 25 до 25 × 40	0,8-1,3	0,7-1,2	0,6-1,0	0,5-0,9		1,0 - 1,5	0,8-1,9	0,8-1,1	0,6-0,9		
» 400 » 500	Від 20 × 30 до 40 × 60	1,1-1,4	1,0-1,3	0,7-1,2	0,6-1,2	0,4-1,1	1,3-1,6	1,2-1,5	1,0-1,2	0,7-0,9		
» 500 » 600	Від 20 × 30 до 40 × 60	1,2-1,5	1,0-1,4	0,8-1,3	0,6-1,3	0,1-1,2	1,5-1,8	1,2-1,6	1,0-1,4	0,9-1,2	0,8-1,0	
» 600 » 1000	Від 25 × 40 до 40 × 60	1,2-1,8	1,1-1,5	0,9-1,4	0,8-1,4	0,7-1,3	1,5-2,0	1,3-1,8	1,0-1,4	1,0-1,3	0,9-1,2	
» 1000 » 2500	Від 30 × 45 до 40 × 60	1,3-2,0	1,3-1,8	1,2-1,6	1,1-1,5	1,0-1,5	1,6-2,4	1,6-2,0	1,4-1,8	1,3-1,7	1,2-1,7	

**Примітка.** 1. Нижні значення подачі відповідають меншим розмірам державки різця і міцнішим оброблюваним матеріалам; верхні значення подачі – великим розмірам державок різця і менш міцним оброблюваним матеріалам.

2. При обробленні жароміцних сталей і сплавів подачі понад 1 мм/об не застосовувати.

3. При обробленні переривчастих поверхонь і при роботах з ударами, табличні значення подачі слід перемножувати на коефіцієнт 0,75-0,85.

4. При обробленні загартованих сталей табличні значення подачі зменшувати, перемножуючи на коефіцієнт 0,8 для сталі з 44-56 HRC і на 0,5 для сталі з 57-62 HRC.

**Подачі при чорновому розточуванні на токарних, токарно-револьверних і карусельних верстатах різцями із пластинами з твердого сплаву і швидкоріжучої сталі**

Різець чи оправка		Оброблюваний матеріал														
Діаметр круглого перерізу різця чи розміри прямокутного перерізу оправки, мм		Сталь конструкційна вуглецева					Чавун і мідні сплави									
		Подача $S$ , мм/об, при глибині різання $t$ , мм														
		2	3	5	8	12	20	2	3	5	6	12	20			
Токарні і токарно-револьверні верстати																
10	50	0,08	-	-					0,12 - 0,16				-			
12	60	0,10	0,8						0,12 - 0,20							
16	80	0,1 - 0,2	0,15	0,1					0,20 - 0,30							
20	100	0,5 - 0,3	0,15 - 0,25	0,12					0,3 - 0,4							
25	125	0,25 - 0,5	0,15 - 0,4	0,12 - 0,2	-				0,4 - 0,6							
30	150	0,4 - 0,7	0,2 - 0,5	0,12 - 0,3					0,5 - 0,8							
40	200		0,25 - 0,6	0,15 - 0,4												
40x40	150		0,6 - 1,0	0,5 - 0,7												
	300		0,4 - 0,7	0,3 - 0,6												
60x60	150		0,9 - 1,2	0,8 - 1,0												
	300		0,7 - 1,0	0,5 - 0,8	0,6 - 0,8											
75x75	300	-	0,9 - 1,3	0,8 - 1,1	0,4 - 0,7											
	500		0,7 - 1,0	0,6 - 0,9	0,7 - 0,9											
	800			0,4 - 0,7	0,5 - 0,7											
Карусельні верстати																
	200		1,3 - 1,7	1,2 - 1,5	1,1 - 1,3	0,9 - 1,2	0,8 - 1,0					1,5 - 2,0	1,4 - 2,0	1,2 - 1,6	1,0 - 1,4	0,9 - 1,2
	300		1,2 - 1,4	1,0 - 1,3	0,9 - 1,1	0,8 - 1,0	0,6 - 0,8					1,4 - 1,8	1,2 - 1,7	1,0 - 1,3	0,8 - 1,1	0,7 - 0,9
	500		1,0 - 1,2	0,9 - 1,1	0,7 - 0,9	0,6 - 0,7	0,5 - 0,6					1,2 - 1,6	1,1 - 1,5	0,8 - 1,1	0,7 - 0,9	0,6 - 0,7
	700		0,8 - 1,0	0,7 - 0,8	0,5 - 0,6							1,0 - 1,4	0,9 - 1,2	0,7 - 0,9		-

**Примітка.** 1. Верхні значення подачі рекомендуються для меншої глибини різання при обробленні менш міцних матеріалів, нижні – для більшої глибини і міцніших матеріалів.  
2. Див. примітки 2 – 4 до табл. 18.

При прорізуванні пазів і відрізанні величина поперечної подачі залежить від властивостей оброблюваного матеріалу, розмірів паза і діаметра оброблення (табл. 22).

Таблиця 22

**Подачі, мм/об, при прорізуванні пазів і відрізанні**

Діаметр оброблення, мм	Ширина різця, мм	Оброблюваний матеріал	
		Сталь, конструкційна вуглецева і легована, сталеве литво	Чавун, мідні і алюмінієві сплави
<i>Токарно-револьверні верстати</i>			
До 20	3	0,06 - 0,8	0,11 - 0,14
Від 20 до 40	3 - 4	0,1 - 0,12	0,16 - 0,19
» 40 » 60	4 - 5	0,13 - 0,16	0,20 - 0,24
» 60 » 100	5 - 8	0,16 - 0,23	0,24 - 0,32
» 100 » 150	6 - 10	0,18 - 0,26	0,30 - 0,40
» 150	10 - 15	0,28 - 0,36	0,40 - 0,55
<i>Карусельні верстати</i>			
До 2500	10 - 15	0,35 - 0,45	0,55 - 0,60
Від 2500	16 - 20	0,45 - 0,60	0,60 - 0,70
<p><b>Примітки.</b> 1. При відрізанні суцільного матеріалу діаметром понад 60 мм при наближенні різця до осі деталі на відстань до 0,5 радіуса, табличні значення подачі слід зменшити на 40-50%.</p> <p>2. Для загартованої конструкційної сталі табличні значення подачі зменшувати на 30% при <math>HRC &lt; 50</math> і на 50% при <math>HRC &gt; 50</math>.</p> <p>3. При роботі різцями, встановленими в револьверній головці, табличні значення множити на коефіцієнт <math>K = 0,8</math>.</p>			

Рекомендовані подачі при фасонному точінні приведено в табл. 23.

Таблиця 23

**Значення подач, мм/об, при фасонному точінні**

Ширина різця, мм	Діаметр оброблювальної заготовки, мм			
	20	25	40	60 і більше
8	0,03 - 0,09	0,04 - 0,09	0,04 - 0,09	0,04 - 0,09
10	0,03 - 0,07	0,04 - 0,085	0,04 - 0,085	0,04 - 0,085
15	0,02 - 0,05	0,035 - 0,075	0,04 - 0,08	0,04 - 0,08
20		0,03 - 0,06	0,04 - 0,08	0,04 - 0,08
30			0,035 - 0,07	0,035 - 0,07
40			0,03 - 0,06	0,03 - 0,06
50 і більше				0,025 - 0,055
<p><b>Примітка:</b> Менші подачі брати для складніших і глибоких профілів та твердих металів, більші – для простих і м'яких металів.</p>				

**Швидкість різання.** Швидкість різання  $v$  при зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні і розточуванні розраховується за емпіричною формулою

$$v_{\text{мб}} = \frac{C_v}{T^{\frac{m}{t}} \cdot t^{\frac{x}{s}} \cdot s^{\frac{y}{s}}} K_v.$$

Середнє значення стійкості  $T$  при одноінструментальному обробленні складає 30 – 60 хв.

Значення коефіцієнта  $C_v$ , показники степенів  $x$ ,  $y$  і  $m$  наведені в табл. 24.

Коефіцієнт  $K_v$  є добутком коефіцієнтів, що враховують матеріал заготовки  $K_{mv}$  (табл. 13, 14), стану поверхні  $K_{nv}$  (табл. 15), матеріалу інструмента  $K_{iv}$  (табл. 16).

При внутрішньому обробленні (розточуванні, прорізання канавок в отворах, внутрішньому фасонному точінні) приймати швидкість різання, що дорівнює швидкості різання для зовнішнього оброблення з введенням поправочного коефіцієнта 0,9.

При токарному обробленні поряд з поправочним коефіцієнтом  $K_{iv}$ , що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання необхідно враховувати вплив параметрів різця (табл. 25).

Фінішне токарне оброблення має ряд особливостей, що відрізняють його від чорнового і міжопераційного точіння, тому рекомендовані режими різання при тонкому (алмазному) точінні на швидкохідних токарних верстатах підвищеної точності і розточних верстатах наведені окремо в табл. 26.

Режими різання при точінні загартованої сталі різцями з твердого сплаву приведені в табл. 27.

Режими різання при точінні і розточуванні чавунів, загартованих сталей і твердих сплавів різцями, оснащеними полікристалами композитів 01 (ельбор-Р), 05, 10 (гексанітом-Р) і 10Д (двошарові пластини з робочим шаром з гексаніта-Р) приведені в табл. 28.

Таблиця 24

**Значення коефіцієнта  $C_v$  та показників степеня у формулі швидкості різання при обробленні різцями**

Вид оброблення	Матеріал ріжучої частини різця	Характеристика подачі	Коефіцієнт і показники степеня			
			$C_v$	$x$	$y$	$m$
Оброблення конструкційної вуглецевої сталі $\sigma_v = 750$ МПа						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	Т15К6	$s$ до 0,3	350	0,15	0,20	0,20
		$s$ від. 0,3 до 0,7	290		0,35	
		$s > 0,7$	280		0,45	
Відрізання	Т5К10 Р18	-	47	-	0,80	0,20
			23,7		0,66	0,25
Нарізування кріпильної різі	Т15К6	-	244	0,23	0,30	0,20
Оброблення сірого чавуну, 190 <i>HB</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	ВК6	$s \leq 0,40$	292	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,4$	243		0,40	
Відрізання	ВК6	-	68.5	-	0,40	0,20
Оброблення ковкого чавуну, 150 <i>HB</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	ВК8	$s \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$s > 0,40$	215	0,15	0,45	0,20
Відрізання	ВК6	-	86	-	0,40	0,20
Оброблення мідних гетерогенних сплавів середньої твердості, 100 ... 140 <i>HB</i>						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	Р18	$s \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$s > 0,20$	182		0,30	
Оброблення силуміну та ливарних алюмінієвих сплавів, $\sigma_v = 100...200$ МПа, $HB \leq 65$ ; дюралюмінію, $\sigma_v = 300...400$ МПа, $HB \leq 100$						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	Р18	$s \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$s > 0,20$	328		0,50	

Оброблення ковкого чавуну, 150 HB						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	BK8*	$S \leq 0,40$	317	0,15	0,20	0,20
		$S > 0,40$	215		0,45	
відрізання	BK6*	-	86	-	0,40	
Оброблення мідних гетерогенних сплавів середньої твердості, 100–140 HB						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18*	$S \leq 0,20$	270	0,12	0,25	0,23
		$S > 0,20$	182		0,30	
Оброблення силуміну і ливарних алюмінієвих сплавів, $\sigma_s = 100 - 200$ МПа, HB $\leq 65$ ; дюралюмінію, $\sigma_s = 300 - 400$ МПа, HB $\leq 100$						
Зовнішнє поздовжнє точіння прохідними різцями	P18*	$S \leq 0,20$	485	0,12	0,25	0,28
		$S > 0,20$	328		0,50	
<p>*Без охолодження.  **З охолодженням.</p> <p><b>Примітка.</b> 1. При внутрішньому обробленні (розточуванні, прорізанні канавок в отворах, внутрішньому фасонному точінні) приймати швидкість різання, рівною швидкості різання для зовнішнього оброблення з введенням поправочного коефіцієнта 0,9.  2. При обробленні без охолодження конструкційних і жароміцних сталей і сталевих відливок різцями з швидкоріжучої сталі вводити поправочний коефіцієнт на швидкість різання 0,8.  3. При відрізанні і прорізанні з охолоджуючим розчином різцями з твердого сплаву T15K6 конструкційних сталей і сталевих вливок вводити поправочний коефіцієнт 1,4.  4. При фасонному точінні глибокого і складного профілю на швидкість різання вводити поправочний коефіцієнт 0,85.  5. При обробленні різцями з швидкоріжучої сталі термооброблених сталей швидкість різання для відповідної сталі зменшити, вводячи поправочний коефіцієнт 0,95 – при нормалізації, 0,9 – при відпалі, 0,8 – при покращенні.  6. Подача <math>S</math> в мм/об.</p>						

Таблиця 25

Поправочні коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різця на швидкість різання

Головний кут в плані $\varphi^\circ$	Коефіцієнт $K_{\varphi v}$	Допоміжний кут в плані $\varphi_1^\circ$	Коефіцієнт $K_{\varphi 1 v}$	Радіус при вершині різця $r$ , мм	Коефіцієнт $K_{r v}$
20	1,4	10	1,0	1	0,94
30	1,2	15	0,97	2	1,0
45	1,0	20	0,94	3	1,03
60	0,9	30	0,91	-	-
75	0,8	45	0,87	5	1,13
90	0,7	-	-	-	-
*Враховують тільки для різців із швидкорізальної сталі.					

Таблиця 26

## Режими різання при тонкому точінні і розточуванні

Оброблюваний матеріал	Матеріал робочої частини інструменту	Параметри шорсткості поверхні $Ra$ , мкм	Подача, мм/об	Швидкість різання м/хв
Сталь: $\sigma_s < 650$ МПа $\sigma_s = 650..800$ МПа $\sigma_s > 800$ МПа	Т30К4	1,25 – 0,63	0,06 – 0,12	250 – 300
				150 – 200
Чавун: 149-163 <i>HB</i> 156-229 <i>HB</i> 170-241 <i>HB</i>	ВК3	2,5 – 1,25	0,04 – 0,1	120 – 170
				150 – 200
				120 – 150
Алюмінієві сплави і бабіт		1,25 – 0,32	0,04 – 0,1	100 – 120
Бронза і латунь			0,04 – 0,08	300 – 600
<p><b>Примітки.</b> 1. Глибина різання 0,1–0,15 мм. 2. Попередній прохід з глибиною різання 0,4 мм покращує геометричну форму оброблюваної поверхні. 3. Менші значення параметра шорсткості поверхні відповідають меншим подачам.</p>				

Таблиця 27

## Режими різання при зовнішньому поздовжньому точінні і відрізання деталей із загартованої сталі різцями з пластинами із твердого сплаву

Подача $S$ , мм/об	Ширина прорізування, мм	Твердість оброблювального матеріалу <i>HRC</i>									
		35	39	43	46	49	51	53	56	59	62
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Швидкість різання $v$ , м/хв,											
Зовнішнє повздовжнє точіння											
0,2	–	157	135	116	107	83	76	66	48	32	26
0,3		140	118	100	92	70	66	54	39	25	20
0,4		125	104	88	78	60	66	45	33		
0,5		116	95	79	71	53					
0,6		108	88	73	64	48					

Прорізування паза																																			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12																								
0,05	3	131	110	95	83	70	61	54	46	38	29																								
0,08	4	89	75	65	56	47	41	37	31	25	19																								
0,12	6	65	55	47	41	35	30	27	23	18	14																								
0,16	8	41	43	37	32	27	23	-	-	-	-																								
0,20	12	43	36	31	27	23	20																												
<p><b>Примітка.</b> 1. Залежно від глибини різання на табличне значення швидкості різання вводити поправочний коефіцієнт: 1,15 при <math>t = 0,4 - 0,9</math> мм; 1,0 при <math>t = 1 - 2</math> мм і 0,91 при <math>t = 2 - 3</math> мм.</p> <p>2. Залежно від параметра шорсткості на табличне значення швидкості різання вводити поправочний коефіцієнт: 1,0 при 10 мкм <math>Rz</math>; 0,9 при 2,5 мкм <math>Ra</math>; і 0,7 при 1,25 мкм <math>Ra</math>.</p> <p>3. Залежно від марки твердого сплаву на швидкість різання вводити поправочний коефіцієнт <math>K_{iv}</math>:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Твердість оброблюваного матеріалу</th> <th colspan="4">35–49 HRC</th> <th colspan="3">50–62 HRC</th> </tr> <tr> <th>Марка твердого сплаву</th> <th>T30K4</th> <th>T15K6</th> <th>BK6</th> <th>BK8</th> <th>BK4</th> <th>BK6</th> <th>BK8</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Коефіцієнт <math>K_{iv}</math>:</td> <td>1,25</td> <td>1,0</td> <td>0,85</td> <td>0,83</td> <td>1,0</td> <td>0,92</td> <td>0,74</td> </tr> </tbody> </table> <p>4. Залежно від головного кута різця в плані вводити поправочні коефіцієнти: 1,2 при <math>\varphi=30^\circ</math>; 1,0 при <math>\varphi=45^\circ</math>; 0,9 при <math>\varphi=60^\circ</math>; 0,8 при <math>\varphi=75^\circ</math>; 0,7 при <math>\varphi=90^\circ</math>.</p> <p>5. При роботі без охолодження на швидкість різання вводити поправочний коефіцієнт 0,9.</p>												Твердість оброблюваного матеріалу	35–49 HRC				50–62 HRC			Марка твердого сплаву	T30K4	T15K6	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8	Коефіцієнт $K_{iv}$ :	1,25	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74
Твердість оброблюваного матеріалу	35–49 HRC				50–62 HRC																														
Марка твердого сплаву	T30K4	T15K6	BK6	BK8	BK4	BK6	BK8																												
Коефіцієнт $K_{iv}$ :	1,25	1,0	0,85	0,83	1,0	0,92	0,74																												

Таблиця 28

**Режими різання при точінні і розточуванні різцями, оснащеними композитом на основі нітриду бору**

Оброблювальний матеріал	Характер обробки	Марка композита	Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/об	Швидкість різання $v$ , м/хв
Загартовані сталі, 40–58 HRC	Без удару	01; 05	0,05 - 3,0	0,03 - 0,2	50 - 100
	з ударом	10; 10Д	0,05 - 1,0	0,03 - 0,1	40 - 120
Загартовані сталі, 58–68 HRC	Без удару	01	0,05 - 0,8	0,03 - 0,1	50 - 120
	з ударом	10; 10Д	0,05 - 0,2	0,03 - 0,07	10 - 100
Сірі і високоміцні чавуни, 150–300 HB	Без удару	05; 01	0,05 - 3,0	0,05 - 0,3	300 - 1000
	з ударом	10; 10Д; 05; 01	0,05 - 3,0	0,05 - 0,15	300 - 700
Відбілені загартовані чавуни, 400–600 HB	Без удару	05; 01	0,05 - 2,0	0,03 - 0,15	80 - 200
	з ударом	10; 10Д	0,05 - 1,0	0,03 - 0,1	50 - 100
Тверді сплави BK15, BK20, BK25 і т.п. 80–86 HRA	Без удару, допускається биття	10; 10Д; 01	0,05 - 1,0	0,03 - 0,1	5 - 20

Сила різання. Силу різання прийнято розкласти на складові сили, спрямовані по вісях координат верстата (тангенціальну  $P_z$ , радіальну  $P_y$  і осьову  $P_x$ ).

При зовнішньому поздовжньому і поперечному точінні, розточуванні, відрізання, прорізання пазів і фасонному точінні ці складові розраховують за формулою

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p.$$

При відрізання, прорізання і фасонному точінні  $t$  – довжина леза різця. Постійна  $C_p$  і показники степеня  $x$ ,  $y$ ,  $n$  для конкретних умов оброблення для кожної зі складових сили різання приведенні в табл. 29.

Таблиця 29

Значення постійної  $C_p$  і показників степеня у формулах сили різання при точінні

Оброблюваний матеріал	Матеріал робочої частини різця	Вид оброблення	Коефіцієнт і показники степеня у формулах для складових											
			тангенціальної $P_z$				радіальної $P_y$				осьової $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Конструкційна сталь і сталеві вилівки, $\sigma_b = 750$ МПа	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння та розточування	300	1,0	0,75		243	0,9	0,6		339	1,0	0,5	0,4
		Зовнішнє поздовжнє точіння і точіння різцями з додатковим лезом	384	0,90	0,90	-0,15	355	0,6	0,8	-0,3	241	1,05	0,2	
		Відрізання і прорізання	408	0,72	0,8	0	173	0,73	0,67	0	-	-	-	0,4
	Швидкоріжуча сталь	Нарізання різі	148	-	1,7	0,71								
		Зовнішнє поздовжнє точіння, підрізання і розточування	200	1,0	0,75		125	0,9	0,75	0	67	1,2	0,65	0
		Відрізання і прорізання	247		1,0									
Фасонне точіння	212													
Сталь жароміцна 12X18H9T 141 НВ	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння та розточування	204		0,75									

Продовження табл. 29

Оброблюваний матеріал	Матеріал робочої частини різця	Вид оброблення	Коефіцієнт і показники степеня у формулах для складових											
			тангенціальної $P_z$				радіальної $P_y$				осьової $P_x$			
			$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$	$C_p$	$x$	$y$	$n$
Сірий чавун 190 HB	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	92	1,0	0,75	0	54	0,9	0,75	0	46	1,0	0,4	0
		Зовнішнє поздовжнє точіння різцями з додатковим лезом	123				0,85	61	0,6		0,5	24	1,05	
		Нарізання різи	103	-	1,8	0,82								
Сірий чавун, 190 HB	Швидкоріжуча сталь	Відрізання і прорізання	158	1,0	0,75	0								
Ковкий чавун 150 HB	Твердий сплав	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння і розточування	81				43	0,9	0,75	0	38	1,0	0,4	0
			100				88				40	1,2	0,65	
		Відрізання і прорізання	139	1,0										
Медні гетерогенні сплави, 120 HB	Швидкоріжуча сталь	Зовнішнє, поздовжнє і поперечне точіння та розточування	55	1,0	0,66	0	-	-	-	-	-	-	-	
		Відрізання і прорізання	75		1,0									
Алюміній і силумін	Швидкоріжуча сталь	Зовнішнє поздовжнє і поперечне точіння, розточування і підрізання	40	1,0	0,75	0								
		Відрізання і прорізання	50		1,0	-								

Поправочний коефіцієнт  $K_p$  є добутком ряду коефіцієнтів, що враховують фактичні умови різання. Чисельні значення цих коефіцієнтів наведені в табл. 30.

Таблиця 30

Поправочні коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів ріжучої частини інструмента на складові сили різання при обробленні сталі і чавуну

Параметри		Матеріал ріжучої кромки інструмента	Позначення	Поправочні коефіцієнти		
Найменування	Величина			Величина коефіцієнта для складових		
				тангенціальній $P_z$	радіальній $P_y$	осьовою $P_x$
Головний кут в плані $\varphi^\circ$	30	Твердий сплав	$K_{\varphi p}$	1,08	1,3	0,78
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,94	0,77	1,11
	90			0,89	0,5	1,17
	30	Швидкоріжуча сталь		1,08	1,63	0,7
	45			1,0	1,0	1,0
	60			0,98	0,71	1,27
	90			1,08	0,44	1,82
Передній кут $\gamma^\circ$	-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 20 – 25	Швидкоріжуча сталь		1,15	1,6	1,7
	1,0		1,0	1,0		
Кут нахилу головного леза $\lambda^\circ$	-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 $r$ , мм	0,5	Швидкоріжуча сталь	$K_{rp}$	0,87	0,66	1,0
	1,0			0,93	0,82	
	2,0			1,0	1,0	
	3,0			1,04	1,14	
	4,0			1,1	1,33	

Потужність різання розраховують за формулою

$$N = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.}$$

При одночасній роботі декількох інструментів ефективну потужність визначають як сумарну потужність окремих інструментів.

### 3.3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ СВЕРДЛІННІ, РОЗСВЕРДЛЮВАННІ, ЗЕНКЕРУВАННІ І РОЗВЕРТАННІ

Глибина різання. Під час свердління глибина різання  $t = 0,5D$  (рис. 1, а), при розсвердлюванні, зенкеруванні і розвертуванні  $t = 0,5(D - d)$  (рис. 1, б).

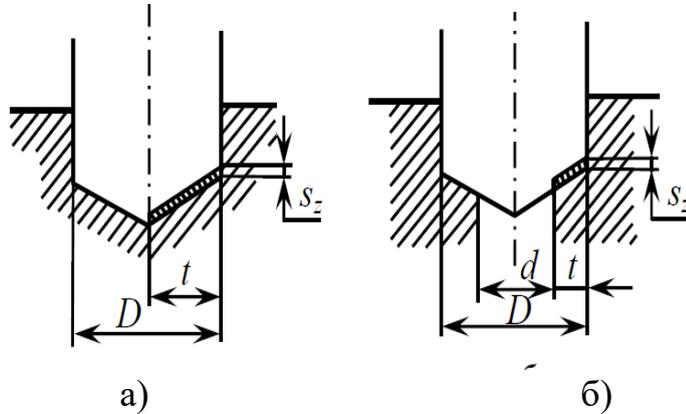


Рисунок 1 – Схема різання: а) – під час свердління; б) – під час розсвердлювання

Подача. Під час свердління отворів без обмежуючих факторів, вибирають максимально допустиму за міцністю свердла подачу (табл. 31).

Таблиця 31

#### Подачі (мм/об) під час свердління сталі, чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів свердлами зі швидкоріжучої сталі

Діаметр свердла $D$ , мм	Сталь			Сірий і ковкий чавун, мідні і алюмінієві сплави		
	$HB < 160$	160...240 $HB$	240...300 $HB$	$HB > 300$	$HB \leq 170$	$HB > 170$
2 – 4	0,09 – 0, 13	0,08 – 0, 10	0,06 – 0, 07	0,04 – 0, 06	0,12 – 0, 18	0,09 – 0, 12
4 – 6	0,13 – 0, 19	0,10 – 0, 15	0,07 – 0, 11	0,06 – 0, 09	0,18 – 0, 27	0,12 – 0, 18
6 – 8	0,19 – 0, 26	0,15 – 0, 20	0,11 – 0, 14	0,09 – 0, 12	0,27 – 0, 36	0,18 – 0, 24
8 – 10	0,26 – 0, 32	0,20 – 0, 25	0,14 – 0, 17	0,12 – 0, 15	0,36 – 0, 45	0,24 – 0, 31
10 – 12	0,32 – 0, 36	0,25 – 0, 28	0,17 – 0, 20	0,15 – 0, 17	0,45 – 0, 55	0,31 – 0, 35
12 – 16	0,36 – 0, 43	0,28 – 0, 33	0,20 – 0, 23	0,17 – 0, 20	0,55 – 0, 66	0,35 – 0, 41
16 – 20	0,43 – 0, 49	0,33 – 0, 38	0,23 – 0, 27	0,20 – 0, 23	0,66 – 0, 76	0,41 – 0, 47
20 – 25	0,49 – 0, 58	0,38 – 0, 43	0,27 – 0, 32	0,23 – 0, 26	0,76 – 0, 89	0,47 – 0, 54
25 – 30	0,58 – 0, 62	0,43 – 0, 48	0,32 – 0, 35	0,26 – 0, 29	0,89 – 0, 96	0,54 – 0, 60
30 – 40	0,62 – 0, 78	0,48 – 0, 58	0,35 – 0, 42	0,29 – 0, 35	0,96 – 1, 19	0,60 – 0, 71
40 – 50	0,78 – 0, 89	0,58 – 0, 66	0,42 – 0, 48	0,35 – 0, 40	1,19 – 1, 36	0,71 – 0, 81

**Примітка.** Приведені подачі застосовують для свердління отворів глибиною  $l < 3D$  з точністю не вище 12-го квалітету в умовах жорсткої технологічної системи. В іншому випадку вводять поправочні коефіцієнти:  
на глибину отвору –  $K_{ls} = 0,8$  при  $l \leq 7D$ ;  $K_{ls} = 0,75$  при  $l \leq 10D$ ;  
на досягнення вищої якості отвору в зв'язку з подальшою операцією розвертування або нарізування різи –  $K_{os} = 0,5$ ;  
на недостатню жорсткість системи ВПД: при середній жорсткості  $K_{жс} = 0,75$ ; при малій жорсткості  $K_{жс} = 0,5$ ;  
на інструментальний матеріал –  $K_{is} = 0,6$  для свердла з ріжучою частиною із твердого сплаву.

При розсвердлюванні отворів подача, рекомендована для свердління, може бути збільшена до 2 разів. При наявності обмежуючих факторів, подачі при свердлінні і розсвердлюванні рівні. Їх визначають множенням табличного значення подачі на відповідний поправочний коефіцієнт, наведений у примітці до таблиці.

Подачі при зенкеруванні наведені в табл. 32, а при розвертуванні – в табл. 33

Таблиця 32

**Подачі, мм/об, при обробленні отворів зенкерами зі швидкоріжучої сталі і твердого сплаву**

Оброблюваний матеріал	Діаметр зенкера $D$ , мм								
	До 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50	Від 50 до 60	Від 60 до 80
Сталь	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,9	0,8–1,0	0,9–1	0,9–1,2	1,0–1,3	1,1–1,3	1,2–1,5
Чавун, $HB \leq 200$ і мідні сплави	0,7–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,1–1,3	1,2–1,5	1,4–1,7	1,6–2,0	1,8–2,2	2,0–2,4
Чавун $HB > 200$	0,5–0,6	0,6–0,7	0,7–0,8	0,8–0,9	0,9–1,1	1,0–1,2	1,2–1,4	1,3–1,5	1,4–1,5

Примітки: 1. Наведені значення подачі застосовувати для обробки отворів з допуском не вище 12-го квалітету. Для досягнення вищої точності (9–11-й квалітети), а також при підготовці отворів під подальшу обробку або під нарізування різі мітчиком вводити поправочний коефіцієнт  $K_{os} = 0,7$ .

2. При зенкеруванні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,3 - 0,6 мм / об.

Швидкість різання. Швидкість різання, м/хв, при свердлінні

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s} y} K_v;$$

при розсвердлюванні, зенкеруванні, розвертуванні

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m t^x s^y} K_v.$$

Значення коефіцієнтів  $C_v$  і показники степеня для свердління наведені в табл. 34 для розсвердлювання, зенкерування і розвертування – в табл. 35, а значення періоду стійкості  $T$  – в табл. 36.

Таблиця 33

Подача, мм/об, при попередньому (чорновому) розвертанні отворів розвертками зі швидкорізальної сталі

Оброблюваний матеріал	Діаметр розвертки $D$ , мм									
	До 15	Від 10 до 15	Від 15 до 20	Від 20 до 25	Від 25 до 30	Від 30 до 35	Від 35 до 40	Від 40 до 50	Від 50 до 60	Від 60 до 80
Сталь	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,7	2,0
Чавун, $HB \leq 200$ і мідні сплави	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,2	3,4	3,8	4,3	5,0
Чавун $HB > 200$	1,7	1,9	2,0	2,2	2,4	2,6	2,7	3,1	3,4	3,8

**Примітка.** 1. Подачу слід зменшувати: а) при чистовому розвертуванні за один прохід з точністю по 9-11-му квалітетах і параметрами шорсткості поверхні 3,2–6,3 мкм  $Ra$  або при розвертуванні під полірування та хонінгування, перемножуючи на коефіцієнт  $K_{os} = 0,8$ ; б) при чистовому розвертуванні після чорнового з точністю по 7-му квалітету і параметром шорсткості поверхні 0,4–0,8 мкм,  $Ra$  перемножуючи на коефіцієнт  $K_{os} = 0,7$ ; в) при твердосплавній робочій частині, перемножуючи на коефіцієнт  $K_{is} = 0,7$ .

2. При розвертуванні глухих отворів подача не повинна перевищувати 0,2–0,5 мм / об.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{lv},$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт на оброблюваний матеріал (значення приведені вище);

$K_{iv}$  – коефіцієнт на інструментальний матеріал (значення приведені вище);

$K_{lv}$  – коефіцієнт, що враховує глибину свердління (табл. 37).

При розсвердлюванні і зенкеруванні литих або штампованих отворів вводиться додатково поправочний коефіцієнт  $K_{nv}$  (табл. 15.).

Таблиця 34

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степеня в формулах швидкості різання під час свердління

Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини інструмента	Подача $S$ , мм/об	Коефіцієнт і показники степеня				Охолодження
			$C_v$	$q$	$y$	$t$	
Сталь конструкційна вуглецева, $\sigma_g = 750$ МПа	P6M5	$\leq 0,2$ $> 0,2$	7,0 9,8	0,40	0,70 0,50	0,20	Є
Сталь жароміцна 12X18H9T, HB 141		-	3,5	0,50	0,45	0,12	
Чавун сірий 190 HB		$\leq 0,3$ $> 0,3$	14,7 17,1	0,25	0,55 0,40	0,125	Відсутнє
	BK8	-	34,2	0,45	0,30	0,20	
Чавун ковкий, 150 HB	P6M5	$\leq 0,3$ $> 0,3$	21,8 25,3	0,25	0,55 0,40	0,125	Є
	BK8	-	40,4	0,45	0,3	0,20	Відсутнє
Мідні гетерогенні сплави середньої твердості (100 - 140 HB)	P6M5	$\leq 0,3$ $> 0,3$	28,1 32,6	0,25	0,55 0,40	0,125	Є
Силумін і ливарні алюмінієві сплави, $\sigma_g = 100 - 200$ МПа, HB $\leq 65$ ; дюралюміній, HB $\leq 100$		$\leq 0,3$ $> 0,3$	36,3 40,7	0,25	0,55 0,40	0,125	

**Примітка.** Для свердл із швидкорізальної сталі розраховані за наведеними даними швидкості різання дійсні при подвійно заточеній і підточеній перемичці. При одинарному заточуванні свердл із швидкоріжучої сталі розраховану швидкість різання слід зменшувати, перемножуючи її на коефіцієнт  $K_{zv} = 0,75$ .

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників ступеня у формулах швидкості різання при розсвердлюванні, зенкеруванні і розвертуванні

Оброблюваний матеріал	Вид оброблення	Матеріал ріжучої частини інструмента	Коефіцієнт і показники ступеня					Охолодження
			$C_v$	$q$	$x$	$y$	$t$	
Сталь конструкційна вуглецева, $\sigma_b = 750$ МПа	Розсвердлювання	P6M5 BK8	16,2	0,4	0,2	0,5	0,2	Є
			10,8	0,6		0,3	0,25	
	Зенкерування	P6M5 T15K6	16,3	0,3		0,5	0,3	
			18,0	0,6	0,3	0,25		
	Розвертування	P6M5 T15K6	10,5	0,3	0,2	0,65	0,4	
			100,6	0,3	0	0,65		
Конструкційна гартована сталь $\sigma_b = 1600 - 1800$ МПа 49 - 54 HRC	Зенкерування	T15K6	10,0	0,6	0,3	0,6	0,45	
	Розвертування		14,0	0,4	0,75	1,05	0,85	
Чавун сірий, 190 HB	Розсвердлювання	P6M5 BK8	23,4	0,25	0,1	0,4	0,125	Відсутнє
			56,9	0,5	0,15	0,45	0,4	
	Зенкерування	P6M5 BK8	18,8	0,2	0,1	0,4	0,125	
			105,0	0,4	0,15	0,45	0,4	
	Розвертування	P6M5 BK8	15,6	0,2	0,1	0,5	0,3	
			109,0	0,2	0	0,5	0,45	
Чавун ковкий, 150 HB	Розсвердлювання	P6M5 BK8	34,7	0,25	0,1	0,4	0,125	Є
			77,4	0,5	0,15	0,45	0,4	
	Зенкерування	P6M5 BK8	27,9	0,2	0,1	0,4	0,125	Є
			143,0	0,4	0,15	0,45	0,4	
	Розвертування	P6M5 BK8	23,2	0,2	0,1	0,5	0,3	Є
			148,0	0,2	0	0,5	0,45	Відсутнє

Таблиця 36

## Середні значення періоду стійкості свердл, зенкерів і розверток

Інструмент (Операція)	Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини інструменту	Стійкість $T$ , хв, при діаметрі інструменту, мм							
			До 5	6-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-80
Свердло (Свердління та розсверд- лювання)	Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидкоріжуча сталь	15	25	45	50	70	90	110	-
		Твердий сплав	8	15	20	25	35	45	-	-
	Корозійностійка сталь	Швидкоріжуча сталь	6	8	15	25	-	-	-	-
Свердло (Свердління та розсверд- лювання)	Сірий і ковкий чавун, мідні і алюмінієві сплави	Швидкоріжуча сталь	25	35	60	75	105	140	170	-
		Твердий сплав	15	25	45	50	70	90	-	-
Зенкери (Зенкерування)	Конструкційна вуглецева і легована сталь, сірий і ковкий чавун	Швидкоріжуча сталь і твердий сплав	-	-	30	40	50	60	80	100
Розвертки (Розвертування)	Конструкційна вуглецева і легована сталь	Швидкоріжуча сталь	-	25	40	80	80	120	120	120
		Твердий сплав	-	20	30	50	70	90	110	140
	Сірий і ковкий чавун	Швидкоріжуча сталь	-	-	60	120	120	180	180	180
		Твердий сплав	-	-	45	75	105	135	165	210

Таблиця 37

Поправочний коефіцієнт  $K_{lv}$  на швидкість різання при свердлінні, що враховує глибину оброблюваного отвору

Параметр	Свердління					Розсвердлювання, зенкерування, розвертування
	3D	4D	5D	6D	7D	
Глибина оброблюваного отвору						-
Коефіцієнт $K_{lv}$	1,0	0,85	0,75	0,7	0,6	1,0

Коефіцієнт, що враховує фактичні умови оброблення в даному випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається виразом:

$$K_p = K_{mp}.$$

Значення коефіцієнта  $K_{mp}$  для сталі, чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів приведені в таблицях вище (табл. 13, 14).

Для визначення крутного моменту при розвертуванні кожен зуб інструменту можна розглядати як розточний різець. Тоді при діаметрі інструменту  $D$  крутний момент, Н·м

$$M_{кр} = \frac{C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot D \cdot z}{2 \cdot 100},$$

де  $S_z$  – подача, мм на один зуб інструменту, рівна  $S/z$ , ( $S$  – подача, мм/об);  
 $z$  – кількість зубів розвертки.

Значення коефіцієнтів і показників степеня приведені в табл. 38.

Потужність різання, (кВт), визначають за формулою

$$N_e = \frac{M_{кр} n}{9750},$$

де  $n$  - частота обертання інструменту або заготовки, об/хв.

При розсвердлюванні і зенкеруванні литих або штампованих отворів вводиться додатково поправочний коефіцієнт  $K_{nv}$ , приведений в таблицях вище (табл. 15).

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

Крутний момент і осьову силу розраховують за формулами:

– при свердлінні

$$M_{кр} = 10C_m D^q s^y K_p; \quad P_o = 10C_p D^q s^y K_p;$$

– при розсвердлюванні і зенкеруванні

$$M_{кр} = 10C_m D^q t^x s^y K_p; \quad P_o = 10C_p D^q t^x s^y K_p.$$

Значення коефіцієнтів  $C_m$  і  $C_p$  та показники степеня приведені в табл. 39.

Таблиця 38

Значення коефіцієнтів і показників степеня у формулах для визначення крутного моменту і осьової сили під час свердління, розсвердлювання і зенкерування

Оброблюваний матеріал	Вид оброблення	Матеріал ріжучої частини інструменту	Коефіцієнт і показники степеня для							
			крутного моменту				осьової сили			
			$C_v$	$q$	$x$	$y$	$C_v$	$q$	$x$	$y$
Сталь конструкційна вуглецева, $\sigma_b = 750$ МПа	Свердління	Швидкоріжуча сталь	0,0345	2,0	-	0,8	68	1,0	-	0,7
	Розсвердлювання і зенкерування		0,09	1,0	0,9	0,8	67	-	1,2	0,65
жароміцна сталь 12X18H9T, 141 HB	Свердління		0,041	2,0	-	0,7	143	1,0	-	0,7
	Розсвердлювання і зенкерування		0,106	1,0	0,9	0,8	140	-	1,2	0,65
Чавун сірий, 190 HB	Свердління	Твердий сплав	0,012	2,2	-	0,8	42	1,2	-	0,75
	Розсвердлювання і зенкерування		0,196	0,85	0,8	0,7	46	-	1,0	0,4
	свердління	Швидкоріжуча сталь	0,021	2,0	-	0,8	42,7	1,0	-	0,8
			Розсвердлювання і зенкерування	0,088	-	0,75	0,8	23,5	-	1,2
Чавун ковкий 150 HB	Свердління	Швидкоріжуча сталь	0,021	2,0	-	0,8	43,3	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування	Твердий сплав	0,01	2,2	-	0,8	32,8	1,2	-	0,75
			0,17	0,85	0,8	0,7	38	-	1,0	0,4
Мідні гетерогенні сплави середньої твердості 120 HB	Свердління	Швидкоріжуча сталь	0,012	2,0	-	0,8	31,5	1,0	-	0,8
	Розсвердлювання і зенкерування		0,031	0,85	-	0,8	17,2	-	1,0	0,4
Силумін і дюралюміній	Свердління		0,005	2,0	-	0,8	9,8	1,0	-	0,7

**Примітка.** Розраховані за формулою осьові сили під час свердління дійсні для свердл з підточеною перемичкою; з непідточеною перемичкою осьова сила при свердлінні зростає в 1,33 рази.

### 3.4. ФРЕЗЕРУВАННЯ

Конфігурація оброблюваної поверхні і вид обладнання визначають тип застосовуваної фрези (рис. 2) (циліндрична, торцева, дискова, кінцева, фасонна, шпонкова). Її розміри визначаються розмірами оброблюваної поверхні і глибиною зрізаного шару.

Діаметр фрези для скорочення основного технологічного часу і витрат інструментального матеріалу вибирають за можливістю найменшої величини, враховуючи при цьому жорсткість технологічної системи, схему різання, форму і розміри оброблюваної заготовки.

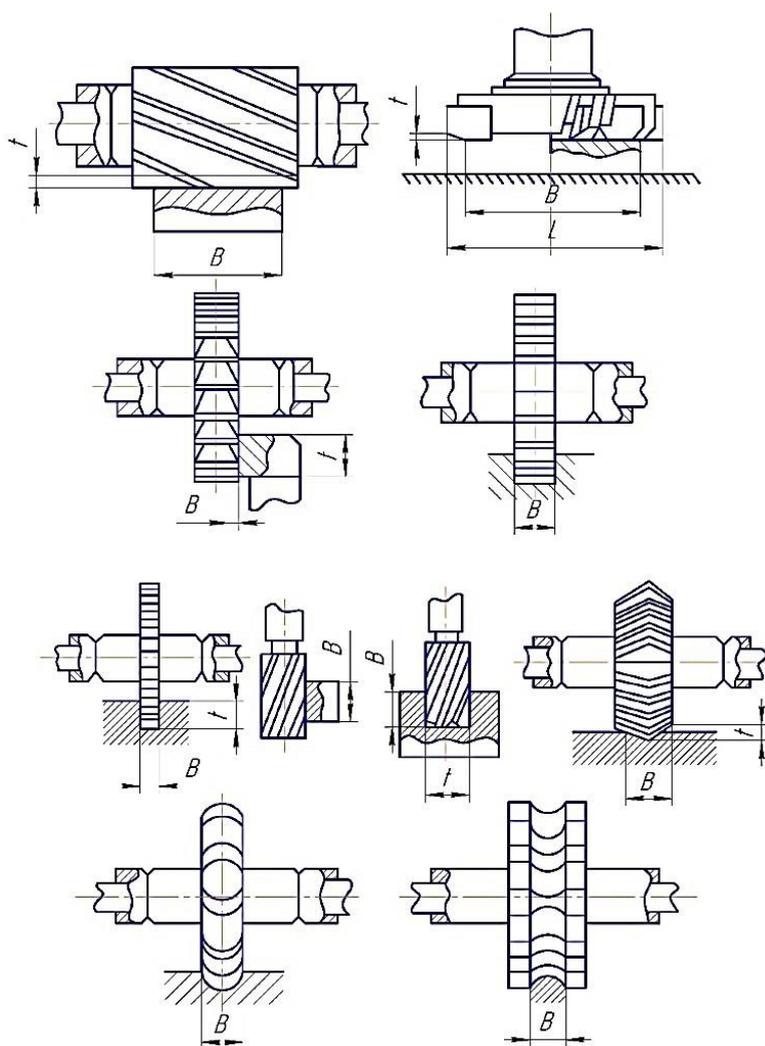


Рисунок 2 – Види фрезерування

Глибина фрезерування  $t$  і ширина фрезерування  $B$  – поняття, пов'язані з розмірами шару заготовки, що зрізається при фрезеруванні (рис. 2).

У всіх видах фрезерування, за винятком торцевого, глибина фрезерування  $t$  визначає тривалість контакту зуба фрези із заготовкою. Глибину фрезерування вимірюють в напрямку, перпендикулярному до осі фрези.

Ширина фрезерування  $B$  визначає довжину леза зуба фрези, що бере участь в різанні. Ширину фрезерування вимірюють в напрямку, паралельному осі фрези. При торцевому фрезеруванні ці поняття міняються місцями.

При торцевому фрезеруванні для досягнення продуктивних режимів різання діаметр фрези  $D=(1,25 - 1,5)B$ ; ( $B$  – ширина фрезерування). При обробленні сталевих заготовок обов'язковим є їх несиметричне розташування відносно фрези (рис. 3).

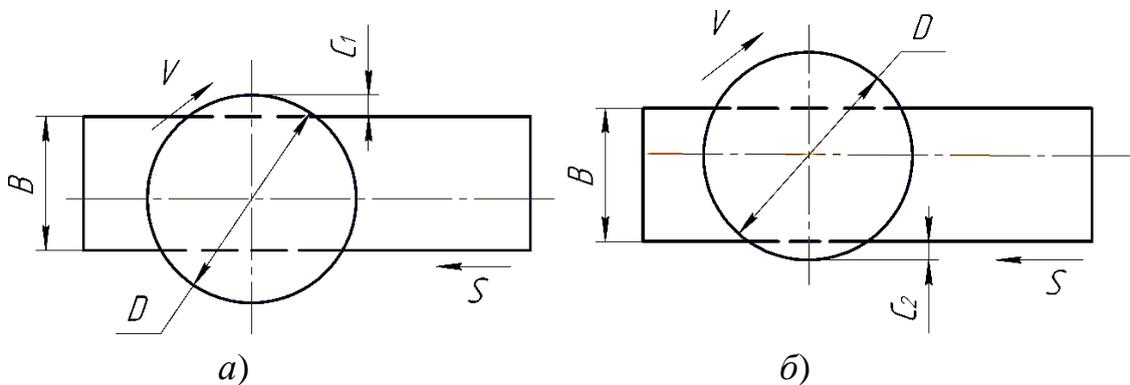


Рисунок 3 – Розміщення заготовки при торцевому фрезеруванні відносно фрези: *a)* – врізання зуба фрези  $C_1 = (0,003-0,005)D$ ; *б)* – вихід зуба фрези при  $C_2 = 0$ .

**Подача.** При фрезеруванні розрізняють подачу на один зуб –  $S_z$ , подачу на один оберт фрези –  $S$  і подачу хвилину –  $S_{xв}$ , які знаходяться в наступному співвідношенні

$$S_{xв} = sn = S_z z n ,$$

де  $n$  – частота обертання фрези, об/хв;

$z$  – кількість зубів фрези.

Вихідною величиною подачі при чорновому фрезеруванні є величина її на один зуб  $S_z$ , при чистовому фрезеруванні – на один оберт фрези  $S$ , по якій для подальшого використання обчислюють величину подачі на один зуб

$$S_z = \frac{S}{z} .$$

Рекомендовані подачі для різних фрез і умов різання наведені в табл. 39 – 44.

Таблиця 39

Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними і дисковими фрезами з пластинами з твердого сплаву

Потужність верстата, кВт	Сталь		Чавун і мідні сплави	
	Подача на зуб фрези $S_z$ , мм			
	T15K6	T5K10	BK6	BK8
5 – 10	0,09 – 0,18	0,12 – 0,18	0,14 – 0,24	0,20 – 0,29
Від 10	0,12 – 0,18	0,16 – 0,24	0,18 – 0,28	0,25 – 0,38

**Примітка.** 1. Приведенні значення подач для циліндричних фрез дійсні при ширині фрезерування  $B < 30$  мм; при  $B > 30$  мм табличне значення зменшують на 30 %.  
Приведені значення подач для дискових фрез дійсні при фрезеруванні площин і уступів: при фрезеруванні пазів табличне значення подач слід зменшити в 2 рази.  
При фрезеруванні з приведеними в таблиці подачами досягається параметр шорсткості поверхні  $Ra=0,8...1,6$  мкм.

Таблиця 40

Подачі при чорновому фрезеруванні торцевими, циліндричними і дисковими фрезами зі швидкоріжучої сталі

Потужність верстата або фрезерної головки, кВт	Жорсткість системи заготовка-приспособлення	Фрези			
		торцеві і дискові		циліндричні	
		Подача на один зуб $S_z$ , мм, при обробці			
		Конструкційної сталі	Чавуна і мідних сплавів	Конструкційної сталі	Конструкційної сталі
<b>Фрези з великими зубами і фрези зі вставними ножами</b>					
Від 10	підвищена	0,20 – 0,30	0,40 - 0,60	0,40 - 0,60	0,60 - 0,80
	середня	0,15 - 0,25	0,30 - 0,50	0,30 - 0,40	0,40 - 0,60
	знижена	0,10 - 0,15	0,20 - 0,30	0,20 - 0,30	0,25 - 0,40
5 - 10	підвищена	0,12 - 0,2	0,30 - 0,50	0,25 - 0,40	0,30 - 0,50
	середня	0,08 - 0,15	0,20 - 0,40	0,12 - 0,20	0,20 - 0,30
	знижена	0,06 - 0,10	0,15 - 0,25	0,10 - 0,15	0,12 - 0,20
До 5	середня	0,06 - 0,07	0,15 - 0,30	0,08 - 0,12	0,10 - 0,18
	знижена	0,04 - 0,06	0,10 - 0,20	0,06 - 0,10	0,08 - 0,15
<b>Фрези з дрібними зубами</b>					
5 - 10	підвищена	0,08 - 0,12	0,20 - 0,35	0,10 - 0,15	0,12 - 0,2
	середня	0,06 - 0,10	0,15 - 0,30	0,06 - 0,10	0,10 - 0,15
	знижена	0,04 - 0,08	0,10 - 0,20	0,06 - 0,08	0,08 - 0,12
До 5	середня	0,04 - 0,06	0,12 - 0,2	0,05 - 0,08	0,06 - 0,12
	знижена	0,03 - 0,05	0,08 - 0,15	0,03 - 0,06	0,05 - 0,10

**Примітка.** 1. Більше значення подач брати для меншої глибини і ширини фрезерування, менші - для більших значень глибини і ширини.  
2. При фрезеруванні жароміцної і корозійностійкої сталі подачі брати ті ж, що і для конструкційної сталі, але не більше 0,3 мм/зуб.

Подачі при фрезеруванні сталевих заготовок фрезами із швидкоріжучої сталі

Діаметр фрези, мм	Фрези	Подача на зуб $S_z$ , мм, при глибині фрезерування $t$ , мм											
		3	5	6	8	10	12	15	20	30			
16	Кінцеві	0,08 - 0,05	0,06 - 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,1 - 0,06	0,07 - 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,12 - 0,07	0,09 - 0,05	0,08 - 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,16 - 0,1	0,12 - 0,07	0,01 - 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Кутові і фасонні	0,08 - 0,04	0,07 - 0,05	0,06 - 0,04	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,02 - 0,12	0,14 - 0,08	0,12 - 0,07	0,08 - 0,05	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Кінцеві	0,09 - 0,05	0,07 - 0,05	0,06 - 0,03	0,06 - 0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Кутові і фасонні	0,009 - 0,0005	0,007 - 0,003	0,01 - 0,007	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	Кінцеві	0,25 - 0,15	0,15 - 0,1	0,13 - 0,08	0,1 - 0,07	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,1 - 0,15	0,08 - 0,05	0,07 - 0,04	0,06 - 0,03	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,01 - 0,006	0,008 - 0,004	0,012 - 0,008	0,012 - 0,008	-	-	-	-	-	-	-	-
		0,1 - 0,06	0,08 - 0,05	0,07 - 0,04	0,06 - 0,04	0,05 - 0,03	-	-	-	-	-	-	-
60	Кутові і фасонні	0,013 - 0,008	0,01 - 0,005	0,025 - 0,015	0,022 - 0,012	0,02 - 0,01	0,015 - 0,01	0,02 - 0,01	0,02 - 0,01	-	-	-	-
		0,1 - 0,06	0,08 - 0,05	0,07 - 0,04	0,06 - 0,04	0,05 - 0,03	-	-	-	-	-	-	-
		0,12 - 0,08	0,015 - 0,005	0,025 - 0,01	0,022 - 0,01	0,02 - 0,01	0,06 - 0,03	0,015 - 0,007	0,02 - 0,01	0,015 - 0,007	-	-	-
		0,12 - 0,08	0,015 - 0,005	0,03 - 0,015	0,027 - 0,012	0,025 - 0,01	0,017 - 0,008	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	-	-	-
75	Кутові і фасонні	0,12 - 0,08	0,1 - 0,06	0,09 - 0,05	0,07 - 0,05	0,06 - 0,04	0,07 - 0,05	0,06 - 0,04	0,06 - 0,04	0,06 - 0,04	0,06 - 0,03	0,07 - 0,03	0,05 - 0,03
		0,12 - 0,08	0,015 - 0,005	0,025 - 0,01	0,022 - 0,01	0,02 - 0,01	0,017 - 0,008	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,023 - 0,012
		0,12 - 0,08	0,015 - 0,005	0,03 - 0,015	0,027 - 0,012	0,025 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,023 - 0,012
		0,12 - 0,08	0,015 - 0,005	0,03 - 0,015	0,027 - 0,012	0,025 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,022 - 0,01	0,023 - 0,012
90	Кутові і фасонні	0,12 - 0,18	0,12 - 0,05	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,025 - 0,015
		0,12 - 0,18	0,12 - 0,05	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,025 - 0,015
110	Відрізні	-	-	0,03 - 0,025	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,03 - 0,02	0,025 - 0,02	0,025 - 0,02	0,025 - 0,015
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,028 - 0,016
150 - 200	Відрізні	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03 - 0,02	0,028 - 0,016

**Примітки.** 1. При фрезеруванні чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів подачі можуть бути збільшені на 30 – 40%.

2. Приведені подачі для фасонних фрез з випуклим профілем; для таких же фрез з різко окресленим або увігнутим профілем, подачі повинні бути зменшені на 40%.

3. Подачі для прорізних і відрізних фрез з дрібним зубом встановлені при глибині фрезерування до 5 мм; з великим зубом – при глибині понад 5 мм.

Таблиця 42

Подачі при чорновому фрезеруванні твердосплавними кінцевими фрезами площин і уступів сталевих заготовок

Вид твердо-сплавних елементів	Діаметр фрези, мм	Подача на зуб фрези $S_z$ , мм, при глибині фрезерування $t$ , мм						
		1 - 3	5	8	12	20	30	40
Коронка	10 - 12	0,01 - 0,03	-	-	-	-	-	-
	14 - 16	0,02 - 0,06	0,02 - 0,04	-	-	-	-	-
	18 - 22	0,04 - 0,07	0,03 - 0,05	0,02 - 0,04	-	-	-	-
Гвинтові пластинки	20	0,06 - 0,1	0,05 - 0,08	0,03 - 0,05	-	-	-	-
	25	0,08 - 0,12	0,06 - 0,1	0,05 - 0,1	0,05 - 0,08	-	-	-
	30	0,1 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,1	0,05 - 0,09	-	-	-
	40	0,1 - 0,18	0,08 - 0,13	0,06 - 0,11	0,05 - 0,1	0,04 - 0,07	-	-
	50	0,1 - 0,2	0,1 - 0,15	0,08 - 0,12	0,06 - 0,1	0,05 - 0,09	0,05 - 0,08	0,05 - 0,06
	60	0,12 - 0,2	0,1 - 0,16	0,1 - 0,12	0,08 - 0,12	0,06 - 0,1	0,06 - 0,1	0,06 - 0,08
<b>Чистове фрезерування</b>								
Діаметр фрези $D$ , мм		10-16		20-22		25-35		40-60
Подача фрези, $S$ мм/об		0,02-0,06		0,06-0,12		0,12-0,24		0,3-0,6
<p><b>Примітка.</b> 1. При чорновому фрезеруванні чавуну, подачі, наведені для чорнового фрезерування сталі, можуть бути збільшені на 30 - 40%; при чистовому фрезеруванні чавуну зберігається величина подачі, рекомендована для чистового фрезерування сталі.</p> <p>Верхні межі подач при чорновому фрезеруванні застосовувати при малій ширині фрезерування на верстатах високої жорсткості, нижня межа – при великій ширині фрезерування на верстатах недостатньої жорсткості.</p> <p>При роботі з подачами для чистового фрезерування досягається параметр шорсткості 0,8 – 1,6 мкм <math>Ra</math>.</p>								

Таблиця 43

Подачі, мм/об, при чистовому фрезеруванні площин і уступів торцевими, дисковими і циліндричними фрезами

Параметр шорсткості поверхні $Ra$ , мкм	Торцевою і дисковою фрезою зі вставними ножами		Циліндричні фрези зі швидкоріжучої сталі при діаметрі фрези $D$ , мм					
			Конструкційна вуглецева і легована сталь			Чавун, мідні і алюмінієві сплави		
	З твердого сплаву	З швидко-ріжучої сталі	45-75	90 - 130	150 - 200	40-75	90 - 130	150 - 200
6,3	-	1,2 - 2,7	-	-	-	-	-	-
3,2	0,5 - 1,0	0,5 - 1,2	1,0 - 2,7	1,7 - 3,8	2,3 - 5,0	1,0 - 2,3	1,4 - 3,0	1,9 - 3,7
1,6	0,4 - 0,6	0,23 - 0,5	0,6 - 1,5	1,0 - 2,1	1,3 - 2,8	0,6 - 1,3	0,8 - 1,7	1,1 - 2,1
0,8	0,2 - 0,3	-	-	-	-	-	-	-
0,4	0,15	-	-	-	-	-	-	-

Подачі при фрезеруванні сталевих заготовок шпоночними фрезами з швидкоріжучої сталі

Діаметр фрези $D$ , мм	Фрезерування на шпоноково-фрезерних верстатах з маятниковою подачею при глибині фрезерування на один подвійний прохід		Фрезерування на вертикально-фрезерних верстатах за один прохід	
			Осьове врізання на глибину паза	Поздовжнє переміщення при фрезеруванні паза
	Глибина фрезерування $t$ , мм	Подача на один зуб $S_z$ , мм		
6	0,3	0,10	0,006	0,020
8		0,12	0,007	0,022
10		0,16	0,008	0,024
12		0,18	0,009	0,026
16	0,4	0,25	0,010	0,028
18		0,28	0,011	0,030
20		0,31	0,011	0,032
24		0,38	0,012	0,036
28	0,5	0,45	0,014	0,037
32		0,50	0,015	0,037
36		0,55	0,016	0,038
40		0,65	0,016	0,038

**Примітка.** Подачі дані для конструкційної сталі з  $\sigma_s < 750$  МПа; при обробленні сталей високої міцності, подачі знижують на 20 – 40 %.

Швидкість різання – колова швидкість фрези, м/хв,

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_t} x_s^y B^u z^p} K_v.$$

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степеня приведені в табл. 45, а періоду стійкості  $T$  – в табл. 46.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання

$$K_v = K_{mv} K_{nv} K_{iv},$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (табл. 13; 14);

$K_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки (табл. 15);

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту (табл. 16)

Таблиця 45

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степеня у формулі швидкості різання при фрезеруванні

Фрези	Матеріал ріжучої частини	Оброблювані поверхні	Параметри зрізаного шару, мм			Коефіцієнт і показники степеня у формулі швидкості різання						
			$B$	$t$	$S_z$	$C_v$	$q$	$x$	$y$	$u$	$p$	$m$
Оброблення конструкційної вуглецевої сталі, $\sigma_s = 750$ МПа												
Торцеві	T15K6	Площина	—	—	—	332	0,2	0,1	0,4	0,2	0	0,2
	P6M5*		—	—	< 0,1 > 0,1	64,7 41	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0	0,2
Циліндричні	T15K6	Площина	< 35 > 35	< 2 > 2	—	390 446 616 700	0,17	0,19 0,38 0,19 0,38	0,28	<sup>-0,055</sup> 0,08	0,1	0,33
	P6M5*		—	—	< 0,1 > 0,1	55 35,4	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові з вставними ножами	T15K6	Площина і уступи	—	—	< 0,12 > 0,12	1340 740	0,2	0,4	0,12 0,4	0	0	0,35
		Пази	—	—	< 0,06 > 0,06	1825 690	0,2	0,3	0,12 0,4	0,1	0	0,35
Дискові суцільні	P6M5*	Площини, уступи і пази	—	—	< 0,1 > 0,1	75.5 48.5	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
	P6M5*		—	—	—	68,5	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві з коронками	T15K6	Площини, уступи і пази	-	-	-	145	0,44	0,24	0,26	0,1	0,1	0,37
Кінцеві з напаяними пластинками			-	-	-	234	0,44	0,24	0,26	0,1	0,1	0,37
Кінцеві суцільні			P6M5*	-	-	-	46,7	0,45	0,5	0,5	0,1	0,1
Прорізні і відрізні	P6M5*	Пази і відрізання	-	-	-	53	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Фасонні з випуклим профілем		Фасонне фрезерування	-	-	-	53	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Фасонні з увігнутим профілем			-	-	-	44	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Кутові		Нарізування кутових канавок	-	-	-							
Шпонкові двохперові		Шпонкові пази	-	-	-	12	0,3	0,3	0,25	0	0	0,26

Продовження табл. 45

Оброблення жароміцних сталей 12X18H9T в стані поставки												
Торцеві	ВК8	Площини	-	-	-	108	0,2	0,06	0,3	0,2	0	0,32
	Р6М5*		-	-	-	49,6	0,15	0,2	0,3	0,2	0,1	0,14
Циліндричні	Р6М5*		-	-	-	44	0,26	0,3	0,34	0,1	0,1	0,14
Кінцеві	Р6М5*	Площини і уступи	-	-	-	22,5	0,35	0,21	0,48	0,03	0,1	0,27
Оброблення сірого чавуну, 190 HB												
Торцеві	ВК6	Площини	-	-	-	445	0,2	0,15	0,35	0,2	0	0,32
	Р6М5		-	-	-	42	0,2	0,1	0,4	0,1	0,1	0,15
Циліндричні	ВК6		-	< 2,5	> 0,2	923	0,37	0,13	0,19	0,23	0,1	0,15
		> 2,5	< 0,2	588	0,47							
		> 0,2	> 0,2	1180	0,19							
	Р6М5	-	-	< 0,15	57,6	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25	
		> 0,15			27			0,6				
Дискові з вставними ножами	Р6М5	Площини, уступи і пази	-	-	-	85	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Дискові суцільні	Р6М5		-	-	-	72	0,2	0,5	0,4	0,1	0,1	0,15
Кінцеві	Р6М5	Площини і уступи	-	-	-	72	0,7	0,5	0,2	0,3	0,3	0,25
Прорізнi і відрізнi	Р6М5	Пази і отвори	-	-	-	30	0,2	0,5	0,4	0,2	0,1	0,15
Оброблення ковкого чавуну, 150 HB												
Дискові з вставними ножами	Р6М5*	Площини, уступи і пази	-	-	< 0,1	105,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
					68	0,4						
Дискові суцільні	Р6М5*	Площини, уступи і пази	-	-	-	95,8	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Торцеві	ВК6	Площини	-	—	< 0,18	994	0,22	0,17	0,1	0,22	0	0,33
						0,18			695			
	Р6М5*		—	—	< 0,1	90,5	0,25	0,1	0,2	0,15	0,1	0,2
		> 0,1			57,4			0,4				
Циліндричні	Р6М5*	—	—	< 0,1	77	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33	
		> 0,1			49,5			0,4				
Кінцеві	Р6М5*	Площини	—	—	—	68,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізнi і відрізнi		Пази і відрізнання	—	—	—	74	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2

Оброблення гетерогенних мідних сплавів середньої твердості, 100 – 140 HB												
Торцеві	P6M5*	Площини	—	—	0,1	136 86,2	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Циліндричні			—	—	0,1	115,5 74,3	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Дискові з вставними ножами	P6M5*	Площини, уступи і пази	—	—	0,1	158,5 102	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дискові суцільні			—	—	—	144	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Кінцеві		Площини і уступи	—	—	—	103	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Прорізні і відрізні	P6M5*	Пази і отвори	—	—	—	111,3	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
Оброблення силуміну і легованих алюмінієвих сплавів, $\sigma_g = 100 - 200$ МПа, HB < 65 і дюралюмінію, $\sigma_g = 300 - 400$ МПа, HB < 100												
Торцеві	P6M5*	Площини	—	—	< 0,1 > 0,1	245 155	0,25	0,1	0,2 0,4	0,15	0,1	0,2
Циліндричні			—	—	< 0,1 > 0,1	208 133,5	0,45	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,33
Кінцеві		Площини і уступи	—	—	—	185,5	0,45	0,3	0,2	0,1	0,1	0,33
Дискові з вставними ножами		Площини, уступи і пази	—	—	< 0,1 > 0,1	285 183,4	0,25	0,3	0,2 0,4	0,1	0,1	0,2
Дискові суцільні			—	—	—	259	0,25	0,3	0,2	0,1	0,1	0,2
Прорізні і відрізні		Пази і отвори	—	—	—	200	0,25	0,3	0,2	0,2	0,1	0,2
<p><b>Примітка:</b> 1. Швидкість різання для торцевих фрез: розраховується по табличних даних, дійсна при головному куті в плані <math>\varphi = 60^\circ</math>. При інших величинах цього кута значення швидкості необхідно множити на коефіцієнт: при <math>\varphi = 15^\circ</math>, <math>K_\varphi = 1,6</math>; при <math>\varphi = 30^\circ</math>, <math>K_\varphi = 1,25</math>; при <math>\varphi = 45^\circ</math>, <math>K_\varphi = 1,1</math>; при <math>\varphi = 75^\circ</math>, <math>K_\varphi = 0,93</math>; при <math>\varphi = 90^\circ</math>, <math>K_\varphi = 0,87</math>.</p>												

Таблиця 46

## Середні значення стійкості T фрез

Фрези	Стійкість T, хв при діаметрі фрези, мм											
	20	25	40	60	75	90	110	150	200	250	300	400
Торцеві	-	120		180				240		300	400	
Циліндричні з великими зубами	-			180				240		-		
Циліндричні суцільні з дрібними зубами	-	120			180		-					
Дискові	-					120	150	180		-		
Кінцеві	80	90	120	180	-							
Прорізні і відрізні	-				60	75	120		150	-		
Фасонні і кутові	-	120			180	-						

Сила різання. Складова сили різання при фрезеруванні – колова сила, Н

$$P_z = \frac{10C_p f^x s^y B^u z}{D^q n^v} K_{mp},$$

де  $z$  – кількість зубів фрези;

$n$  – частота обертання фрези, об/хв.

Значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степеня приведені в табл. 47, поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу  $K_{mp}$  для сталі, чавуну, мідних і алюмінієвих сплавів приведені в [21]. Величини складових сили різання (рис. 4; 5) встановлюють зі співвідношення з головною складовою  $P_z$  по табл. 40.

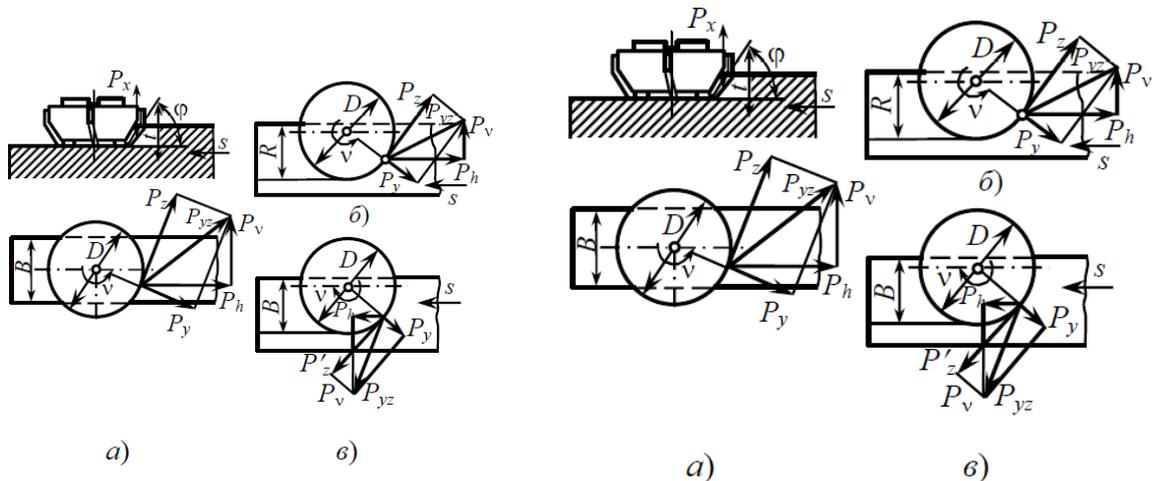


Рисунок 4 – Складові сили різання при фрезеруванні циліндричною резою: а) – при зустрічному фрезеруванні (проти подачі); б) – попутному (в напрямку подачі).

Рисунок 5 – Складові сил різання при фрезеруванні: а) – симетричному зустрічному; б) – несиметричному зустрічному; в) – несиметричному попутному.

Складова, по якій розраховують оправку на згин,

$$P_{yz} = \sqrt{P_y^2 + P_z^2}.$$

Крутний момент, Н·м, на шпинделі

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

де  $D$  – діаметр фрези, мм.

Потужність різання. Ефективна потужність різання, кВт

$$N_e = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}$$

Таблиця 47

Значення коефіцієнта  $C_p$  і показників степеня у формулі колової сили  $P_z$  при фрезеруванні

Фрези	Матеріал інструмента	Коефіцієнт і показники степеня					
		$C_p$	$X$	$Y$	$u$	$q$	$w$
Оброблення конструкційної вуглецевої сталі $\sigma_s = 750$ МПа							
Торцеві	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	825	1,0 0,95	0,75 0,8	1,1	1,3 1,1	0,2 0
Циліндричні	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	101 68,2	0,88 0,86	0,75 0,72	1,0	0,87 0,86	0
Дискові, прорізнi і відрізнi	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	261 68,2	0,9 0,86	0,8 0,72	1,1 1,0	1,1 0,86	0,1 0
Кінцеві	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	12,5 68,2	0,85 0,86	0,75 0,72	1,0	0,73 0,86	-0,13 0
Фасонні і кутові	Швидкоріжуча сталь	47	0,86	0,72	0,1	0,86	0
Оброблення жароміцної сталі 12X18 Н9Т в стані поставки, 141 НВ							
Торцеві	Твердий сплав	218	0,92	0,78	1,0	1,15	0
Кінцеві	Швидкоріжуча сталь	82	0,75	0,6	1,0	0,86	0
Оброблення сірого чавуну, НВ 190							
Торцеві	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	54,5 50	0,9	0,74 0,72	1,0 1,14	1,0 1,14	0
Циліндричні	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	58 30	0,9 0,83	0,8 0,65	1,0	0,9 0,83	0
Дискові, прорізнi і відрізнi	Швидкоріжуча сталь	30	0,83	0,65	1,0	0,83	0
Оброблення ковкого чавуну, 150 НВ							
Торцеві	Твердий сплав Швидкоріжуча сталь	491 50	1,0 0,95	0,75 0,8	1,1	1,3 1,1	0,2 0
Фрези*	Швидкоріжуча сталь	30	0,86	0,72	1,0	0,86	0
Оброблення гетерогенних мідних сплавів середньої твердості, 100 – 140 НВ							
Фрези*	Швидкоріжуча сталь	22,6	0,86	0,72	1,0	0,86	0
<p><b>Примітка.</b> 1. Колову силу при фрезеруванні алюмінієвих сплавів розраховують, як для сталі, з введенням коефіцієнта <math>K = 0,25</math>.</p> <p>Колова сила <math>P_z</math>, розрахована за табличними даними, відповідає роботі фрезою без затуплення. При затупленні фрези до допустимої величини зношення сила зростає: при обробленні м'якої сталі (<math>\sigma_s &lt; 600</math> МПа) в 1,75 – 1,9 рази; у всіх інших випадках – в 1,2 - 1,4 рази.</p> <p>* Циліндричні, дискові, кінцеві, прорізнi і відрізнi фрези.</p>							

## Відносне значення складових сил різання при фрезеруванні

Фрезерування	$P_h / P_z$	$P_y / P_z$	$P_v / P_z$	$P_x / P_z$
Фрези циліндричні, дискові, кінцеві* <sup>1</sup> , кутові і фасонні (рис. 4)				
Зустрічне (проти подачі) Попутне (в напрямку подачі)	1,1 - 1,2 (0,8 - 0,9)	0 - 0,25 0,7 - 0,9	0,4 - 0,6	(0,2 - 0,4) tg $\omega$
Фрези торцеві і кінцеві* <sup>2</sup> (рис. 5)				
Симетричне Несиметричне і зустрічне Несиметричне попутне	0,3-0,4 0,6 - 0,8 0,2 - 0,3	0,85 - 0,95 0,6 - 0,7 0,9 - 1,0	0,3 - 0,4	0,5 - 0,55
<p><b>Примітка.</b> 1. *<sup>1</sup> Фрези, що працюють за схемою циліндричного фрезерування, коли торцеві зуби в різанні не беруть участь.</p> <p>2. *<sup>2</sup> Фрези, що працюють за схемою торцевого фрезерування.</p> <p>3. Зміна складових <math>P_y</math> і <math>P_x</math> при торцевому фрезеруванні залежно від головного кута в плані <math>\phi</math>.</p>				

### 3.5. СТРУГАННЯ ТА ДОВБАННЯ

Глибина різання. При всіх видах стругання і довбання глибину різання призначають так само, як і при точінні.

Подача. При чорновому струганні подачу  $S$  (мм/дв. хід), вибирають максимальною з допустимих значень по табл. 18 і 20 відповідно до глибини різання, січення державки, міцності пластинки; при чистовому струганні по табл. 21, при відрізанні і прорізуванні пазів – по табл. 22.

Швидкість різання. При струганні площин прохідними різцями, при прорізуванні пазів, відрізанні, швидкість різання розраховується по відповідних формулах для точіння з введенням додаткового поправочного коефіцієнта  $K_{yv}$ , що враховує ударне навантаження.

Сила різання. Складові сили різання розраховуються за формулами для точіння.

Режими різання для стругання площин широкими різцями (рис. 6) наведені в табл. 49.

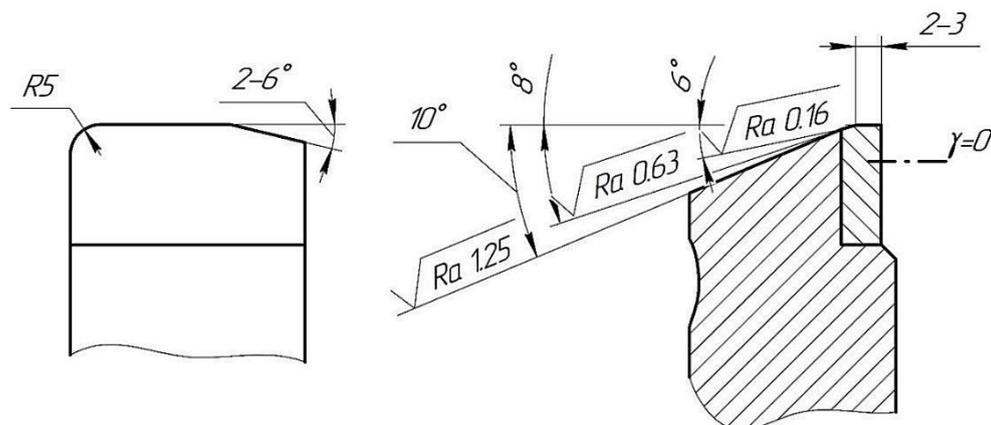


Рисунок 6 – Стругальний різець для чистового оброблення площин

Таблиця 49

Режими різання при обробленні площин на чавунних деталях широкими різцями зі сплавів ВК8 на поздовжньо-стругальних верстатах

Характер оброблення	Площа оброблюваної поверхні, м <sup>2</sup>	Кількість проходів	Глибина різання $t$ , мм	Подача $S$ , мм/дв. хід	Швидкість різання $v$ , м/хв
Напівчистове 40 – 10 мкм $R_z$ :	–	1	До 2	10-20	14 - 18
Чистове 2,5 – 1,25 мкм $R_z$ : попередній прохід			0,15 - 0,3	10-20	5 - 15
Чистове, кінцевий прохід	6	1 - 2	0,05 - 0,1	12 - 16	15
	8				11
	12				7
	17				55
	22				4
<p><b>Примітка</b> 1. Прямолінійну ділянку леза контролювати по лекальній лінійці. 2. Оброблювану поверхню змочувати гасом.</p>					

Значення коефіцієнта  $K_{yv}$  залежно від типу верстата наступні: для повздовжньо-стругального  $K_{yv}=1,0$ ; поперечно-стругального  $K_{yv}=0,8$ .

Потужність різання при струганні та довбанні розраховують за тією ж формулою, що і для точіння при аналогічних режимах.

### 3.6. ПРОТЯГУВАННЯ

Елементами процесу різання (рис. 7) при протягуванні є периметр різання  $\Sigma B$  – найбільша сумарна довжина лез всіх одночасно ріжучих зубів, мм; подача на один зуб  $S_z$ , мм; швидкість різання  $v$ , м/хв; кількість зубів в секції протяжки при прогресивній схемі різання  $z_c$  (при профільній або генеративній схемі різання  $z_c=l$ );  $z_1$  – найбільша кількість одночасно ріжучих зубів, яка визначається з виразу  $z_1=l/t$ , ( $l$  – довжина оброблюваної поверхні, мм (із вирахуванням пазів або витків, якщо такі є);  $t$  – крок ріжучих зубів, мм.

Вираховане значення  $z_1$  округлюють до найближчого цілого числа.

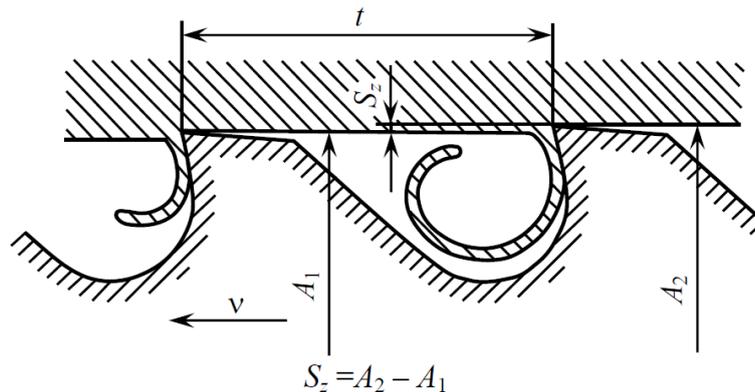


Рисунок 7 – Схема зрізування припуску при протягуванні

**Периметр різання** залежить від форми і розмірів оброблюваної поверхні і схеми різання та визначається рівнянням

$$\Sigma B = Bz_1 / z_c,$$

де  $B$  – периметр різання, мм, рівний довжині оброблюваного контуру заготовки або більший від неї на величину  $l / \cos \lambda$  при похилому розташуванні зубів під кутом  $\lambda$ .

**Подача** при протягуванні  $S_z$  – розмірний перепад між сусідніми ріжучими зубами протяжки (рис. 7) – є елементом конструкції протяжки.

**Швидкість різання**, яка визначається вимогами до точності оброблення і параметрів шорсткості обробленої поверхні, вибирають по табл. 50 залежно від

групи швидкості, яка встановлюється з табл. 51. При нормативній швидкості різання заданий параметр шорсткості поверхні може бити досягнутий при оптимальних значеннях переднього і заднього кутів, при наявності у протяжок чистових і перехідних зубів.

Таблиця 50

Швидкість різання, м/хв, для протяжок з швидкоріжучої сталі Р6М5

Група швидкості різання	Протяжки			
	Циліндрична	Шліцева	Шпоночні і для зовнішнього протягування	Всіх типів
I	8/6	8/3	10/7	4
II	7/5	7/4,5	8/6	3
III	6/4	6/3,5	7/5	2,5
IV	4/3	4/2,5	4/3,5	2

**Примітка.** 1. У чисельнику наведені швидкості різання при 3,2 – 6,3 мкм Ra і точності 8 – 9-го квалітетів, в знаменнику – при 1,6 мкм Ra і точності 7-го квалітета; для протяжок всіх типів при 0,8 – 0,4 мкм Ra.  
2. При протягуванні зовнішніх поверхонь з допуском до 0,03 мм секціями протяжок з фасонним профілем швидкість різання знижувати до 4-5 м/хв.  
3. Для протяжок зі сталі ХВГ табл. швидкості різання знижувати на 25 – 30%.

Таблиця 51

Групи швидкості різання для сталі і чавуну

Сталь								
Твердість HB	Вуглецева і автоматна	Марганцева і хромо-ванадієва	Хроми-ста	Хромо-молібденова	Хромокремнієва кремнемарганцева	Хромо-марганцева	Хромокремне-марганцева	
До 156	IV	-	-	-	-	-	-	
Від 156 до 187	III	III	II	II		II		
Від 187 до 197	II		I		I			
Від 197 до 229	I	II	II	III	III	II	II	
Від 229 до 269	I	II			III	III	II	
Від 269 до 321	II	III	III		IV	III	III	
Твердість HB	Сталь						Чавун	
	Нікелева	Хромо-нікелева	Хромомарганцево-молібденова	Нікель-молібденова	Хромо-марганцево-титанова	Хромо-нікель-молібденова	Сірий	Ковкий
До 156		-	-	-	-	-	-	I
Від 156 до 187	-	III		III			II	
Від 187 до 197	IV	II	I	III	II	III	II	-
Від 197 до 229	III							
Від 229 до 269	III	III	III	III	-	IV	-	-
Від 269 до 321	-							

Встановлену нормативну швидкість різання порівнюють з максимальною швидкістю робочого ходу верстата і швидкістю різання, м/хв, допустимою потужністю двигуна верстата:

$$v = 61200 \frac{N}{P_z} \eta,$$

де  $N$  – потужність двигуна верстата, кВт;

$P_z$  – сила різання при протягуванні, Н;

$\eta$  – ККД верстата.

В якості робочої швидкості приймають найменшу з порівнюваних швидкостей.

Сила різання, Н, при протягуванні

$$P_z = P \Sigma B,$$

де  $P$  – сила різання на 1 мм довжини леза, Н, що залежить від оброблюваного матеріалу і величини подачі  $S_z$ , мм, на один зуб протяжки. Значення її приведені в табл. 52.

Таблиця 52

Сила різання  $P$ , Н, яка припадає на 1 мм довжини леза зуба протяжки

Подача на один зуб $S_z$ , мм	Оброблюваний матеріал								
	Вуглецева сталь			Легована сталь			Чавун		
	$HB < 197$	197-229 $HB$	$HB > 229$	$HB < 197$	198-229 $HB$	$HB > 229$	сірий		ковкий
							$HB < 180$	$HB > 180$	
0,01	65	71	85	76	85	91	55	75	63
0,02	95	105	125	126	136	158	81	89	73
0,03	123	136	161	157	169	186	104	115	94
0,04	143	158	187	184	198	218	121	134	109
0,06	177	195	232	238	255	282	151	166	134
0,08	213	235	280	280	302	335	180	200	164
0,10	247	273	325	328	354	390	207	236	192
0,12	285	315	375	378	407	450	243	268	220
0,14	324	357	425	423	457	505	273	303	250
0,16	360	398	472	471	510	560	305	336	276
0,18	395	436	520	525	565	625	334	370	302
0,20	427	473	562	576	620	685	360	402	326
0,22	456	503	600	620	667	738	385	427	349
0,25	495	545	650	680	730	810	421	465	376
0,30	564	615	730	785	845	933	476	522	431

**Примітка.** Значення сили різання приведені для нормальних умов експлуатації:

а) передні і задні кути зубів оптимальні; б) величина зношення не перевищує допустимої.

### 3.7. НАРІЗУВАННЯ РІЗИ

Нарізування різи здійснюють: зовнішньої – різьбовими різцями, круглими плашками, різьбовими і гребінцевими головками та дисковими фрезами; внутрішньої – різьбовими різцями, мітчиками і гребінчастими фрезами.

Глибина різання і подача. При нарізуванні різьби різцями розрізняють поздовжню подачу  $s$ , рівну кроку різи  $P$ , і поперечну, яка визначає глибину різання  $t$ , рівну висоті різевого профілю, при нарізанні різи за один робочий хід або частини висоти профілю, відповідно до кількості робочих ходів, необхідних для утворення різи.

Якщо крок різи  $P < 2,5$  мм, поперечна подача має радіальне напрямля  $S_p$ , і утворення різьбленням відбувається за профільною схемою (рис. 8, а).

Якщо крок різи  $P > 2,5$  мм, чернові ходи виконують за генеративною схемою з поперечною подачею  $S_b$ , паралельною бічній стороні нарізуваного профілю (рис. 8, б), залишаючи припуск  $e$  на чистові робочі ходи, які зрізаються за профільною схемою. Кількість робочих ходів вибирають із табл. 53 та 54.

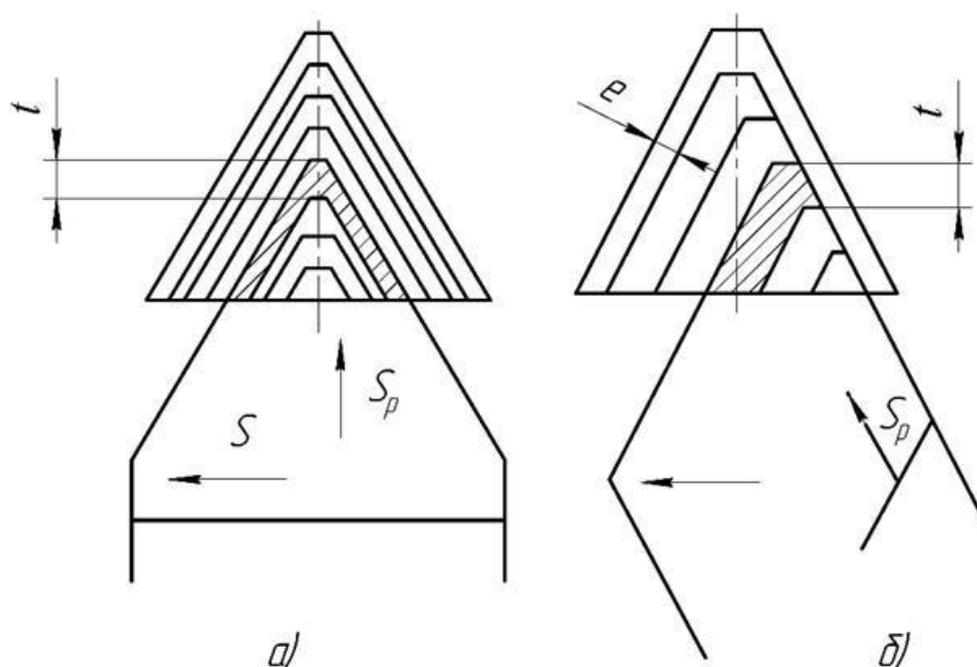


Рисунок 8 – Схеми нарізування різевого профілю різцем

Таблиця 53

Кількість робочих ходів при нарізуванні метричної і трапецеїдальної різі на сталі різевими різцями з пластинами з твердого сплаву Т15К6 та на чавуні – із пластинами з твердого сплаву ВК6

Сталь конструкційна вуглецева і легована				Чавун				
Крок різі Р, мм	Зовнішня різь		Зовнішнє					
	Метрична	Трапецеїдальна	Метрична	Трапецеїдальна				
Кількість робочих ходів*								
	I	II	I	II	I	II	I	II
1,5								
2	3		-	-	2		-	-
3	5	2	5	3	3	2	4	3
4	6		6	4	4		5	
5	7		7	4	5		6	
6	8		8	5			7	4
8			10				9	
10			12	6			10	5
12	-	-	14		-	-	12	
16			18				14	

**Примітка:** 1. Кількість робочих ходів вказано для нарізування метричної різьби для середнього класу точності. При нарізанні точної різьби кількість чистових ходів збільшують.  
2. При нарізуванні внутрішньої метричної різьби Кількість чорнових ходів збільшують на один.  
3. При нарізуванні метричної різьби на сталі 12Х18Н9Т кількість ходів збільшують на 30%, а на загартованій сталі - в 2-3 рази. \* I - чорнових ходів, II - чистових.

Таблиця 54

Кількість робочих ходів при нарізанні метричної і трапецеїдальної різьби різцями зі швидкорізальної сталі

Крок різі Р, мм	Сталь конструкційна вуглецева		Сталь конструкційна легована і сталеві виливки		Чавун, бронза і латунь	
	Кількість робочих ходів					
	I	II	I	II	I	II
Кріпильна метрична зовнішня однозахідна різьба						
1,25 - 1,5	4	2	5	3	4	2
1,75	5	3	6	4	5	3
2,0 - 3,0	6		7		6	
3,5 - 4,5	7	4	9	5	6	4
5,0 - 5,5	8		10			
6,0	9		12			
Трапецеїдальних зовнішня однозахідна різьба						
4	10	7	12	8	8	6
6	12	9	14	10	9	7
8	14		17		11	
10	18	10	22	12	14	7
12	21		25		17	
16	28		33		22	
20	35		42		28	

**Примітки:** 1. Кількість ходів вказано для нарізування різьби середньої точності. При нарізанні точної різьби необхідно дані таблиць збільшити на два-три зачищу вальних ходів при швидкості різання 4 м/хв.  
2. При нарізанні багатозахідної різьби вказану в таблиці кількість ходів збільшують на один-два ходи для кожного заходу різьби.  
3. При нарізуванні внутрішньої різьби збільшують кількість ходів: чорнових - на 2 чистових для метричної різьби на один хід, а для трапецеїдальної - на один хід з кроком до 8 мм і на два ходи з кроком більше 8 мм.

Величини подач  $S_z$  на один різець при вихровому нарізанні різцями в обертових головках наведені в табл. 55, на один зуб гребінчастої фрези – в табл. 56, а на один зуб дискової фрези – в примітці до табл. 56. Мітчики, плашки і різеві головки працюють з самоподачею.

Таблиця 55

Подачі при вихровому нарізуванні метричної та трапецеїдальної різьби різцями із пластинами з твердого сплаву T15K6 на сталевих деталях

Механічні властивості сталі		Подача на один різець $S_z$ , мм	Примітка
$\sigma_b$ , МПа	НВ		
550	153 - 161	1,0 - 1,2	Більші значення подач при нарізуванні різі на жорстких деталях, менші – на деталях з пониженою жорсткістю
650	179 - 192	0,8 - 1,0	
750	210 - 220	0,6 - 0,8	
850	235 - 250	0,4 - 0,6	

Таблиця 56

Подачі  $S_z$  на один зуб гребінчастої різьбової фрези

Оброблюваний матеріал	Діаметр різі, мм					
	До 30			Від 30 до 50		
	$S_z$ , мм, при кроці нарізуваної різьби $P$ , мм					
	До 1	Від 1 до 2	Від 2 до 3,5	До 1	Від 1 до 2	Від 2 до 4
Сталь:						
$\sigma_b < 800$ МПа	0,03 - 0,04	0,04 - 0,05	0,05 - 0,06	0,04 - 0,05	0,05 - 0,06	0,06 - 0,07
$\sigma_b > 800$ МПа	0,02 - 0,03	0,02 - 0,03	0,03 - 0,04	0,03 - 0,04	0,03 - 0,04	0,04 - 0,05
Чавун:						
сірий	0,05 - 0,06	0,06 - 0,07	0,07 - 0,08	0,06 - 0,07	0,07 - 0,08	0,08 - 0,09
ковкий	0,04 - 0,05	0,05 - 0,06	0,06 - 0,07	0,05 - 0,06	0,06 - 0,07	0,07 - 0,08
Оброблюваний матеріал	Діаметр різі, мм					
	Від 50 до 76			Від 76		
	$S_z$ , мм, при кроці нарізуваної різі $P$ , мм					
	До 1	Від 1 до 2	Від 2 до 4	До 2	Від 2 до 4	
Сталь:						
$\sigma_b < 800$ МПа	0,05 - 0,06	0,06 - 0,07	0,07 - 0,08	0,07 - 0,08	0,08 - 0,09	
$\sigma_b > 800$ МПа	0,03 - 0,04	0,04 - 0,05	0,05 - 0,06	0,04 - 0,05	0,05 - 0,06	
Чавун:						
сірий	0,07 - 0,08	0,08 - 0,09	0,09 - 0,10	0,09 - 0,10	0,10 - 0,12	
ковкий	0,06 - 0,07	0,07 - 0,08	0,08 - 0,09	0,08 - 0,09	0,08 - 0,09	
<b>Примітка.</b> 1. Для нарізування точних різей подачу зменшувати на 25%.						
2. Подачу $S_z$ на один зуб дискової фрези при нарізуванні трапецеїдальної різьби приймають рівною 0,3 – 0,6 мм залежно від точності різьби.						

Швидкість різання, м/хв, при нарізуванні кріпильної різі різцями із пластинками з твердого сплаву

$$v = \frac{C_v i^x}{T^{m_s} s^y} K_v, \text{ м/хв};$$

при нарізуванні кріпильних і трапецеїдальних різьб різцями з швидко ріжучої сталі

$$v = \frac{C_v}{T^{m_s} s^y} K_v, \text{ м/хв};$$

при вихровому нарізуванні метричної та трапецеїдальної різі твердосплавними різцями в обертових головках

$$v = \frac{C_v}{T^{m_s} s^y s_z^x} K_v, \text{ м/хв}.$$

Значення коефіцієнта  $C_v$  і показників степеня при обробленні конструкційної вуглецевої сталі з  $\sigma_b = 750$  МПа приведено в табл. 57.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання,

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{cv},$$

де  $K_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу (табл. 14);

$K_{iv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал ріжучої частини інструменту (табл. 16);

$K_{cv}$  – коефіцієнт, що враховує спосіб нарізування різі (застосовують рівним 1,0, якщо різь нарізається чорновим і чистовим різцями, і 0,75, якщо різь нарізається одним чистовим різцем).

$$v = \frac{\pi D f}{1000 \pi \tau P}, \text{ м/хв},$$

де  $D$  – номінальний діаметр різі, мм;

$f$  – ширина виточки для виходу різця, мм;

$P$  – крок нарізуваної різі, мм;

$\tau$  – час на відведення різця і перемикання верстата на зворотній хід, рівний 0,01 – 0,04 хв.

Таблиця 57

Значення коефіцієнта і показників степеня у формулах швидкості різання для різевих інструментів

Оброблюваний матеріал	Нарізування різьби	Матеріал ріжучої частини	Умови різання або конструкції інструменту	Коефіцієнт і показники степеням					Середнє значення періода стійкості $T, \text{хв}$
				$C_v$	$x$	$y$	$q$	$m$	
Сталь конструкційна вуглецева, $\sigma_s = 750, \text{МПа}$	кріпильної різцями	T15K6	-	244,0	0,23	0,30	-	0,20	70
		P6M5	Чорнові ходи: $P < 2 \text{ мм}$	14,8	0,70	0,30	-	0,11	80
			$P > 2 \text{ мм}$	30,0	0,60	0,25	-	0,08	
		Чистові ходи	41,8	0,45	0,30	-	0,13		
	трапецеїдальної різцями	P6M5	Чорнові ходи	32,6	0,60	0,20	-	0,14	70
			Чистові ходи	47,8	0,50	0	-	0,18	
	вихрове нарізування кріпильної і трапецеїдальної різьби	T15K6	-	2330	0,50	0,50	-	0,50	80
	Мітчиками машинними гаєчними автоматними	P6M5	-	64,8	-	0,5	1,2	0,90	90
				53,0		0,5	1,2	0,90	
	41,0	0,5	1,2	0,90					
Круглими плашками	9XC У12А	-	2,7	-	1,2	1,2	0,50	90	
Різьбонарізними головками	P6M5	Гребінки круглі і тангенціальні	7,4		1,2	1,2	0,50	120	
Гребінчастими фрезами	P6M5	-	198,0		0,3	0,4	0,50	100	
Сірий чавун, 190 HB	Кріпильної різцями	BK6	-	83,0	0,45	0	-	0,33	70
	Гребінчастими фрезами	P6M5	-	140,0	-	0,3	0,4	0,33	200
Ковкий чавун, 150 HB	Гребінчастими фрезами	P6M5	-	245,0	-	2,0	0,5	1,0	200
Силумін	Мітчиками гаєчними	P6M5	-	20,0	-	0,5	1,2	0,9	90

**Примітка.** Нарізування різі виконується із застосуванням змащувально-охолоджуючих рідин, рекомендованих для даного виду оброблення

Швидкість різання при нарізуванні метричної різі мітчиками, круглими плашками і різевими головками

$$v = \frac{C_v D^q}{T^{m_s} y}, \text{ м/хв};$$

при нарізанні різевими гребінчастими фрезами

$$v = \frac{C_v}{T^m S_z^x S^y} K_v, \text{ м/хв} \cdot$$

Значення коефіцієнта  $C_v$ , показників степеня і середні значення періоду стійкості  $T$  для різних інструментів приведено в табл. 57.

Дані про стійкість для ряду інструментів орієнтовні, так як в цих випадках швидкість різання не розраховують, а встановлюють, маючи на увазі, що якісна різь при нарізанні її плашками може бути отримана при швидкості  $v \leq 4$  м/хв, а гвинторізними головками – при швидкості  $v \leq 14 - 16$  м/хв.

Найбільш продуктивне і економічне нарізування різі мітчиками і гребінчастими різевими фрезами досягається при максимальних швидкостях різання, що допускаються швидкохідністю обладнання і потужністю його приводу.

Загальний поправочний коефіцієнт

$$K_v = K_{mv} K_{iv} K_{tv},$$

де  $K_{mv}$ ,  $K_{iv}$  – коефіцієнти, що враховують оброблюваний та інструментальний матеріали. Для різьбових різців приведені в табл. 11 і 16, а для мітчиків, плашок, різевих головок і різевих гребінчастих фрез - в табл. 58;

$K_{tv}$  – коефіцієнт, що враховує точність нарізання різі.

Силі залежності. Тангенціальна складова сили різання, при нарізанні різі різцями

$$P_z = \frac{10 C_p P^y}{i^n} K_p, \text{ Н};$$

крутний момент, при нарізанні різі мітчиками і різцевими головками

$$M_{кр} = 10C_m D^q P^q K_p, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

де  $P$  – крок різі, мм;

$i$  – кількість робочих ходів, яка встановлюється з табл. 53 та 54;

$D$  – номінальний діаметр різі, мм.

$C_p$ ,  $C_m$  та показники степеня приведені в табл. 59. Поправочний коефіцієнт  $K_p$ , що враховує якість оброблюваного матеріалу, визначається для різців із табл. 60, а для інших інструментів – із табл. 47.

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання залежно від виду різі та кількості мітчиків в комплекті при нарізанні різі в глухих отворах приведено в табл. 61 і 62.

Потужність. Потужність при нарізуванні різі:  
різцями

$$N = \frac{P_z v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт};$$

мітчиками, плашками і різьбовими головками

$$N = \frac{M \cdot n}{975}, \text{ кВт}, \left( n = \frac{1000v}{\pi D}, \text{ об/хв} \right).$$

При вихровому нарізанні різьби за один прохід обертається головка з  $z$  різцями. Потужність різання визначають за формулами:

для трикутної різьби

$$N = \frac{0.1 \cdot s^{0.5} s_z^{0.4} z^{0.5} v^{0.8}}{D^{0.7}}, \text{ кВт}$$

для трапецеїдальної різьби

$$N = \frac{0.028 \cdot s^{1.2} s_z^{0.6} z^{0.5} v^{0.8}}{D^{0.7}}, \text{ кВт}$$

При нарізуванні різі за кілька проходів, а також при нарізуванні нестандартної різі розраховану потужність слід множити на відношення фактичної висоти профілю, що зрізається за один прохід, до висоти різі (по ГОСТ 24705-2004).

Таблиця 58

Поправочні коефіцієнти на швидкість різання і крутний момент для мітчиків, плашок і різьбових головок

Оброблюваний матеріал	Поправочний коефіцієнт на швидкість різання залежно від					Поправочний коефіцієнт
	Оброблюваний матеріал	Матеріал ріжучої частини		Клас точності різі		
		P6M5	9XC, У10А, У12А	точний	средний	
Сталь: вуглецева: $\sigma_s < 600$ МПа	0,7					1,0
$\sigma_s = 600 - 800$ МПа	1,0					1,0
легована: $\sigma_s < 700$ МПа	0,9	1,0	0,7	0,8	10 - 1,25	1,0
$\sigma_s = 700 - 800$ МПа	0,8					0,85
Чавун: сірий: $HB < 140$	1,0					1,0
$140 - 180 HB$	0,7	1,0	0,7	0,8	1,0 - 1,25	1,2
$HB > 180$	0,5					1,5
ковкий	1,7					0,5

Таблиця 59

Значення коефіцієнтів і показників степеня в формулах для визначення сили різання і моменту різання при нарізуванні різі

Оброблюваний матеріал	Тип інструмента	Коефіцієнти і показники степеня				
		$C_p$	$C_m$	$y$	$q$	$n$
Сталь конструкційна вуглецева, $\sigma_s = 750$ МПа	Різці	148	1,0	1,7	-	0,71
	Мітчики: машинні, гасчні, автоматні	-	0,0041	1,5	1,7	-
			0,0270		1,4	
			0,0025		2,0	
Плашки круглі	0,0450	1,1				
	Різьбові головки	0,0460				
Чавун	Різці	103	1,0	1,8	-	0,82
	Мітчики машинні		0,0130	1,5	1,4	-
Силумін	Мітчики гасчні		0,0022		1,8	

Таблиця 60

Поправочний коефіцієнт  $K_{mp}$  для сталі і чавуну, що враховує вплив якості оброблюваного матеріалу на силові залежності

Оброблюваний матеріал	Розрахункова формула	Показник степеня $n$ при визначенні		
		складової сили різання $P_z$ при обробленні різцями	крутного моменту $M$ і осьової сили $P_o$ під час свердління, розсвердлювання і зенкерування	Колової сили різання $P_z$ при фрезеруванні
Конструкційна вуглецева і легрована сталь, $\sigma_B$ , МПа: < 600 > 600	$K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^n$	0,75/0,35 0,75/0,75	0,75/0,75 0,75/0,75	0,3/0,3 0,3/0,3
Сірий чавун	$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55
Ковкий чавун	$K_{mp} = \left( \frac{HB}{150} \right)^n$	0,4/0,55	0,6/0,6	1,0/0,55

**Примітка:** У чисельнику наведено значення показника степеня  $n$  для твердого сплаву, в знаменнику – для швидкоріжучої сталі.

Таблиця 61

Поправочний коефіцієнт на швидкість різання залежно від виду різі

Вид різьби					
Зовнішня		Внутрішня			
		$d < 100$		$d > 100$	
наскрізна	в упор	наскрізна	в упор	наскрізна	в упор
1,0	0,9	0,85	0,8	1,0	0,9

**Примітка.** В якості змащуючо-охолоджуючої рідини застосовувати: 1) сульфозфрезол; 2) мастила В-29Б, По-35Ж;  
3) суміш - 60% сульфозфрезолу, 25% гасу, 15% олеїнової кислоти.

Таблиця 62

Кількість мітчиків в комплекті при нарізанні різі в глухих отворах

Матеріал деталі	$\sigma_B$ , МПа	Матеріал мітчика	Крок різі	Кількість мітчиків в комплекті
Жароміцні деформуючі і литі сплави	800 – 1300	Швидкоріжуча сталь і твердий сплав	0,25 - 0,50	2
			0,70 - 1,75	3
			2,0 - 2,5	4

### 3.8. ШЛІФУВАННЯ

Розрахунок режимів різання при шліфуванні починають з встановлення характеристик інструменту. Інструмент при шліфуванні різних конструкційних і інструментальних матеріалів вибирають із даних, наведених в довідниках [23, 25].

Основні параметри різання при шліфуванні:

- швидкість обертального або поступального руху заготовки –  $v_z$ , м/хв;
- глибина шліфування, яка визначається шаром металу, що знімається периферією або торцем круга в результаті поперечної подачі на кожен хід або подвійний хід при круглому чи плоскому шліфуванні  $S_i$  в результаті радіальної подачі  $S_p$  при врізному шліфуванні –  $t$ , мм;
- поздовжня подача  $S$  – переміщення шліфувального круга в напрямку його осі в міліметрах на один оберт заготовки при круглому шліфуванні або в міліметрах на кожен хід столу при плоскому шліфуванні периферією круга;
- швидкість круга –  $v_k$ .

Параметри різання при різних видах шліфування конструкційних та інструментальних сталей наведені в табл. 64.

Потужність. Ефективна потужність при шліфуванні периферією круга з поздовжньою подачею

$$N = C_{Nz} v^r t^x s^y d^q, \text{ кВт};$$

при врізному шліфуванні периферією круга

$$N = C_{Nz} v^r t^x s^y d^q b^z, \text{ кВт};$$

при шліфуванні торцем круга

$$N = C_{Nz} v^r t^x b^z, \text{ кВт},$$

де  $b$  – ширина шліфування, рівна довжині ділянки заготовки, що шліфується при круглому врізному шліфуванні і поперечному розміру поверхні заготовки при шліфуванні торцем круга, мм;

$d$  – діаметр шліфувального круга, мм.

Значення коефіцієнта  $C_N$  і показників степеня в формулах приведені в табл. 63.

**Значення коефіцієнта і показників степеня в формулах для визначення  
потужності різання при шліфуванні**

Шліфування	Оброблю- ваний матеріал	Шліфувальний круг		Коефіцієнт і показники степеня								
		Зернистість	Твердість	$C_N$	$\nu$	$x$	$y$	$q$	$z$			
Кругле зовнішнє: з поперечною подачею на подвійний хід, з поперечною подачею на кожен хід, врізання	СЗ	50 - 40	СМ1-СМ	1,3	0,75	0,85	0,70	-	-			
		50	СМ2	2,2	0,5	0,5	0,55	-	-			
		40	СМ1-С1	2,65	0,5	0,5	0,55	-	-			
		50	СМ1	0,14	0,8	0,8		0,2	1,0			
Кругле внутрішнє	СН	40	С1	0,27	0,5	0,4	0,4	0,3	-			
	СЗ	50-40	СМ1-С1	0,36	0,35							
	Ч	40	СМ1	0,3	0,35	1,0	0,7	0,3	-			
Кругле бесцентро- ве:  на прохід  врізне	СН	40 - 25	С1-СТ1	0,1	0,85	0,6	0,7	0,5	-			
		25	СМ2	0,075								
	СЗ	40	СМ1-С1	0,28	0,6	0,6	0,5	0,5	-			
		25	СМ1-С1	0,34								
	СЗН	40	СМ1-С1	0,07	0,65	0,65	-	0,5	1,0			
	Плоске перифері- єю круга на верстатах: з прямо- кутним столом, з круглим столом	СН	50	СМ2	0,52	1,0	0,8	0,8	-	-		
			С1	0,59								
			СТ2	0,68								
СЗ		50-40	М3-С1	0,53	0,8	0,65	0,7	-	-			
Плоске торцем круга на верстатах: з прямокутним столом,  з круглим столом	СН	125	М2	0,17*	0,7	0,5			-			
		125	С1	0,39*						0,7		
		125	СТ1	0,59*								
		80-50	М1-СМ2	1,9**							0,5	-
		50	М3	1,31**								
	СЗ	80-50		М1-СМ2	5,2**	0,3	0,25	-	-	-		
				М3	3,8**							
			Ч	50							СМ1-СМ2	4 0**
	СМ2	2,6***			5							

**Примітка.** 1. \* – круги на бакелітовій зв'язці; \*\* – круг кільцевий на керамічній зв'язці; \*\*\* – круг сегментний на керамічній зв'язці.  
2. СЗН – сталь загартована і незагартована; СЗ – сталь загартована; СН – сталь незагартована; Ч – чавун.  
3. Абразивний матеріал: електрокорунд – при обробленні сталі, карборунд – при обробленні чавуну.

Параметри різання при різних видах шліфування конструкційних та інструментальних сталей

Метод оброблення	Чавуни і сталі				
	$t$ , мм	Поздовжня подача на оберт $S_o$ , мм	Радіальна подача на оберт $S_p$ , мм	$v_k$ , м/с	Швидкість заготовки $v_z$ , м/хв
<b>Кругле зовнішнє шліфування</b> З поздовжньою подачею на кожний хід:	0,01 - 0,025	(0,3 - 0,7) $B$	-	30 - 35	15 - 25
кінцеве	0,05 - 0,015	(0,2 - 0,4) $B$	-	-	15 - 55
З поздовжньою подачею на подвійний хід:	0,015 - 0,05	(0,3 - 0,7) $B$	-	30 - 35	20 - 30
Врізне:	-	-	0,0025 - 0,075	-	30 - 50
попереднє	-	-	-	-	-
кінцеве	-	-	0,001 - 0,05	30 - 35	40-60
<b>Кругле внутрішнє шліфування</b> З поздовжньою подачею на кожний хід:	0,005 - 0,02	(0,4 - 0,7) $B$	-	30 - 35	15 - 30
попереднє	-	-	-	-	-
кінцеве	0,0025 - 0,01	(0,25 - 0,4) $B$	-	-	20 - 40
<b>Плоске шліфування</b> Периферією круга:	0,005 - 0,015	(0,3 - 0,6) $B$	-	30 - 25	8 - 30
попереднє	-	-	-	-	-
кінцеве	0,005 - 0,01	(0,2 - 0,25) $B$	-	-	20 - 60
Торцем круга:	0,015 - 0,04	-	-	30 - 35	4 - 12
попереднє	-	-	-	-	-
кінцеве	0,005 - 0,01	-	-	-	2 - 3
<b>Хонінгування</b> попереднє	Припуск: 100 мкм	$v_{зп}$ $l$ , м/хв 5 - 27	$S_{pl}$ мкм/подв.хід 1,0 - 3,0	20 - 80 м/хв	-
( $p_d = 0,6 - 1,4$ МПа) кінцеве	10 мкм	-	0,3 - 1,0	-	-
( $p_d = 0,3 - 0,6$ МПа) <b>Суперфініш</b> ( $p_d = 0,4 - 0,8$ МПа)	-	$v_{зп}$ $l$ , м/хв 1,0 - 2,0	-	-	180 - 360

**Примітка.** 1. Інструментальний матеріал: електрокорунд – для оброблення сталей; карбід кремнію – для чавунів.

2.  $B$ , мм – висота абразивного круга.

3.  $v_{зп} l$  – швидкість зворотно-поступального руху інструменту.

4.  $p_d$  – тиск брусків на оброблювану поверхню.

5. При суперфініші: частота коливань інструменту  $n_k = 350 - 1400$  колив/хв; амплітуда коливань інструменту  $A = 2 - 6$  мм.

### 3.9. РОЗРІЗУВАННЯ

Розрізування виконують з допомогою відрізних різців, дискових і стрічкових пил, ножівок, абразивних кругів.

Подача. Для дискових пил подача  $S_z$ , для стрічкових пил і абразивних кругів подача  $S$  приведені в табл. 65.

Швидкість різання. Для дискових пил, приводних ножівок і ланцюгових пил швидкості різання, встановлюються в м/хв, а для абразивних кругів – в м/с, приведені в табл. 66.

Таблиця 65

Подача при розрізанні металу дисковими і стрічковими пилами та абразивним кругом

Розрізуваний метал	Подача на зуб $S_z$ , мм, при розрізуванні дисковими пилами	Подача $S_m$ , мм/хв, при розрізуванні													
		стрічковими пилами	абразивними кругами												
Сталь $\sigma_b$ , МПа: <400 400 - 600 > 600	0,08 - 0,15 0,05 - 0,11 0,04 - 0,07	< 50	135 - 150												
Чавун	0,08 - 0,20	< 90													
Бронза		< 110													
Латунь		< 140													
<p><b>Примітка.</b> 1. Подачі для дискових пил встановлені при відношенні розміру <math>t</math> – поперечного перерізу розрізуваної заготовки, що визначає довжину дуги контакту пили з заготовкою, до колового кроку зубів пили <math>q</math>, що дорівнює 10. При інших значеннях <math>t:q</math>, на табличне значення подачі вводиться поправочний коефіцієнт <math>Kq</math>:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th><math>t:q</math></th> <th>6</th> <th>8</th> <th>10</th> <th>13</th> <th>17</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><math>Kq</math></td> <td>1,5</td> <td>1,25</td> <td>1,0</td> <td>0,3</td> <td>0,6</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Верхні значення подач для дискових пил відповідають обробленню на верстатах вищої потужності.</p>				$t:q$	6	8	10	13	17	$Kq$	1,5	1,25	1,0	0,3	0,6
$t:q$	6	8	10	13	17										
$Kq$	1,5	1,25	1,0	0,3	0,6										

### 4. ОСОБЛИВОСТІ ТА ПОСЛІДОВНІСТЬ РОЗРАХУНКУ ЕЛЕМЕНТІВ РЕЖИМУ РІЗАННЯ ДЛЯ ІНШИХ МЕТОДІВ ОБРОБЛЕННЯ

Для інших видів оброблення режими різання встановлюються в наступному порядку.

При нарізуванні циліндричних зубчастих коліс на фрезерних і зубо довальних верстатах визначається хвилинна подача. Швидкість різання приймається як постійна величина для даного оброблюваного матеріалу.

При нарізуванні циліндричних зубчастих коліс з прямими і косими зубами на зубофрезерних верстатах черв'ячними фрезами, визначаються подача на один оберт оброблюваної деталі, швидкість різання і ефективна потужність.

Таблиця 66

Швидкість різання (м/хв) металу дисковими пилами, ножівками, стрічковими пилами і абразивними кругами

Розрізуваний матеріал	Дискові пили зі сталі		Приводні ножівки із сталі		Стрічкові пили
	Швидкоріжучої	Вуглецевої	Швидкоріжучої	Вуглецевої	
Сталь конструкційна, $\sigma_{\sigma}$ , МПа:  < 400	26 - 30	18 - 20	38 - 42	28 - 30	16 - 20
400 - 600	18 - 26	16 - 18	25 - 36	20 - 25	10 - 15
> 600	16 - 22	12 - 16	12 - 21	10 - 15	6 - 12
Інструментальна сталь	11 - 14	8 - 10	12 - 14	9 - 10	4 - 8
Сталеве литво	14 - 18	10 - 16	-	-	-
Жароміцна і корозійностійка сталь	8 - 12	8 - 10	-	-	-
Сірий і ковкий чавун:  $HB < 200$	10 - 12	8 - 9	18 - 28	15 - 20	9 - 12
$HB > 200$	12 - 13		12 - 14	9 - 10	5 - 8
Бронза: $\sigma_{\sigma} < 300$ МПа $\sigma_{\sigma} > 300$ МПа	100 - 200	60 - 160	25 - 28 18 - 21	18 - 20 14 - 15	15 - 30
Латунь	100 - 200	60 - 160	25 - 36	20 - 25	15 - 40
<b>Примітка.</b> Швидкість різання металів абразивним кругом 50 – 70 м/с.					

При нарізуванні на тих же верстатах черв'ячних зубчастих коліс методом радіальної подачі, визначається радіальна подача на один оберт оброблюваної деталі; швидкість різання приймається як постійна величина для даного матеріалу.

При нарізуванні циліндричних зубчастих коліс довб'яком на зубодовбальних верстатах, які працюють за принципом обкатування, визначається кругова подача по початковому колу колеса, що нарізується на один подвійний хід довб'яка, швидкість різання і кількість подвійних ходів.

При нарізуванні зубчастих коліс гребінкою на зубодовбальних верстатах визначається кількість зрізів на один зуб колеса, швидкість різання і кількість подвійних ходів на хвилину.

При нарізуванні конічних зубчастих коліс на зубостругальних верстатах одного типу визначаються подача на один подвійний хід штоссея і кількість подвійних ходів штоссея на хвилину. При нарізуванні конічних зубчастих коліс на верстатах іншого типу, визначаються подача на один оберт колеса, що нарізується і кількість подвійних ходів штоссея на хвилину; при нарізуванні конічних зубчастих коліс на верстатах третього, типу визначаються подача обкатування і кількість подвійних ходів штоссея. Швидкості різання для всіх цих верстатів приймається як постійна величина для даного оброблюваного матеріалу.

При нарізуванні різі різцями і гребінками визначаються кількість проходів і швидкість різання. Подачею оброблюваної деталі є крок нарізуваної різі. Кількість обертів деталі, що нарізується визначається за формулою швидкості різання. При нарізуванні різі на різьбофрезерних верстатах дисковими і груповими фрезами визначаються швидкість різання і подача.

## **5. ВИЗНАЧЕННЯ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ**

При виборі режимів різання для багатоінструментального оброблення принцип розрахунку зберігається таким же як і для одноінструментального оброблення.

Режими різання для багатоінструментального оброблення встановлюють залежно від структури операції, верстатів, інструментів та іншого технологічного оснащення, що використовується.

Розглянемо порядок і метод визначення режиму різання при багатоінструментальному обробленні на одношпindelних токарних напівавтоматах і на багатошпindelних напівавтоматах послідовної дії. До числа перших з

названих верстатів відноситься, наприклад, токарний багаторізцевий напівавтомат моделі 1721, до числа других – токарний шести шпиндельний напівавтомат моделі 1272.

## **5.1. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ ТОКАРНИХ НАПІВАВТОМАТАХ**

Порядок розрахунку елементів режимів різання при багатоінструментальному обробленні на одношпиндельних токарних верстатах-напівавтоматах наступний.

1. Визначається довжина робочого ходу кожного супорта  $L_{px}$ . Для цього розраховується довжина ходу кожного інструменту  $L$

$$L = L_{piz} + l_{ep} + l_{don},$$

де  $L_{piz}$  – довжина різання;

$l_{ep}$  – величина підводу, врізання й перебігу інструменту;

$l_{don}$  – додаткова довжина ходу, що залежить від конфігурації деталі.

Найбільша з розрахованих довжин ходу окремих інструментів  $L_{max}$  і є довжиною робочого ходу супорта  $L_{px}$ , тобто  $L_{px} = L_{max}$ .

2. Призначається подача ( $s$ ) і глибина різання ( $t$ ). Коли оброблення ведуть комплектом інструментів, закріплених в одному або декількох блоках (супортах, державках, качалках), інструменти мають єдину подачу на один оберт шпинделя верстата, але різну швидкість різання залежно від розмірів оброблюваних поверхонь.

Тривалість роботи кожного інструмента може бути різною. Такі варіанти зустрічаються при обробленні на багаторізцевих токарних напівавтоматах, токарно-револьверних, розточних та інших верстатах. У цьому випадку глибину різання й подачу для кожного інструмента призначають по тій же методиці, що й для одноінструментального оброблення.

Для кожного блоку інструментів вибирають найменшу технологічно допустиму (лімітуючу) подачу. При наявності декількох інструментальних блоків вибирається загальна лімітуюча подача. Подачу лімітуючого блоку

погоджують із паспортними даними верстата й приймають найближче менше значення, за яким розраховують основний час.

3. Визначаються періоди стійкості ( $T$ ) для тих інструментів, які ймовірно є лімітуючими, тобто для яких за підрахунками виходить найменша кількість обертів шпинделя

$$T = T_m \lambda,$$

де  $T$  – період стійкості кожного з інструментів наладки, для яких розраховується швидкість різання;

$T_m$  – період стійкості (приймається за нормативними таблицями залежно від кількості інструментів в наладці,  $T_m$  відносяться до лімітуючих за стійкістю інструментів);

$\lambda$  – коефіцієнт часу різання, рівний для даного інструменту відношенню кількості обертів шпинделя верстата за час різання до кількості обертів шпинделя за час ходу супортів верстата на робочій подачі.

Якщо очевидно, що  $\lambda > 0,7$ , то можна прийняти без розрахунку, що  $T = T_m$ .

При обробленні твердосплавними інструментами сталевих деталей період стійкості приймається не більше 200 хв, незважаючи на результат розрахунку, отриманого за вищевказаною формулою.

При роботі одним супортом і при паралельній роботі супортів верстата, коли очевидно, що лімітуючі за стійкістю інструменти закріплені на супорті, що працює найтриваліший час, коефіцієнт часу різання

$$\lambda = \frac{L_{pi3}}{L_{px}}.$$

4. Відповідно до встановленої стійкості  $T$  визначається за нормативними таблицями швидкість різання  $v$  для лімітуючих інструментів

$$v = v_{таб} K_1 K_2 K_3,$$

де  $v_{таб}$  – швидкість різання за нормативними таблицями;

$K_1$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від оброблюваного металу (сталь, чавун, алюмінієві сплави та ін.);

$K_2$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від періоду стійкості і марки твердого сплаву;

$K_3$  – поправочний коефіцієнт, що залежить від виду оброблення (розточування, поперечне точіння, фасонне точіння;  $K_1, K_2, K_3$  приймаються за нормативними таблицями).

За отриманою швидкістю різання розраховують кількість обертів шпинделя верстата

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

Виходячи з розрахованої кількості обертів для лімітуючих інструментів (з перевищенням не більше 10 – 15%), підбирають кількість обертів шпинделя верстата за паспортом і уточнюють швидкості різання за прийнятою кількістю обертів

$$v = \frac{\pi dn}{1000}.$$

5. Розраховується основний (машинний) час оброблення  $t_m$ .

Якщо основні часи роботи супортів перекриваються, у розрахунок приймається найбільший основний час ( $t_{m.найб}$ ) одного супорта:

$$t_{m.найб} = \frac{L_{px}}{s_o n},$$

де  $L_{px}$  – довжина робочого ходу супорта;

$s_o$  – подача;

$n$  – кількість обертів шпинделя.

Якщо ж основні часи роботи супортів не перекриваються, основний час верстата  $t_{m.вер}$  дорівнює сумі основних часів окремих інструментів, що не перекриваються  $t_i$ , тобто

$$t_{вер} = \sum t_i.$$

6. Розраховується потужність різання:

а) розраховується потужність різання ( $N_{piz}$ ) для кожного інструменту за формулами або нормативами;

б) розраховується сумарна потужність різання  $N_{E_{piz}}$ , найбільша за період роботи верстата. Вона дорівнює сумі потужностей різання  $N_{piz}$ , одночасно працюючих інструментів, тобто

$$N_{E_{piz}} = \sum N_{piz};$$

в) проводиться перевірка за потужністю двигуна  $N_{дв}$ .

Для цього сумарна потужність різання  $N_{E_{piz}}$  зрівнюється з потужністю двигуна (за паспортом верстата)

$$N_{E_{piz}} \leq 1, 2N_{дв}\eta,$$

де  $\eta$  – коефіцієнт корисної дії верстата;

г) проводиться перевірка міцності приводу за допустимим крутним моментом для даної кількості обертів.

Повинно бути

$$N_{E_{piz}} \leq N_{кр}.$$

$$N_{кр} = \frac{M_{кр}n}{716, 2 \cdot 1, 36} = \frac{M_{кр}n}{974}; \text{ кВт},$$

$$N_{кр} = \frac{M_{кр} \cdot \omega}{10^3}, \text{ кВт},$$

де  $N_{кр}$  – потужність приводу верстата за крутним моментом;

$M_{кр}$  – допустимий за міцністю для даної кількості обертів крутний момент;

$n$  – кількість обертів шпинделя верстата;

$\omega$  – кутова швидкість.

Якщо потужність, допустима міцністю приводу верстата, недостатня, необхідно знизити кількість обертів або величину подачі.

## 5.2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ НА БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ ПОСЛІДОВНОЇ ДІЇ

Для кожної позиції в тому ж порядку і тими ж методами, як викладено вище для одношпindelних токарних напівавтоматів, визначаються такі параметри :

1) довжини робочих ходів супортів  $L_{px}$ ;

2) подача  $S_o$ ,

3) періоди стійкості  $T$  (необхідно враховувати всі інструменти верстата, а не тільки встановлені на розглядуваній позиції).

Для осьового інструменту стійкість  $T$  розраховується, як у попередньому випадку, при цьому

$$\lambda = \frac{L_{piz}}{L_{px}} ;$$

4) швидкість різання і кількість обертів шпинделя  $n$ ;

5) основний ( машинний) час  $t_m$ ;

6) основний час верстата  $t_{m.вер}$ , рівний сумі основних часів по окремих позиціях , тобто

$$t_{m.вер} = \sum t_m ;$$

7) швидкість різання корегується у бік зменшення кількості обертів шпинделя (а іноді і подач) на не лімітуючих позиціях з врахуванням встановленого основного часу верстата. (При обробленні твердосплавним інструментом деталей, виготовлених зі сталі, не слід приймати швидкість різання меншою 45 – 50 м/хв);

8) розраховується сумарна потужність різання на всіх позиціях (для перевірки за потужністю двигуна і міцністю приводу), так само як і для одношпindelних багато різцевих напівавтоматів.

Встановивши режими різання шляхом розрахунку або за нормативними таблицями і графіками на кожній операції (переходу, позиції), визначають норму часу для її виконання.

### 5.3. ПРИКЛАД РОЗРАХУНКУ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ПРИ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ

На поздовжній супорт (рис. 9) встановлено блок *I* із трьома прохідними 1, 2, 3 і одним розточним 4 різцем, а на поперечний супорт – блок *II* із трьома канавочними 5, 6, 7 і одним фасочним 8 різцем. Подачі супортів із блоками інструментів позначені  $S_{\delta I}$  і  $S_{\delta II}$ . Прийняті за таблицями і погоджені з паспортними даними верстата, вони мають наступні значення:  $S_{\delta I} = 0,08$  мм/об;  $S_{\delta II} = 0,06$  мм/об.

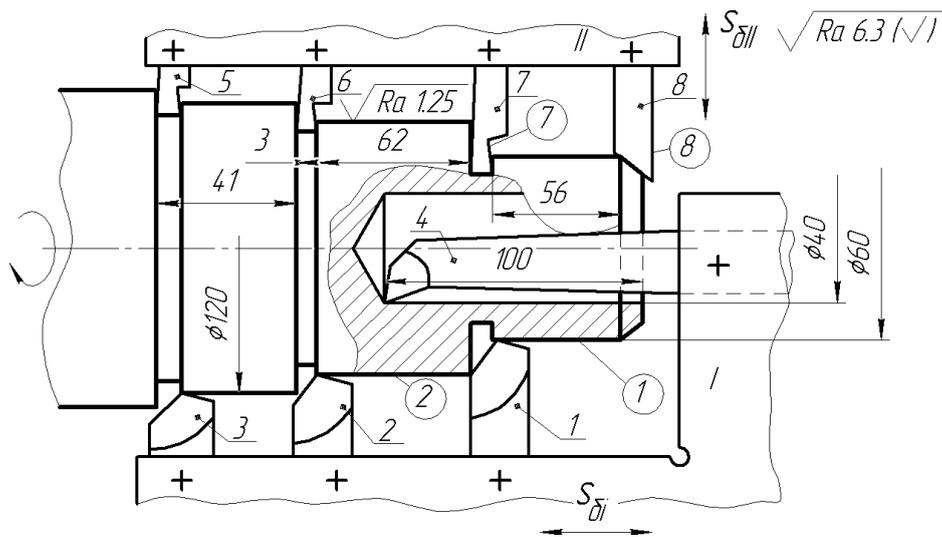


Рисунок 9 – Схема багатоінструментального оброблення торця вала

Таблиця 67

Вихідні дані і результати розрахунку режимів різання

Позначення блока	Номер інструмента	$d_i, \text{мм}$	$l_i, \text{мм}$	$S_{\delta i}, \text{мм/об}$	$T_{\text{м}}, \text{хв}$	$l_{p1}, \text{мм}$	$n_{\text{бі}}, \text{хв.}^{-1}$	$K_{\text{о.ч.}}$	$F, \text{мм}^2$	$v, \text{м/хв}$	$n_c, \text{хв.}^{-1}$	$t_0, \text{хв}$
<b>I</b>	1	60	56	0,08	60	0,132	700	0,544	10557	82,9	440	1,59
	2	90	65	0,08	60	0,230	813	0,631	18738	124,4	440	1,85
	3	120	41	0,08	60	0,193	512	0,398	15456	165,8	440	1,16
	4	40	103	0,08	60	0,162	1288	1,000	12943	55,3	440	2,92
<b>II</b>	5	150	20	0,06	40	0,141	333	1,000	9424	207,3	440	0,76
	6	120	20	0,06	40	0,110	333	1,000	7539	165,8	440	0,76
	7	90	20	0,06	40	0,079	333	1,000	5654	124,4	440	0,76

Інші вихідні дані для розрахунків режимів різання інструментів налагодження приводяться в перших шести графах табл. 67.

Лімітуючим інструментом в налагодженні будемо вважати різець 2 (рис. 9). Для забезпечення шорсткості шийки 1,25 мкм  $Ra$  для цього різця прийнята подача  $S_{6I} = 0,08$  мм/об, загальна для всіх інструментів блоку I. З іншого боку, різець 2 проходить найбільший шлях різання  $l_{p2} = 0,23$  км і обробляє найбільшу площу  $F$  поверхні деталі:

$$F_2 = \pi d_2 l_2 = 18738 \text{ мм}^2.$$

Умовно-економічна стійкість інструменту

$$T_m = K_m T_m = 0,5 \left( \sum_1^4 60 + \sum_5^8 40 \right) = 200 \text{ хв.}$$

Загальна довжина переміщення поздовжнього супорта із блоком I визначається довжиною  $l_4 = 103$  мм отвору, що розточується. Для різця 2 коефіцієнт часу різання  $K_{cp} = l_2 / l_4 = 65 / 103 = 0,631$ , а його лімітуюча стійкість

$$T_L = K_{cp} T_m = 0,631 \cdot 200 = 126 \text{ хв.}$$

Швидкість різання для різця 2 буде рівною (значення коефіцієнтів встановлені з довідникової літератури)

$$v_{pl} = C_v K_v / \left( T_L^T t^{xv} s^{yv} \right) = 360 \cdot 0,88 / (126^{0,2} 1,50^{0,25} \cdot 0,08^{0,15}) = 158,4 \text{ м/хв,}$$

де  $v_{pl}$  – розрахункове лімітуюче значення швидкості різання;

$T_L^T$  – лімітуюча стійкість інструмента (табличне значення).

Частота обертання шпинделя, що відповідає швидкості  $v_{pl}$  буде рівна

$$n = 1000 v_{pl} / (\pi d_2) = 1000 \cdot 158,4 / (3,14 \cdot 90) = 580 \text{ хв}^{-1}.$$

Для подальших розрахунків прийемо найближчу меншу частоту обертання, що відповідає паспортним даним верстата –  $n_c = 440 \text{ хв}^{-1}$ . На цій частоті буде проводитися оброблення заготовки всіма різцями обох блоків, при цьому швидкість різання для різця 2

$$v_2 = \pi d_2 n_c / 1000 = 3,14 \cdot 90 \cdot 440 / 1000 = 124,4 \text{ м/хв.}$$

Швидкості різання для інших інструментів налагодження наведені в табл. 67. Максимальна швидкість різання різцем 5 ( $v_5 = 207,3 \text{ м/хв}$ ) короткочасна.

Визначивши в такий спосіб параметри  $t_i$ ,  $s_{\delta i}$ ,  $v_i$  режиму роботи кожного інструмента налагодження, розраховують складові сили різання  $P_{xi}$ ,  $P_{yi}$ ,  $P_{zi}$ , і необхідну кожному інструменту потужність різання  $N_i$ .

За сумарними значенням  $P_{xi}$  ( $P_x = \sum P_{xi}$ ) перевіряють міцність механізмів подач верстата. За значеннями сили  $P_{yi}$  (і жорсткості технологічної системи  $j_c$ ) розраховують похибки оброблення, пов'язані із пружними деформаціями системи.

За максимальною величиною  $P_z = \sum P_{zi}$  визначають необхідний крутний момент на шпинделі й загальну потужність різання.

Ефективна потужність приводу  $N_{\Sigma} = N_c \eta$  (тут  $N_c$  – потужність двигуна верстата;  $\eta$  – к. к. д. передач) повинна бути не меншою розрахункової, тобто повинна дотримуватися нерівність  $N_{\text{д}} \geq N_{\Sigma}$ .

Основний час для багатоінструментальних схем оброблення розраховують за лімітуючою довжиною, оброблення й подачою супорта. Так, для розглянутого вище прикладу лімітуючою довжиною є  $l = 103 \text{ мм}$  (табл. 67), при цьому основний час  $t_{04} = l / (n_c s_{\delta i})$  або  $t_o = n_{\delta 4} / n_c = 1288 / 440 = 2,92 \text{ хв}$  (аналогічно визначають основний час для інших інструментів налагодження).

Допоміжний час, пов'язаний з основними й (або) допоміжними переходами, встановлюють за нормативами. Потім обчислюють оперативний і штучний час технологічної операції.

При технічних розрахунках і нормуванні багатоінструментальних технологічних операцій особливо уважно стежать за ступенем взаємного перекриття в часі основних і допоміжних переходів, тобто за суміщенням окремих етапів роботи, що становлять цикл операції й визначають штучний час.

## **6. ПРИЗНАЧЕННЯ ПЕРІОДУ СТІЙКОСТІ РІЗАЛЬНОГО ІНСТРУМЕНТА**

Період стійкості інструментів це час різання новим або відновленим ріжучим інструментом (лезом) від початку різання до відмови. Значення періоду стійкості лезового інструменту залежить від ряду чинників: умов виробництва, типу обладнання, конструкції інструмента, інструментального матеріалу. Чим вище серійність виробництва, тим менший період стійкості інструменту слід приймати; чим вища вартість верстатохвилини обладнання, тим менший період стійкості інструменту слід приймати. Чим складніший і дорожчий інструмент у виготовленні і налагодженні, тим більший період стійкості інструменту слід приймати; чим більший час, що витрачається на зміну або відновлення інструменту, тим більший період стійкості слід приймати; чим вища вартість матеріалу інструменту, тим більший період стійкості слід приймати.

Період стійкості абразивного інструменту не є обмежуючим фактором і тому режими абразивного різання приймаються виходячи з вимог щодо точності і якості оброблюваної поверхні.

Середні значення періодів стійкості лезових інструментів представлені в табл. 68.

## **7. МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧІ РІДИНИ**

У промисловому масштабі освоєно виробництво рідких мастильно-охолоджуючих рідин (МОР) двох класів: масляних і водяних, а також окремих марок твердих і пластичних технологічних мастил. Масляними МОР є мінеральні масла з в'язкістю  $2 - 40 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $50 \text{ }^\circ\text{C}$  без присадок або з присадками різного функціонального призначення (антифрикційними, протизношувальними, антиокисними, миючими, антипінними, протитуманними, антикорозійними та ін.). Маючи хороші мастильні властивості, цей клас МОР має ряд недоліків: низьку охолоджуючу здатність, підвищені випаровуваність і пожежонебезпечність, високу вартість.

Водяні МОР можуть містити мінеральні масла, емульгатори, інгібітори корозії, біоциди, протизношувальні присадки, антипінні добавки, електроліти, речовини-зв'язки (воду, спирти, гліколи та ін.) та інші органічні і неорганічні речовини.

Водяні МОР в порівнянні з масляними відрізняються вищою охолоджуючою здатністю, пожежобезпечні і менш небезпечні для здоров'я людини із порівняно невисокою вартістю робочих розчинів.

Разом з тим, їм притаманний ряд недоліків: порівняно низькі мастильні властивості; неможливість застосування в особливо важких умовах оброблення

металів; необхідність вирішення питань розкладання і утилізації відпрацьованих водяних розчинів.

Таблиця 68

Середні значення періодів стійкості лезових інструментів

Інструмент	Вид оброблення і діаметр інструмента	Інструментальний матеріал	Оброблюваний матеріал			
			Чавун	Сталь вуглецева	Сталь легована	Сталь високоміцна, корозійно стійка, жароміцна
			Період стійкості $T$ , хв			
Різець	Точіння чорнове	ТС (ВК, ТТК, ТК)	90	90	60	30
	напівчистове	БВТС (ТМ, ТН)				
		ТС (ВК, ТТК, ТК),	60	60	60	30
		МК (ВОК, ЦМ)	70	70	70	70
	тонке	СТМ	90	90		
	Відрізання,	ТС	30	30	30	30
	прорізання канавок	БРС	30	30	30	30
Свердло	Діаметр, мм					
	до 5	БРС/ТС	20/5	15/18	6/5	6/5
	до 10		35/25	25/10	10/10	10/10
	до 20		60/45	45/20	17/20	17/20
	до 40		105/70	70/35	35/-	25/-
	до 60		170/-	100/-	-/-	-/-
Зенкер	Діаметр, мм					
	до 20	БРС/ТС	30/30	30/30	24/24	24/24
	до 40		55/55	50/50	50/50	50/50
	до 60		70/70	80/80		
Развертка	Діаметр, мм					
	до 20	БРС/ТС	60/60	40/30	40/	40/
	до 40		120/100	80/50	60/	60/
	до 60		180/160	120/100		
Мітчик	Діаметр, мм до 10	БРС/ТС	30	40	20	15
	по. 10		60	90	30	20
Кругла плашка	-	БРС	90	90	90	90
Фреза	Торцева: Ø 100мм	БРС/ТС	60/120	60/120	60/120	60/120
	Ø 200 мм		100/200	100/200	100/200	100/200
	Кінцева: Ø 20мм		40/60	40/60	40/60	40/60
	Ø 50 мм		60/80	60/80	40/60	40/60
	Циліндрична		90/	90/	90/	80/
	Дискова Ø 100мм		60/120	60/120	60/120	60/120
	Ø 150 мм		80/150	80/150	80/150	80/150
	Зубооброблююча (черв'ячна):					
	$t$ до 4,0	БРС	480	240	240	240
	$t$ до 8,0		960	480	480	480
Протяжка	Кругла	БРС/ТС	45 - 90/180	55 - 70/180	45 - 55/120	45 - 55/120
	Шлицева		35 - 70/180	45 - 55/180	25 - 45/120	25 - 45/120

**Примітка.** Періоди стійкості різців ТС приведені для напайних пластин; для різців зі змінними пластинами з ТЗ період стійкості може бути знижений в 1,5 – 2 рази.

## **7.1. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ВИБОРУ МАСТИЛЬНО-ОХОЛОДЖУЮЧИХ РІДИН ДЛЯ ЛЕЗОВОГО ОБРОБЛЕННЯ**

Мастильно-охолоджуючі рідин (МОР) вибирають виходячи, перш за все, з фізико-механічних властивостей матеріалу оброблюваної заготовки і виду технологічних операцій. При цьому враховують зміну фізико-хімічних властивостей матеріалів заготовки та інструменту з підвищенням температури в контактних зонах при різанні, а також ряд факторів, що об'єднуються поняттям «умови оброблення», форму, розміри і конструктивні особливості заготовки; кінематичні та динамічні особливості технологічної операції; необхідну якість деталі або заготовки (на проміжній операції); форму і розміри ріжучого інструменту; інструментальний матеріал і вид різання (вільне, невільне, переривчасте, неперервне, прямокутне і косокутне), чистоту МОР, спосіб і техніку подачі МОР в зону оброблення та ін.

Рекомендації щодо застосування МОР при лезовому обробленні заготовок представлені в [21].

## **8. ПОНЯТТЯ ПРО НОРМУ ЧАСУ**

Найважливішою із задач сучасної економіки є боротьба за використання всіх резервів виробництва та економію часу. Чим менше робочого часу витрачається на виробництво продукції, тим більша продуктивність праці і ефективність виробництва.

Щоб правильно організувати працю і виявити резерви збільшення її продуктивності потрібно перш за все встановити технічно обгрунтовану норму часу на кожну виконувану роботу.

***Під технічним нормуванням розуміється встановлення норми часу на виконання певної роботи або норми виробітку в штуках в одиницю часу.***

Технічна норма часу це час, встановлений на виконання даної операції при певних організаційно-технічних умовах і найбільш ефективному використанні всіх можливостей виробництва з врахуванням передового виробничого досвіду.

Величина затрати часу на виготовлення тієї чи іншої продукції при належній її якості є одним з основних критеріїв для оцінки досконалості технологічного процесу. Норму часу визначають на основі технічного розрахунку та аналізу, виходячи з умов повнішого використання технічних можливостей обладнання та інструменту відповідно вимогам до оброблення даної деталі або при складанні виробу. У машинобудівному виробництві при обробленні деталей на металорізальних верстатах визначається норма часу на окремі операції (комплекс операцій) або норма вироблення деталей (виробів) у штуках в одиницю часу (годину, зміну).

***Отже, під технічною нормою часу розуміють час*** (у хвилинах або частках хвилини), який встановлюється на виконання даної операції за певних організаційно-технічних умов і найбільш ефективному використанні всіх засобів виробництва з врахуванням передового виробничого досвіду.

Технічна норма часу, яка визначає витрату часу на оброблення (складання чи інші роботи), служить основою для оплати роботи, калькуляції собівартості деталей виробу. На основі технічних норм розраховується тривалість виробничого циклу, необхідна кількість верстатів, інструментів і робітників, визначається виробнича потужність цехів (або окремих дільниць), проводиться все планування виробництва.

При виборі оптимальних варіантів технологічних процесів оброблення деталей або складання виробів поряд з іншими техніко-економічними показниками користуються нормою часу для оцінки технологічного процесу.

**При встановленні норми часу необхідно забезпечити такі умови:**

1. Робота повинна виконуватися робітником відповідної кваліфікації.
2. Повинні бути застосовані найбільш ефективні для даної роботи пристосування та інструменти.
3. Повинні бути встановлені оптимальні режими різання, виходячи з

можливості раціонального застосування одночасного оброблення декількох деталей, одночасної роботи декількома інструментами і в тих випадках, де це можливо, одночасного обслуговування одним робітником декількох верстатів.

4. Припуски на оброблення повинні бути оптимальними, верстат повинен бути справним, а якість інструменту нормальною.

5. У норму часу не повинні бути включені ті ручні прийоми, які можуть бути виконані одночасно з роботою верстата, тобто перекриті машинним часом.

6. У норму часу не повинен включатися час на виправлення забракованих деталей.

7. Організація робочого місця повинна передбачати завчасну доставку до нього креслень і нарядів на роботу, матеріалів, інструментів, пристосувань, а також здачу їх після виконання роботи допоміжними робітниками.

8. Заточування інструменту повинна бути централізованим, тобто інструмент повинен заточуватися в заточному відділенні цеху, спеціальними робітниками-заточувальниками. Інструмент повинен замінюватись через встановлені проміжки часу (примусова зміна інструменту) або на вимогу верстатника. Кожне робоче місце повинно бути забезпечене додатковим комплектом інструменту. Заточений інструмент подається до робочого місця у готовому вигляді.

9. У норму часу не повинні входити витрати часу через будь-які організаційні проблеми; до числа цих проблем відносяться: перерва в подачі електроенергії, затримка в доставці матеріалу, пристосувань, інструменту, затримка транспортних засобів, наряду на роботу або здачі роботи, і т.п. Отже, має бути передбачене безперервне і своєчасне забезпечення робочого місця всім необхідним для виконання безперебійної роботи.

10. Норма часу повинна встановлюватися з розрахунку на нормальні умови роботи, і будь-які втрати часу, пов'язані з відхиленнями від нормальних умов, які залежні від робітника, так і не залежні від нього, не входять в норму.

## **9. НОРМУВАННЯ. СКЛАД І СТРУКТУРА НОРМИ ЧАСУ**

При виконанні верстатних робіт норма штучного часу складається з наступних складових частин:

- 1– основного (технологічного) часу;
- 2– допоміжного часу;

3– часу на обслуговування робочого місця;

4– часу перерв на відпочинок і фізичні потреби.

Коли норма часу задається на виготовлення однієї штуки виробу, тоді вона визначається нормою штучного часу.

Норма штучного часу виражається наступною формулою

$$t_{шт} = t_o + t_{\partial} + t_{об} + t_n ,$$

де  $t_o$  – основний час;

$t_0$  – допоміжний час;

$t_{об}$  – час на обслуговування робочого місця;

$t_n$  – час на перерви.

## 9.1. ОСНОВНИЙ ЧАС

Основний час ( $t_0$ ) – це частина штучного часу, що витрачається на зміну і (або) подальше визначення стану предмету праці. Іншими словами – це час на механічне оброблення, складання або контроль виробу. Основний час може бути машинним, машинно-ручним і ручним.

**Машинним** називається час виконання роботи машиною або механізмом без участі працівника. Наприклад, до машинного часу відноситься час роботи металорізального верстата при автоматичній подачі різального інструменту.

**Машинно-ручним** називається час на виконання роботи при безпосередній участі працівника. Наприклад, свердління на свердлильному верстаті з ручною подачею свердла.

**Ручним називається** час виконання роботи без застосування машин і механізмів.

В основний час входить час, що витрачається на врізання і перебіги (підвід і вихід) різального інструменту, на зворотні ходи (у стругальних, довбальних та інших верстатах), на прохід інструменту при взятті пробних стружок; тому при підрахунку основного часу розрахункова довжина оброблення приймається з урахуванням всіх цих факторів.

При роботі на металорізальних верстатах основний машинний час для кожного технологічного переходу визначають за формулою

$$t_0 = \frac{l \cdot i}{S},$$

де  $l$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні або оброблення у напрямі подачі;

$i$  – кількість робочих ходів;

$S$  – хвилинна подача.

### 9.1.1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ ДОВЖИНИ ОБРОБЛЕННЯ ПРИ РІЗНИХ МЕТОДАХ ФОРМОУТВОРЕННЯ

При ручному підведенні інструменту без взяття пробних стружок розрахункова довжина оброблення (рис. 10) визначається так:

$$l = l_{обр} + l_{вр} + l_{сх},$$

де  $l_{обр}$  – довжина оброблюваної поверхні у напрямі подачі;

$l_{вр}$  – довжина врізання інструменту;

$l_{сх}$  – довжина сходу (перебігання) інструменту.

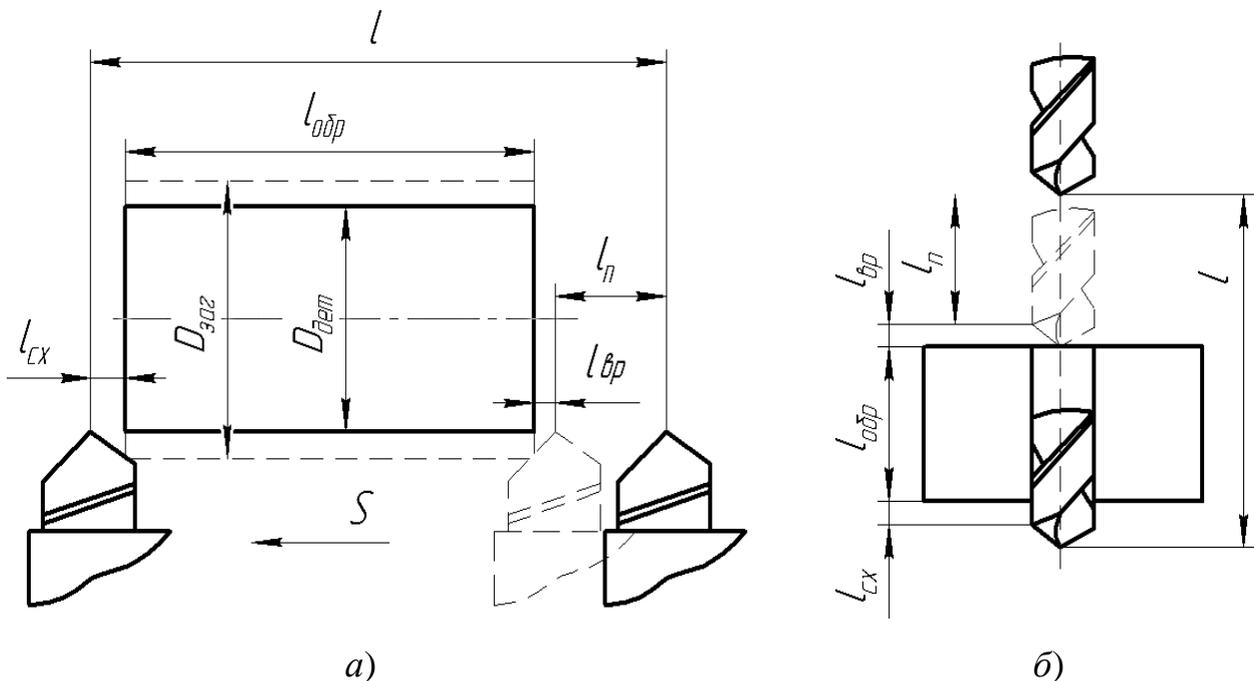


Рисунок 10 – Схеми для визначення розрахункової довжини оброблення

При ручному підведенні інструменту з взяттям пробних стружок до розрахункової довжини оброблення додається  $l_{спр}$  – загальна довжина робочих ходів при узятті пробних стружок.

Тоді

$$l = l_{обр} + l_{вр} + l_{сх} + l_{спр}.$$

При автоматичному підведенні інструменту до заготовки із швидкістю подачі слід враховувати шлях підходу інструменту з цією швидкістю. В цьому випадку

$$l = l_{обр} + l_{сп} + l_{сх} + l_n,$$

де  $l_n$  – довжина підводу інструменту.

Приведені формули є загальними для верстатних робіт всіх видів. Проте для конкретного типу верстата і конкретного виду роботи можуть бути свої особливості.

Приклади розрахункових формул для визначення машинного часу та розрахункової довжини оброблення при різних методах формоутворення приведені в додатку В.

## 9.2. ДОПОМІЖНИЙ ЧАС

Допоміжним  $t_d$  є час, що витрачається робітником на дії, для виконання основної роботи.

Допоміжний час включає:

- час на керування верстатом – запуск, зупинка, зміна швидкості, подачі;
- час на заміну інструменту;
- час на установку, закріплення і знімання пристосування і деталі;
- час на прийоми вимірювання деталі (взяти інструмент, встановити, виміряти, відставити інструмент).

Допоміжний час може бути ручним, машинним або машинно-ручним (наприклад, автоматичне переміщення супорта верстата, установка і зняття оброблюваної деталі за допомогою підйомно-транспортних пристроїв і т. п.).

З метою найменшої витрати часу на оброблення слід, на скільки можливо, деякі дії, час на виконання яких входить у допоміжний час, виконувати під час автоматичної роботи обладнання, тобто допоміжний час перекривати машинним часом. Виходячи з цього, допоміжний час слід розділяти на такий, що перекривається і не перекривається машинним часом.

Якщо частина допоміжних робіт проводиться в процесі виконання основної роботи, то ця частина допоміжного часу називається такою, що перекривається.

Якщо частина допоміжних робіт виконується не в процесі оброблення (наприклад, зняття обробленої заготовки і встановлення для оброблення іншої), то такий допоміжний час називається таким, що не перекривається.

При автоматичному вимірюванні деталі в процесі її оброблення (активний контроль) час на вимірювання перекривається машинним часом.

При розрахунку норми часу враховують тільки ту частину допоміжного часу, яка не може бути перекрита машинним часом.

Сума основного і допоміжного часу, що не перекривається, називається оперативним часом.

$$t_{on} = t_o + t_{\partial},$$

де  $t_o$  – основний час;

$t_{\partial}$  – допоміжний час, що не перекривається.

### **9.3. ЧАС ОБСЛУГОВУВАННЯ РОБОЧОГО МІСЦЯ**

Час обслуговування робочого місця ( $t_{об}$ ) – це час, який робітник витрачає на підтримання робочого місця в такому стані, що забезпечує високу продуктивність роботи.

Цей час поділяється на час технічного і час організаційного обслуговування.

Час технічного обслуговування – це час на догляд за обладнанням і підтриманням в робочому стані інструмента для виконання конкретної роботи.

#### **Час технічного обслуговування включає:**

- час на підналагодження і регулювання верстата в процесі роботи;
- час на зміну затупленого інструмента;
- час на правлення інструмента в процесі роботи;
- час на видалення стружки в процесі роботи.

Час організаційного обслуговування – це час, який витрачається робітником на підтримання робочого місця в робочому стані.

#### **Час організаційного обслуговування включає:**

- час на розстанвлення інструмента на початку зміни і прибирання його в кінці зміни;
- час на прибирання і змащування верстата;
- час на огляд і випробовування верстата.

Час технічного обслуговування робочого місця залежить безпосередньо від основного (технологічного) часу і тому його обчислюють у відсотках до основного.

Час організаційного обслуговування робочого місця обчислюють у відсотках до оперативного часу.

У крупносерійному і масовому виробництві, при необхідності в більш точному значенні штучного часу, доцільно для деяких типів верстатів (особливо шліфувальних всіх видів) час на технічне обслуговування визначати шляхом розрахунку за формулою

$$t_{m.об} = \frac{t_{зр}t_o}{T_i},$$

де  $t_{зр}$  – час на зміну і регулювання інструменту;

$t_o$  – основний (технологічне) час;

$T_i$  – період стійкості інструменту.

#### **9.4. ЧАС НА ПЕРЕРВУ**

Час на перерву ( $t_n$ ) – це час, на протязі якого робітник не приймає участі в роботі.

Час перерви на відпочинок і фізичні потреби може бути прийнятий лише в розмірі, величина якого регламентується умовами виробництва та умовами роботи на даному верстаті, причому час перерви на відпочинок вводиться в норму часу тільки у випадку фізично важких або втомлюючих робіт. Час перерви на відпочинок і на фізичні потреби обчислюється сумарно у відсотках до оперативного часу.

#### **9.5. ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛЮЧНИЙ ЧАС**

Підготовчо-заключний час встановлюється на всю партію деталей і в норму штучного часу не входить. Він включається до калькуляційного часу.

До підготовчо-заключного часу можна віднести:

- отримання наряду на роботу;
- час на ознайомлення з роботою і читання креслень;
- час на підготовку робочого місця, налагодження верстата, інструмента, пристосування для оброблення заданої партії деталей;
- час на знімання інструмента і пристосування після закінчення

оброблення даної партії деталей.

В масовому і крупносерійному виробництві підготовчо-заключний час в норму часу верстатника не входить, так як, налагодження верстата, інструмента і пристосування, а також підготовку робочого місця проводять до початку зміни спеціальні наладчики і допоміжні робітники.

У серійному виробництві налагодження верстата, інструменту та пристосувань і підготовку робочого місця також виконують спеціальні наладчики і допоміжні робітники, але деяка невелика частина підготовчо-заключного часу припадає і на верстатника.

В одиничному і дрібносерійному виробництві налагодження верстата, інструменту та пристроїв виконується самим верстатником, і час, що витрачається ним на цю роботу, досягає значних величин. У норму штучного часу цей час не включається, але нормується окремо й оплачується робітникові за окремою розцінкою.

## 10. ВИЗНАЧЕННЯ ШТУЧНОГО І ШТУЧНО-КАЛЬКУЛЯЦІЙНОГО ЧАСУ

Враховуючи формулу для визначення штучного часу

$$t_{шт} = t_o + t_\partial + t_{об} + t_n,$$

можна записати, що

$$t_{шт} = t_o + t_\partial + (t_{m.об} + t_{o.об}) + t_n,$$

де  $t_{m.об}$  – час технічного обслуговування;

$t_{o.об}$  – час організаційного обслуговування.

Тоді

$$t_{шт} = t_o + t_\partial + t_o \frac{\alpha}{100} + (t_o + t_\partial) \frac{\beta}{100} + (t_o + t_\partial) \frac{\gamma}{100},$$

де  $\alpha$  – процент від основного часу, який визначає час технічного обслуговування;

$\beta$  – процент від оперативного часу, який визначає час організаційного обслуговування;

$\gamma$  – процент від оперативного часу, який визначає час на фізичні потреби.

З формули видно, що час технічного обслуговування можна вирахувати в процентах від основного часу, а час організаційного обслуговування та час перерв – від суми основного та допоміжного, тобто оперативного часу.

Крім цього при нормуванні визначають підготовчо-заклучний час.

Підготовчо- заклучний час ( $T_{nз}$ ) – це час, який робітник (або бригада робітників) витрачає на підготовку до виконання заданої роботи і дії, пов'язані з її закінченням.

Норма часу на оброблення партії деталей визначають за формулою

$$T_n = t_{ум}n + T_{nз},$$

де  $t_{ум}$  – штучний час на виготовлення однієї деталі;

$n$  – кількість деталей в партії;

$T_{nз}$  – підготовчо-заклучний час на всю партію деталей.

Норма загального калькуляційного часу на одну штуку (штучно-калькуляційний час) визначається за формулою

$$t_k = \frac{T_n}{n} = t_{ум} + \frac{T_{nз}}{n}.$$

## 11. МЕТОДИ ТЕХНІЧНОГО НОРМУВАННЯ

**Розрізняють два методи технічного нормування: аналітичний і дослідно-статистичний.**

На основі цих методів розробляють різні способи встановлення норм праці.

Аналітичний метод нормування дозволяє встановити технологічно обгрунтовані норми часу.

Аналітичний метод поділяють на аналітично-дослідницький і аналітично-розрахунковий.

Аналітично-дослідницький метод – це метод, в основі якого лежить конкретне вивчення трудового процесу і дослідження його по складових елементах (фотографія робочого часу (ФРЧ), хронометраж).

Метод, в основі якого лежать розрахунки норми часу по нормативах, формулах і т. п., називається аналітично-розрахунковим.

Спосіб застосування аналітичного методу залежить від типу виробництва.

В одиничному і дрібносерійному виробництві використовують укрупнений спосіб нормування за укрупненими нормативами, використовують спосіб порівняння з типовою нормою часу, еталоном, який розрахований аналітичним методом.

В масовому і крупносерійному виробництві має місце високий рівень спеціалізації робочих місць і диференціації технологічного процесу. В такому випадку використовують аналітично-розрахунковий або аналітично-дослідний метод.

В якості аналога за звичай приймається деталь, однорідна за конструктивно-технологічними та іншими ознаками з деталлю, операція оброблення якої нормується.

Використання способу порівняння потребує класифікатора аналогів із зазначенням їх основних ознак порівняння і встановлення типових норм часу на операції технологічного процесу для кожного аналога.

Аналітично-розрахунковий метод потребує наступних розрахунків:

– розрахунку машинного часу за відповідними нормативами режимів роботи обладнання;

– розрахунку ручного часу на виконання допоміжних прийомів роботи за нормативами допоміжного і ручного основного часу;

– розрахунку часу організаційного і технічного обслуговування робочого місця;

– розрахунку часу на відпочинок і фізичні потреби;

– розрахунку підготовчо- заключного часу.

Характер процесу нормування дослідно-статистичним методом потребує використання способу порівняння для встановлення норм часу. В цьому випадку базою для порівняння служить встановлення норм часу на раніше виконувани аналогічні роботи, які, як правило, відображають застарілі виробничі умови.

## **12 .МЕТОДИКА ВИЗНАЧЕННЯ НОРМИ ЧАСУ ЗА ЕЛЕМЕНТАМИ**

Методика розрахунку технічної норми часу залежить від виду та характеру виробництва: для масового виробництва технічна норма розраховується за окремими прийомами, для серійного виробництва – за

об'єднаною групою прийомів, для одиничного і дрібносерійного виробництва – шляхом застосування норм, встановлених на типові технологічні процеси або операції.

Норма часу на окремі прийоми або групи прийомів ручної роботи визначається за відповідними нормативами часу, розробленими на підставі даних хронометражу, при проведенні якого встановлюється раціональна послідовність прийомів роботи, необхідність кожного прийому і правильність його виконання, можливість виконання окремих прийомів в період машинного часу (перекриття машинно-автоматичним часом).

Час машинної роботи (основний технологічний час) визначається шляхом теоретичного розрахунку за формулами, виведеними з врахуванням кінематичної схеми верстата, а також залежно від режиму роботи.

Норма часу на всю операцію виходить як сума елементів часу на машинну і ручну роботу та інші дії, передбачені відповідно до формули визначення штучного часу

$$t_{um} = t_o + t_d + (t_{m.ob} + t_{o.ob}) + t_n,$$

та формули для визначення загального калькуляційного часу на одну штуку

$$t_k = \frac{T_n}{n} = t_{um} + \frac{T_{nz}}{n}.$$

Розрахунок елементів часу проводиться в такому порядку:

1. Визначається підготовчо-заклучний час на всю партію деталей (при дрібносерійному та одиничному виробництві).
2. Розраховується основний (технологічний) час.
3. Визначається допоміжний час.
4. Розраховується час на технічне, організаційне обслуговування і на фізичні потреби.

Останні елементи часу приймаються у вигляді процентної надбавки відповідно на основний і оперативний час.

## **12.1. ВИЗНАЧЕННЯ ПІДГОТОВЧО-ЗАКЛУЧНОГО ЧАСУ**

Тривалість окремих підготовчих і заклучних дій при виконанні операцій оброблення в одиничному і дрібносерійному виробництві приймається за нормативами, складеними за дослідними даними, отриманими на основі

вивчення та узагальнення досвіду роботи новаторів, а також на основі керівних матеріалів науково-дослідних і виробничих організацій.

На величину підготовчо-заключного часу впливають організація роботи цеху, характер оброблення деталі, складність верстата і пристосування, спосіб закріплення деталі та інші фактори.

Необхідно прагнути до максимального скорочення цього непродуктивного часу. Його скорочення дає можливість значно краще використовувати обладнання, яке під час виконання підготовчих і завершальних дій простоює. Необхідно також звільняти верстатників від таких робіт, які можуть виконувати допоміжні робітники.

При визначенні норми підготовчо-заключного часу необхідно передбачати таку організацію робочого місця, при якій матеріал, інструменти, пристосування, креслення і наряди подаються до робочого місця.

Нормативи підготовчо-заключного часу складаються так, що час на виконання всіх елементів роботи, що відносяться до підготовчих і заключних дій при виконанні верстатних операцій, складається з двох величин, а саме:

- а) часу на налагодження верстата, пристосувань та інструменту;
- б) часу на додаткові прийоми.

При роботі на револьверних верстатах в нормативах передбачається час на пробне оброблення деталей, який додається у вигляді третьої складової до величин, зазначених у пунктах "а" і "б".

Величини підготовчо-заключного часу приймаються залежно від типу і розміру верстатів, способів установки, пристосувань, що застосовуються, кількості ріжучих інструментів у наладці, а також від технологічної схожості деталей у різних партіях, що прикріплюються до одного верстату.

Час на пробне оброблення деталей приймається залежно від кількості, ріжучих інструментів, що встановлюються на заданий розмір і величини оперативного часу на оброблення деталі. Слід мати на увазі, що проведена в повному обсязі підготовка робочого місця дозволяє триваліший час працювати без перерв і без додаткових переналагоджень.

## **12.2. РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО (ТЕХНОЛОГІЧНОГО) ЧАСУ**

Основний (технологічний) час, як зазначалося вище, розраховується теоретичним шляхом. Беручи елементи режиму різання за розрахунками, або за

готовими таблицями нормативів, розраховують час машинного оброблення, користуючись основною формулою, яка справедлива для всіх видів оброблення. Вид цієї формули змінюється залежно від того чи іншого виду оброблення (Додаток В).

Формула для розрахунку основного (технологічного) часу має такий вигляд

$$t_o = \frac{l \cdot i}{ns}$$

де  $l$  – розрахункова довжина оброблюваної поверхні або оброблення у напрямі подачі (розраховується відповідно до конкретного методу оброблення);

$i$  – кількість робочих ходів;

$n$  – кількість обертів шпинделя в хвилину для верстатів з обертовим рухом або кількість подвійних ходів за хвилину для верстатів з прямолінійним рухом;

$s$  – подача за один оберт або на один подвійний хід головного руху (руху різання).

Основний (технологічний) час можна визначити, виходячи з формули для розрахунку швидкості різання

$$v = \frac{\pi dn}{1000}$$

де  $v$  – швидкість різання, в м/хв;

$d$  – діаметр оброблюваної деталі, в мм;

$n$  – кількість обертів шпинделя за хвилину.

Кількість обертів шпинделя за хвилину

$$n = \frac{v1000}{\pi d}$$

Тоді

$$t_o = \frac{\pi d l i}{v s 1000}$$

В розрахункову величину довжини оброблення  $l$  входить довжина врізання і довжина перебігу інструменту.

Довжина врізання визначається за формулами залежно від того чи іншого виду оброблення (Додаток В) або за готовими таблицями нормативів, складених на підставі формул. Довжина перебігу приймається за виробничими даними в межах 1 – 5 мм. Ці дані наведені у відповідних довідниках.

Формули для розрахунку основного (технологічного) часу для різних видів оброблення наведені у додатку В.

### **12.3. ВИЗНАЧЕННЯ ДОПОМІЖНОГО ЧАСУ**

Тривалість допоміжних дій, що здійснюються при виготовленні деталі і які входять до складу допоміжного часу, визначається так само як і підготовчо-заклучний час, за нормативами, розробленими на основі дослідних даних, отриманих в результаті вивчення та узагальнення досвіду роботи новаторів, а також на основі керівних матеріалів науково-дослідних і проектних організацій.

Так як до складу допоміжного часу входить багато різноманітних дій і прийомів, то нормативи часу зводяться в групи для окремих дій залежно від їх характеру. Так, окремо складаються:

- а) нормативи допоміжного часу на встановлення та зняття деталей;
- б) нормативи допоміжного часу, пов'язаного з переходом, обробленням однієї поверхні і операцією;
- в) нормативи допоміжного часу на контрольні вимірювання обробленої поверхні.

Нормативи часу, що витрачається на установку і зняття деталі, даються на комплекс прийомів (встановлення, зняття, закріплення, розкріплення) залежно від виду і конструкції пристосування, способів встановлення, закріплення і вивірювання положення деталі, маси, довжини і способу її підйому.

Нормативи допоміжного часу, пов'язаного з переходом, встановлюються для певної групи верстатів (токарних, карусельних, розточних, револьверних, свердлильних, фрезерних, стругальних та ін.), для яких даються:

- час на прийоми керування верстатом, пов'язані з переходом (включення та виключення подачі, підведення та відведення інструмента і т.п.);
- час на переміщення механізмів верстата;
- час на виведення інструменту (наприклад свердла) для видалення стружки.

Нормативи допоміжного часу, пов'язаного з обробленням однієї поверхні даються для круглошліфувальних, внутрішньошліфувальних і плоскошліфувальних верстатів. Нормативи містять час на підведення і відведення столу або шліфувального круга, включення і виключення подачі, зміну режиму роботи, вимірювання деталі в процесі оброблення.

Нормативи допоміжного часу на операцію передбачають витрату часу на комплекс всіх прийомів, які виконуються для даної операції, включаючи час на установку і зняття деталі.

Допоміжний час на пробне зняття стружки дається для різних видів і способів оброблення, причому в цей час входять всі прийоми, необхідні для знімання пробної стружки: пуск і зупинка верстата, включення і виключення подачі, переміщення супорта, вимірювання деталі.

Час, що витрачається безпосередньо на зняття стружки, тобто на різання металу, у допоміжний час не входить. Він включається, як зазначено раніше, у основний (технологічний) час, при визначенні якого в розрахункову довжину оброблюваної поверхні вводиться довжина ходів, при зніманні пробних стружок.

Нормативи допоміжного часу на контрольні вимірювання, які проводяться при виконанні верстатних операцій, встановлюються для різних видів вимірювальних інструментів залежно від способу і точності вимірювань і розмірів деталей. Якщо час на контрольні вимірювання може бути перекрито машинним часом, то він не повинен включатися в норму допоміжного часу, так само як і час автоматичного контролю, що здійснюється в процесі оброблення.

Допоміжний час на прийоми вимірювання оброблених поверхонь універсальними і спеціальними вимірювальними інструментами передбачає час на всі прийоми, пов'язані з вимірюванням:

- взяти і піднести інструмент до деталі;
- поміряти деталь і попередньо встановити на розмір, якщо це потрібно для інструменту;
- прочитати результати вимірювання;
- покласти інструмент на місце.

Допоміжний час обчислюється сумарно на кожен перехід технологічного процесу. Допоміжний час, що перекривається машинним часом, в норму допоміжного часу не повинен включатися.

## **12.4. ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСУ НА ТЕХНІЧНЕ І ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА ФІЗИЧНІ ПОТРЕБИ**

Визначити точно величину цього часу досить складно через різноманіття умов і характеру різних робіт. Тривалість часу, що витрачається на дії щодо технічного і організаційного обслуговування та фізичні потреби, визначається за дослідними даними. За цими матеріалами складаються таблиці та графіки, обчислюються процентні відношення до основного та оперативного часу, за якими нараховуються надбавки до норми часу.

Як вже зазначалося, час на технічне обслуговування робочого місця обчислюється у відсотковому відношенні від основного часу або шляхом розрахунку. Відсоток від основного часу для більшості верстатів коливається в межах 1 – 3,5% залежно від типу і розміру верстата. Як вказувалося вище, при спрощених розрахунках, час технічного обслуговування може бути виражений у відсотках стосовно до оперативного часу, а не до основного.

Час на організаційне обслуговування робочого місця і фізичні потреби обчислюється у відсотковому відношенні від оперативного часу. Відсоток від оперативного часу при верстатних роботах у крупносерійному і масовому виробництві коливається в межах 0,8 – 2,5% залежно від типу і розміру верстата. У серійному виробництві, з метою спрощення розрахунку, іноді приймають на технічне і організаційне обслуговування сумарний відсоток від оперативного часу: 2 – 4% залежно від типу верстатів, що обслуговуються, крім шліфувальних, для яких відсоток коливається від 3,5 до 7,0% залежно від виду верстатів, а для безцентровошліфувальних верстатів – від 8 до 13%.

Час перерви на відпочинок і фізичні потреби приймається в розмірі при одиничному і серійному виробництві 4 – 6%, при крупносерійному і масовому – 5 – 8% від оперативного часу залежно від типу верстата.

При розрахунках норм часу на верстатні роботи час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця, а також час перерв на відпочинок і фізичні потреби для різних типів верстатів і різних видів виробництва приймається за затвердженими нормативами.

Час на технічне і організаційне обслуговування, час перерви на відпочинок і фізичні потреби обчислюється та підсумовується для кожної операції технологічного процесу окремо.

### 13. НОРМУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ РОБІТ ПРИ ОДНО-ІНСТРУМЕНТАЛЬНОМУ ОБРОБЛЕННІ

#### 13.1. ПРИКЛАДИ НОРМУВАННЯ ТОКАРНИХ, СВЕРДЛИЛЬНИХ ТА ФРЕЗЕРНИХ ОПЕРАЦІЙ

##### Обточування на токарно-револьверному верстаті

###### Завдання.

Визначити норму штучного часу для проточування деталі (рис. 11) на токарно-револьверному верстаті. Режими різання визначити за загальномашинобудівними нормативами [16].

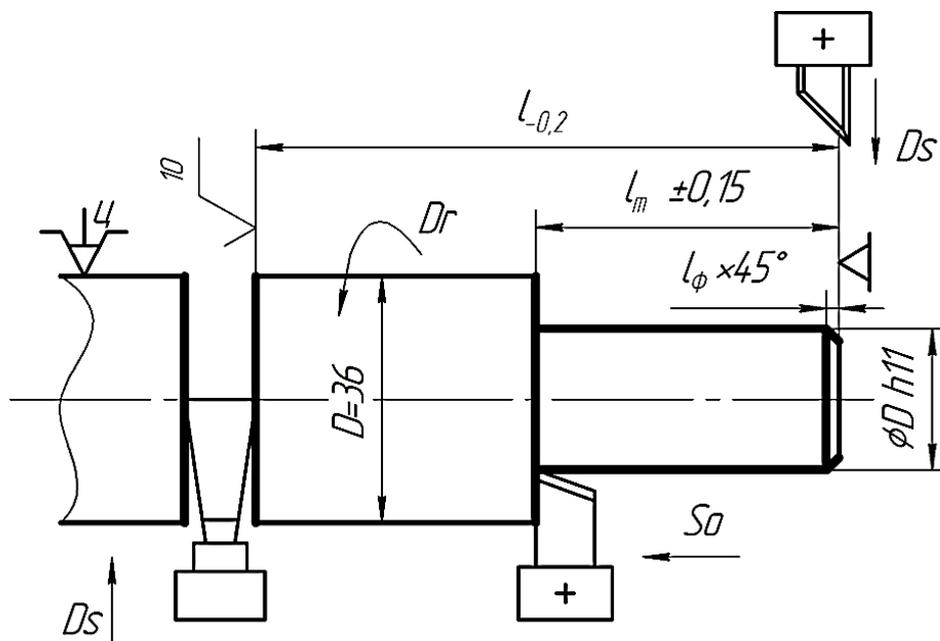


Рисунок 11 – Схема оброблення

Вихідні дані:

Деталь – вісь; матеріал – сталь 50; допустимі напруження  $\sigma_e = 700$  МПа;  
діаметр для точіння  $D_o = 32h11$ ; розмір для точіння  $l_m = 50 \pm 0,15$  мм; розмір  
фаски  $l = 2 \times 45^\circ$ ; довжина деталі  $l = 80$  мм; заготовка – прокат калібрований;

$\phi$

операція – токарно-револьверна.

Зміст операції.

- 1) подати пруток до упору, закріпити;
- 2) точити діаметр в розмір  $D_o = 32h11$  на довжину  $l_m = 50 \pm 0,15$  мм;
- 3) точити фаску  $l_\phi = 2 \times 45^\circ$ ;
- 4) відрізати деталь від прутка в розмір  $l = 80$  мм.

### Розв'язок

Верстат токарно-револьверний 1А340. Різець прохідний упорний  $12 \times 20$  мм;  $\phi = 90^\circ$ ;  $\phi_1 = 15^\circ$ ;  $\gamma = 10^\circ$ ;  $r = 1$  мм; матеріал пластини – твердий сплав Т15К6; різець прохідний  $12 \times 20$  мм;  $\phi = 45^\circ$ ; матеріал пластини – твердий сплав Т15К6; різець відрізний  $12 \times 20$  мм;  $B = 3$  мм; матеріал ріжучої частини – сталь Р6М5. Маса деталі 1 кг.

#### 1. Розрахунок основного часу

Перехід 1 – проточування діаметру  $\text{Ø}32h11$  на довжину 50 мм.

1.1. Розрахункові розміри оброблення:  $D = 36$  мм ;  $l_m = 50$  мм ;  $h = 36 - 32 = 4$  мм. Глибина різання дорівнює припуску на сторону:  $t = h : 2 = 4 : 2 = 2$  мм. Розрахункова довжина оброблення  $L = L_m + l_1$ . Величина врізання й перебігу дорівнює  $l_1 = 3$  мм. Отже  $L = 50 + 3 = 53$  мм [11, додаток 1, лист 1].

#### 1.2. Кількість робочих ходів.

$$i = h : (2t) = 4 : (2 \cdot 2) = 1 .$$

1.3. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначаються подача, швидкість різання і частота обертання

$$s_o = 0,32 \text{ мм/об}, v = 136 \text{ м/хв}, n = 1200 \text{ об/хв}.$$

#### 1.4. Основний час.

$$t_2 = \frac{L \cdot i}{n_n \cdot s_o} = \frac{53 \cdot 1}{1200 \cdot 0,32} = 0,14 \text{ хв} ,$$

де  $n_n$  – частота обертання за паспортом верстата.

Перехід 2 – проточування фаски  $2 \times 45^\circ$ .

1.5. Розрахункові розміри обробки:  $D_o = 32$  мм,  $l = 2$  мм,  $t = 2$  мм. Так як

проточування фаски – процес короткочасний, то параметри режиму різання приймаємо за попереднім переходом. Основний час приймаємо за довідниковими даними [13, додаток 2]

$$t_{o_3} = 0,11 \text{ хв.}$$

Перехід 3 – відрізання деталі.

1.6. Розрахункові розміри обробки:  $D=36$  мм;  $l = D : 2 = 36 : 2 = 18$  мм. Розрахункова довжина обробки  $L = l + l_1$ . Шлях на підвід і перебіг різця 2 мм. Відповідно,  $L=18+2=20$  мм. Глибина різання  $t = 3$  мм (ширина різця), кількість робочих ходів  $i=1$ .

1.7. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначаються подача, швидкість різання і частота обертання

$$S_n=0,08 \text{ мм/об}, v=36 \text{ м/хв}, n=320 \text{ об/хв.}$$

1.8. Основний час

$$t_{o_4} = \frac{L}{ns_n} = \frac{20}{320 \cdot 0,08} = 0,78 \text{ хв.}$$

1.9. Сумарний основний час на операцію

$$t_o = t_{o_2} + t_{o_3} + t_{o_4} = 0,14 + 0,11 + 0,78 = 1,03 \text{ хв.}$$

2. Розрахунок допоміжного часу.

2.1. Час на комплекс прийомів щодо встановлення заготовки в самоцентрувальному патроні для заготовки з прутка із кріпленням пневматичним затискачем та установкою на довжину по упору  $t_{\partial.уст} = 0,16$  хв [11, карта 3].

2.2. Час, пов'язаний з переходом 2 при установленні по лімбу,  $t'_{\partial.пер} = 0,16$  хв з переходом 3 –  $t''_{\partial.пер} = 0,14$  хв, з переходом 4 –  $t'''_{\partial.пер} = 0,14$  хв [11, карта 24 лист 1].

$$t_{\partial.пер} = 0,16 + 0,14 + 0,14 = 0,44 \text{ хв.}$$

2.3. Час на вимірювання штангенциркулем  $t_{вим} = 0,16$  хв. [11, карта 43, лист 7].

2.4. Загальний допоміжний час  $t_{\partial} = 0,16 + 0,44 = 0,6$  хв.

3. Розрахунок оперативного часу.

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 1,03 + 0,6 = 1,63 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця становить 4,5% від  $t_{on}$  [4, карта 45, лист 1]:

$$t_{об} = 1,63 \cdot 0,045 = 0,07 \text{ хв.}$$

5. Час на відпочинок та особисті потреби.

Час на відпочинок та особисті потреби дорівнює 4% від  $t_{он}$  [11]:

$$t_n = 1,63 \cdot 0,04 = 0,065 \text{ хв.}$$

6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = 1,63 + 0,07 + 0,065 = 1,77 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно рисунку 11

№ в-ту	Марка сталі	Допустимі напруження $\sigma_s$ , МПа	Діаметр для точіння $D_0$ , мм	Розмір для точіння $l_m$ , мм	Розмір фаски $l_\phi$ , мм	Довжина деталі $l$ , мм
1	Сталь 25	450	22	35	2	60
2	Сталь 30	490	24	40	2,5	65
3	Сталь 35	530	26	45	2	70
4	Сталь 40	570	28	50	3,5	75
5	Сталь 45	600	30	55	4	80

№	$l_1$ , мм	$t_{o_3}$ , хв	$T_{д.уст}$ , хв	$t'_{д.пер}$ , хв	$t''_{д.пер}$ , хв	$t'''_{д.пер}$ , хв	$t_{вум}$ , хв
1	1	0,07	0,11	0,1	0,08	0,08	0,09
2	1,5	0,08	0,12	0,11	0,09	0,09	0,1
3	2	0,09	0,13	0,12	0,1	0,1	0,11
4	2,5	0,1	0,14	0,13	0,11	0,11	0,12
5	3	0,11	0,15	0,14	0,12	0,12	0,13

### 13.1.2. Оброблення отвору на свердлильному верстаті

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію оброблення отвору в деталі на свердлильному верстаті (рис. 12).

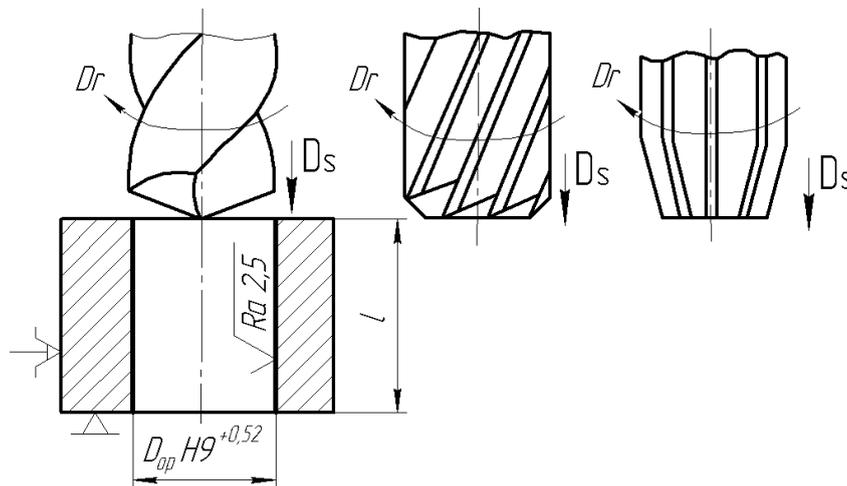


Рисунок 12 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь – планка; матеріал сталь 40; допустимі напруження  $\sigma_{\sigma} = 600$  МПа; заготовка – поковка; маса заготовки  $m = 3$  кг.

Послідовність оброблення.

Свердління отвору  $D_{oc} = 23$  мм, зенкерування отвору  $D_{oz} = 24,8$  мм і розвертання отвору  $D_{op} = 25H9$ . Верстат вертикально-свердлильний 2Н125.

Інструмент. Свердло  $D_c = 23$  мм зі швидкорізальної сталі Р6М5,  $2\phi = 118^\circ$ , форма заточування  $H$ ; зенкер зі сталі Р6М5,  $D_z = 24,8$  мм,  $\phi = 45^\circ$ ; розвертка  $D_p = 25H9$ ,  $\phi = 5^\circ$ . Робота з охолодженням.

Установка деталі в кондукторі з базуванням по площині і затиском ексцентриком. Інструмент встановлений у револьверній головці, закріпленій на пінолі шпинделя верстата.

Виробництво середньосерійне.

## Розв'язання

### 1. Розрахунок основного часу.

Перехід 1 – свердління отвору  $D_{oc} = 23$  мм.

#### 1.1. Розрахункові розміри оброблення.

$D=23$  мм;  $l=100$  мм;  $h=D=23$  мм. Глибина різання

$t = h : 2 = 23 : 2 = 11,5$  мм. Розрахункова довжина оброблення  $L = l + l_1$ .

Величина врізання й перебігу дорівнює  $l_1 = 10$  мм [11, додаток 1, лист 2].

Отже,  $L=100+10=110$  мм.

1.2. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначаються подача, швидкість різання і частота обертання:

$$s_o=0,28 \text{ мм/об}, v=18,8 \text{ м/хв}, n=250 \text{ об/хв}.$$

#### 1.3. Основний час

$$t_{o_1} = \frac{L_i}{n \cdot s_o} = \frac{110}{250 \cdot 0,28} = 1,57 \text{ хв}.$$

Перехід 2 – зенкерування отвору  $D_{oz} = 24,8$  мм.

1.4. Розрахункові розміри оброблення:  $D_{oz} = 24,8$  мм,  $l = 100$  мм,  $h=1,8$  мм. Глибина різання  $t = h : 2 = 1,8 : 2 = 0,9$  мм. Розрахункова довжина оброблення  $L = l + l_2$ . Врізання і перебіг при  $t=0,9$  мм дорівнює  $l_2 = 3$  мм [11, додаток 1, лист 2].

Отже,  $L = 100 + 3 = 103$  мм.

1.5. За нормативами, а також паспортними даними верстата визначаються подача, швидкість різання і частота обертання шпинделя верстата:

$$s_o=0,56 \text{ мм/об}, v=19,5 \text{ м/хв}, n=250 \text{ об/хв}.$$

#### 1.6. Основний час

$$t_{o_2} = \frac{L_i}{n \cdot s_o} = \frac{103}{250 \cdot 0,56} = 1,74 \text{ хв}.$$

Перехід 3 – розвертання отвору  $D_{op} = 25H9$ .

#### 1.7. Розрахункові розміри оброблення.

$D=25$  мм;  $l=100$  мм;  $h=0,2$  мм. Глибина різання  $t = h : 2 = 0,2 : 2 = 0,1$  мм.

Розрахункова довжина оброблення  $L = l + l_3$ . Величина врізання й перебігу дорівнює  $l_3 = 19$  мм [11, додаток 1, лист 2].

Отже,  $L=100+19=119$  мм.

1.8. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначаються подача, швидкість різання і частота обертання:

$$s_o = 0,8 \text{ мм/об}, v = 4,9 \text{ м/хв}, n = 63 \text{ об/хв}.$$

1.9. Основний час

$$t_{o_3} = \frac{L_i}{n \cdot s_o} = \frac{119}{63 \cdot 0,8} = 2,35 \text{ хв}.$$

1.10. Сумарний основний час на операцію

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} + t_{o_3} = 1,57 + 0,74 + 2,35 = 4,66 \text{ хв}.$$

2. Визначення допоміжного часу на операцію.

2.1. Час на установку і зняття деталі [11, карта.18, позиц. 2,46]

$$t_{\partial. уст} = 0,17 \text{ хв}.$$

2.2. Час, пов'язаний з переходом.

При свердлінні по кондуктору на верстаті другої групи з механічною подачею,  $t_{\partial} = 0,08 \text{ хв}$  [11, карта 25, позиц. 4]; так як всі три переходи за витратами часу однакові, то

$$t_{\partial. пер_1} = 0,08 \cdot 3 = 0,24 \text{ хв}.$$

2.3. Час на допоміжні прийоми, які не ввійшли в комплекси.

Час на зміну частоти обертання  $t_{\partial. пер_1} = 0,07 \text{ хв}$  [11, карта.25, позиц. 12], частота обертання змінюється два рази, отже,  $t_{\partial. пер_2} = 0,07 \cdot 2 = 0,14 \text{ хв}$ . Час на зміну величини подачі  $t_{\partial} = 0,07 \text{ хв}$ . [11, карта.25, позиц. 12]; подача змінюється три рази, отже  $t_{\partial. пер_3} = 0,07 \cdot 3 = 0,21 \text{ хв}$ . Зміна кондукторної втулки  $t_{\partial. пер_4} = 0,06 \text{ хв}$  [11, карта.25, позиц. 26].

Переходи 2 і 3 (зенкерування і розвертання) проводять без кондукторної втулки. Час на поворот револьверною головки з інструментами  $t_{\partial} = 0,06 \text{ хв}$ , а на три повороти  $t_{\partial} = 0,06 \cdot 3 = 0,18 \text{ хв}$ . Час на вивід свердла для видалення стружки  $t_{\partial. пер_6} = 0,06 \text{ хв}$  [11, карта. 25, позиц. 35].

2.4. Час на контроль отвору калібром-пробкою після виконання переходу "розвертання" 25H9  $t_{\partial. вим} = 0,13 \text{ хв}$ . [11, карта. 43, позиц. 83].

Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.уцм} + \sum t_{\partial.неп} + t_{\partial.вум} =$$

$$= 0,17 + 0,24 + 0,14 + 0,21 + 0,08 + 0,18 + 0,06 + 0,13 = 1,21 \text{ хв.}$$

### 3. Оперативний час

$$t_{он} = t_o + t_{\partial} = 4,66 + 1,21 = 5,87 \text{ хв.}$$

### 4. Час на обслуговування робочого місяця.

Час на обслуговування робочого місяця становить 4 % від  $t_{он}$  [11, карт. 28].

$$t_{об} = t_{он} \cdot 0,04 = 5,87 \cdot 0,04 = 0,23 \text{ хв.}$$

### 5. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_n = 5,87 + 0,23 + 0,23 = 6,33 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання у відповідності до рисунка 12

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_s$ , МПа	$m$ , кг	$l$ , мм	$D$ , мм	$D_{ос}$ , мм	$D_{оз}$ , мм	$D_{оп}$ , мм
1	Сталь 25	450	2,2	70	17	17	18,2	18,5
2	Сталь 30	490	2,4	80	19	19	20,4	20,5
3	Сталь 35	530	2,8	90	21	21	22,7	23
4	Сталь 45	610	3,2	105	24	24	25,7	26
5	Сталь 50	700	3,5	110	26	26	27,8	28

№	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$l_3$ , мм	$t_{\partial.уцм}$ , хв	$t_{\partial}$ , хв	$t_{\partial.неп.1}$ , хв	$t_{\partial}$ , хв	$t_{\partial.неп.4}$ , хв	$t_{\partial.неп.6}$ , хв	$t_{\partial.вум}$ , хв
1	6	2	13	0,15	0,05	0,04	0,04	0,03	0,03	0,1
2	7	2,4	15	0,16	0,06	0,05	0,05	0,04	0,04	0,11
3	8	2,8	17	0,17	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05	0,12
4	11	3,2	20	0,18	0,09	0,08	0,08	0,07	0,07	0,14
5	13	4	22	0,19	0,1	0,09	0,09	0,08	0,08	0,15

### 13.1.3. Нарізування різи мітчиком

Завдання.

Визначити норму штучного часу на нарізування різи мітчиком

Вихідні дані.

Деталь – напрямна. Маса деталі  $m=2$  кг. Нарізування різи М16-7Н мітчиком в трьох наскрізних отворах в деталі товщиною  $l=30$  мм, матеріал – сталь 40 з міцністю  $\sigma_s = 700$  МПа. Верстат вертикально-свердлильний 2Н125; мітчик машинний із сталі Р6М5.

Робота з охолодженням. Установка і кріплення деталі на столі верстата по упорах.

Виробництво крупно серійне.

Розв'язання.

1. Розрахунок основного часу.

1.1. Розрахункові розміри оброблення:  $D=16$  мм;  $l=30$  мм;  $h=0,64$  мм.

Глибина різання  $t=h \cdot 2=1,28$  мм. Розрахункова довжина оброблення  $L = l + l_1$ . При нарізуванні різи на прохід за нормативами [11, карта.1, позиц. 6] приймають величину врізання і перебігу  $l_1=14$  мм. Відповідно,  $L=30+14=44$  мм.

1.2. Кількість робочих ходів  $i=3$  (умовно за кількість робочих ходів прийнято кількість отворів, що обробляються).

1.3. Подача  $s=2$  мм/об (крок різи).

1.4. За нормативами [16], а також паспортних даним верстата визначаються швидкість різання і частота обертання шпинделя верстата:

$$v=12,6 \text{ м/хв}, n=250 \text{ хв}^{-1}.$$

1.5. Основний час визначається за формулою:

$$t_o = \left( \frac{L}{n \cdot s} + \frac{L}{n_1 \cdot s} \right) \cdot i,$$

де  $n_1$  – частота обертання шпинделя верстату при викручуванні мітчика. За паспортом верстату  $n_1 = 1,25n$ , тоді

$$t_o = \left( \frac{44}{250 \cdot 2} + \frac{44}{1,25 \cdot 250 \cdot 2} \right) \cdot 3 = 0,48 \text{ хв.}$$

2. Визначення допоміжного часу на операцію.

2.1 Час на установку і зняття деталі.

$$t_{\partial.ycm} = 0,1 \text{ хв [11, карта. 10, позиц. 1].}$$

2.2 Час, пов'язаний з переходом,

$$t_{\partial.nep} = 0,42 \text{ хв [11, карта .25, позиц. 8].}$$

2.3. Час на змащування інструменту

$$t_{\partial.зм} = 0,12 \text{ хв [11, карта. 25, позиц. 28].}$$

2.4. Час на контроль різі М16-7Н

$$t_{\partial.вим} = 0,45 \text{ хв [4, карта. 43, позиц. 256].}$$

З врахуванням коефіцієнта періодичності контролю  $k_n = 0,02$  [11, карта. 44, лист. 2]:

$$t'_{\partial.вим} = 0,45 \cdot 0,02 = 0,03 \text{ хв.}$$

2.5. Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.ycm} + t_{\partial.nep} + t_{\partial.зм} + t_{\partial.вим} = 0,1 + 0,42 + 0,12 + 0,03 = 0,67 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 0,48 + 0,67 = 1,15 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого місця

Час на обслуговування робочого місця становить 4% від  $t_{on}$  [11, карта. 45].

$$t_{об} = t_{on} \cdot 0,04 = 1,15 \cdot 0,04 = 0,046 \text{ хв.}$$

5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4% від  $t_{on}$

$$t_{від} = 0,046 \text{ хв.}$$

6. Норма часу

$$t_{нм} = t_{on} + t_{об} + t_{від} = 1,15 + 0,046 + 0,046 = 1,23 \text{ хв.}$$

### Завдання на самостійне опрацювання (нарізування різі мітчиком)

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_s$ , МПа	$m$ , кг	$l$ , мм	$D$ , мм	$h$ , мм	$S$ , мм	$l_1$ , мм
1	Сталь 25	450	1,2	20	11	0,46	0,92	4,5
2	Сталь 30	490	1,4	22	12	0,5	1	5
3	Сталь 35	530	1,6	24	13	0,54	1,08	5,5
4	Сталь 40	570	1,8	26	14	0,58	1,16	6
5	Сталь 45	600	2	28	15	0,62	1,24	6,5

№	$t_{д.уст}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{д.зм}$ , хв	$t_{д.вим}$ , хв	$k_n$
1	0,7	0,37	0,09	0,39	0,03
2	0,8	0,39	0,1	0,41	0,04
3	0,9	0,41	0,11	0,44	0,05
4	0,11	0,43	0,13	0,46	0,06
5	0,12	0,46	0,14	0,49	0,07

#### 13.1.4. Фрезерування площини торцевою фрезою

Завдання.

Визначити норму штучного часу на оброблення площини деталі торцевою фрезою (рис. 13).

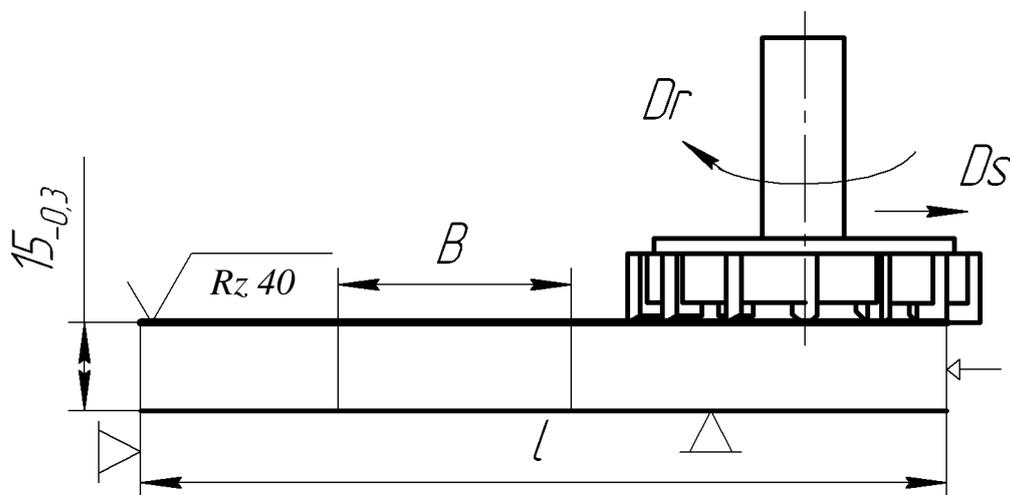


Рисунок 13 - Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь – плита; матеріал – сталь 40,  $\sigma_s = 600$  МПа; заготовка – поковка; припуск  $h=3$  мм; маса заготовки 3 кг. Верстат вертикально-фрезерний 6Р13,  $N_D = 10$  кВт,  $\eta = 0,75$ . Інструмент. Фреза торцева,  $D=150$  мм,  $z=6$ ,  $\varphi = 60^\circ$ ; матеріал – твердий сплав Т15К6. Установка деталі в лещатах з гвинтовим затискачем.

## Розв'язання

### 1. Визначення основного часу.

1.1. Розрахункові розміри оброблення:  $B=100$  мм,  $l=300$  мм,  $h=3$  мм.

Глибина різання  $t=h=3$  мм. Розрахункова довжина оброблення  $L = l + l_1$ .

При симетричному встановленні фрези діаметром до 160 мм і ширині фрезерування до 100 мм величина врізання і перебігу дорівнює  $l_1=21$  мм [11, дод. 5, лист 1]. Звідси  $L = 300 + 21 = 321$  мм. Кількість робочих ходів  $i = h : t = 3 : 3 = 1$ .

1.2. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначається подача, швидкість різання і частота обертання:

$$s_o = 125 \text{ мм/хв}, v = 236 \text{ м/хв}, n = 500 \text{ об/хв}.$$

### 1.3. Основний час

$$t_o = \frac{L}{2 \cdot s_o} = \frac{321}{2 \cdot 125} = 1,28 \text{ хв}.$$

### 2. Визначення допоміжного часу.

2.1. Час на установку і зняття деталі.

$$t_{\partial.ycm} = 0,31 \text{ хв}.$$

2.2. Час, пов'язаний з переходом.

$$t_{\partial.nep} = 0,21 \text{ хв}.$$

2.3. Додатковий час на переміщення столу верстата на довжину 500 мм.

$$t_{\partial.n.cm} = 0,1 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на операцію.

$$t_{\partial} = t_{\partial.ycm} + t_{\partial.nep} + t_{\partial.n.cm} = 0,31 + 0,21 + 0,1 = 0,62 \text{ хв}.$$

### 3. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 1,28 + 0,62 = 1,9 \text{ хв}.$$

4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця складе 4 % від  $t_{on}$  [11, дод. 45].

$$t_{об} = t_{on} \cdot 0,04 = 1,9 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ хв.}$$

5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$ .

$$t_{відп} = t_{on} \cdot 0,04 = 1,9 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ хв.}$$

6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_{on} + t_{об} + t_{відп} = 1,9 + 0,08 + 0,08 = 2,06 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 13

№ В- ту	Марка сталі	$\sigma_s$ М Па	$m$ , кг	$h$ , мм	$B$ , мм	$l$ , мм	$l_1$ , мм	$t_{д.у.см}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{д.н.см}$ , хв
1	Сталь 25	450	2,2	2,4	90	270	17	0,26	0,18	0,07
2	Сталь 30	490	2,4	2,6	94	285	19	0,28	0,19	0,08
3	Сталь 35	530	2,8	2,9	98	295	20	0,30	0,20	0,09
4	Сталь 45	610	3,2	3,4	106	315	22	0,32	0,22	0,11
5	Сталь 50	700	3,5	4	110	330	23	0,34	0,23	0,12

### 13.1.5. Фрезерування площини набором фрез

Завдання.

Визначити норму штучного часу на оброблення площини деталі набором фрез (рис. 14)

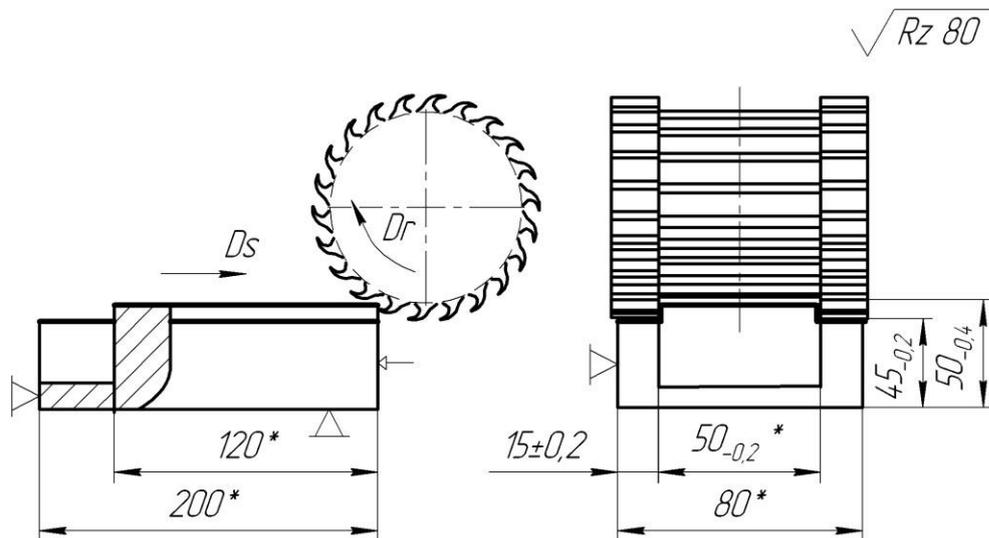


Рисунок 14 – Схема оброблення

Вихідні дані:

Деталь – корпус; матеріал – сталь 50.  $\sigma_s = 700$  МПа; заготовка – виливок  $54 \times 80 \times 200$ . Верстат горизонтально-фрезерний 6P82Г.

Інструмент. Фрези дискові тристоронні:  $z = 20$ . Діаметр фрези  $D_{\phi_1} = 90$  мм, ширина (висота) дискової фрези  $B = 18$  мм, матеріал – P6M5.

Циліндрична спеціальна фреза:  $z = 18$ , діаметр фрези  $D_{\phi_2} = 80$  мм, ширина (висота) циліндричної фрези  $B = 50$  мм, матеріал – P6M5.

Оправка з фрезою кріпиться до додаткової опори. Пристосування – лещата машинні. Маса заготовки  $m = 6$  кг. Робота з охолодженням.

Розв'язання.

1. Визначення основного часу.

1.1. Розрахункові розміри оброблення для дискових фрез:  $B = 15$  мм,  $l = 200$  мм,  $h = 9$  мм. Для циліндричної фрези  $B = 50$  мм,  $l_1 = 120$  мм,  $h = 4$  мм.

Глибина різання для дискових фрез  $h=t=9$  мм. Для циліндричної фрези  $h=t=4$  мм. Довжина робочого ходу: для дискових фрез  $L_{px} = l + l_1$ , ( $l_1$  – величина врізання й перебігу дорівнює 25 мм [11, дод. 1, лист 3]).

Отже  $L_{px} = 200 + 25 = 225$  мм, для циліндричної фрези  $L_{px} = 120$  мм.

Для розрахунку основного часу приймаємо  $L_{px} = 225$  мм.

1.2. За нормативами [15], а також паспортними даними верстата визначаються хвилинна подача, швидкість різання і частота обертання шпинделя верстата:

$$s_o = 118 \text{ мм/хв}, v = 30 \text{ м/хв}, n = 80 \text{ об/хв}.$$

### 1.3. Основний час

$$t_o = \frac{L_{px}}{s_o} = 1,91 \text{ хв}.$$

### 2. Визначення допоміжного часу.

2.1. Час на установку і зняття деталі з вивірюванням  $t_{\Delta. ycm} = 1,0$  хв [11, карта 9, поз 9].

2.2. Час, що пов'язаний з переходом  $t_{\Delta. nep} = 0,17$  хв. [11, карта 27, поз 2].

2.3. Час на контроль штангенциркулем розмірів 50 мм і 45 мм.

$$t_{\Delta. vim_1} = 0,14 + 0,14 + 0,1 = 0,38 \text{ хв}.$$

Так як вимірювання проводиться під час оброблення іншої деталі, то  $t_{\Delta. vim_2}$  є перекритим і в норму штучного часу не входить.

$$t_{\Delta} = t_{\Delta. ycm} + t_{\Delta. nep} = 1,00 + 0,17 = 1,17 \text{ хв}.$$

### 3. Оперативний час.

$$t_{on} = t_o + t_{\Delta} = 1,91 + 1,17 = 3,08 \text{ хв}.$$

### 4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця становить 3,5 % від  $t_{on}$  [11, карта 45].

$$t_{ob} = t_{on} \cdot 0,035 = 3,08 \cdot 0,035 = 0,11 \text{ хв}.$$

### 5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$  [14, карта 46].

$$t_{vidn} = t_{on} \cdot 0,04 = 3,08 \cdot 0,04 = 0,12 \text{ хв}.$$

## 6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_o + t_{\partial} + t_{об} + t_{пер} = 1,91 + 1,17 + 0,11 + 0,12 = 3,31 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 14.

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_s$ , МПа	$m$ , кг	$l_1$ , мм	$t_{д.уст}$ , хв	$t_{д. вим}_1$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв
1	Сталь 25	450	5,5	20	0,85	0,33	0,12
2	Сталь 30	490	5,6	21	0,88	0,34	0,13
3	Сталь 35	530	5,7	22	0,91	0,35	0,14
4	Сталь 40	570	5,8	23	0,94	0,36	0,15
5	Сталь 45	610	5,9	24	0,97	0,37	0,16

## 14. НОРМУВАННЯ ЗУБОНАРИЗНИХ ОПЕРАЦІЙ

Одним із найскладніших видів оброблення металів щодо кінематики і конструкції ріжучого інструменту є зубооброблення. Різні способи оброблення зубчатих вінців [20] припускають різну кінематику навіть при одному і тому ж методі оброблення (методів оброблення зубчатих вінців є два: 1 – метод копіювання, 2 – метод обкатування).

Основний час, що витрачається на оброблення, залежить від взаємного переміщення ріжучого інструменту і заготовки та швидкості взаємного переміщення їх один відносно іншого.

Формули для визначення основного часу при зубооброблюванні лезовим інструментом приведені в таблиці 69 та додатку В.

Прийняті позначення:

$t_o$  – основний час оброблення за один прохід;

$l$  – довжина оброблення в напрямку подачі;

$l_1$  – величина врізання і перебігу інструмента;

$z$  – кількість зубів колеса, що нарізається;

$n$  – частота обертання інструменту;

$S_o$  – подача інструменту на один оберт заготовки;

$k$  – кількість заходів фрези;

$q$  – кількість одночасно оброблюваних деталей;

$m$  – модуль;

$S_{kp}$  – подача на один оберт (або дв. хід) інструменту;

$h$  – висота зуба;

$S_{pad}$  – радіальна подача інструменту, мм/подв. хід;

$S_{xv}$  – хвилинна подача;

$S_{ox}$  – хвилинна подача на холостому ході;

$\tau$  – час на ділення;

$z_1$  – кількість зубів різального інструменту;

$n_{д.вх}$  – кількість подвійних ходів довб'яка.

Таблиця 69

Розрахункові формули для визначення основного часу при зубообробленні

Верстати	Метод оброблення	Формула
Зубо- і шліцефрезерні, що працюють за методом обкатування	Нарізування циліндричних коліс і шліців методом обкатування	$t_o = \frac{(l + l_1)z}{n s_o k q}$
Зубодовбальні	Зубодовбання методом обкатування	$t_o = \frac{\pi m z_1 i}{n_{д.вх} s_{kp}} + \frac{h}{n_{д.вх} S_{pad}}$
Зуборізні напівавтомати з автоматичним циклом ділення	Зубонарізання методом копіювання	$t_o = \frac{(l + l_1)z}{S_{xv}} + \frac{(l + l_1)z}{S_{ox}} + t_z$
Шевінгувальні	Зубошевінгування металевим дисковими шеверами	$t_o = \frac{lz}{s_o z_1 n}$

## 14.1.

## ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію нарізування зубів циліндричного зубчастого колеса черв'ячною фрезою (рис. 15).

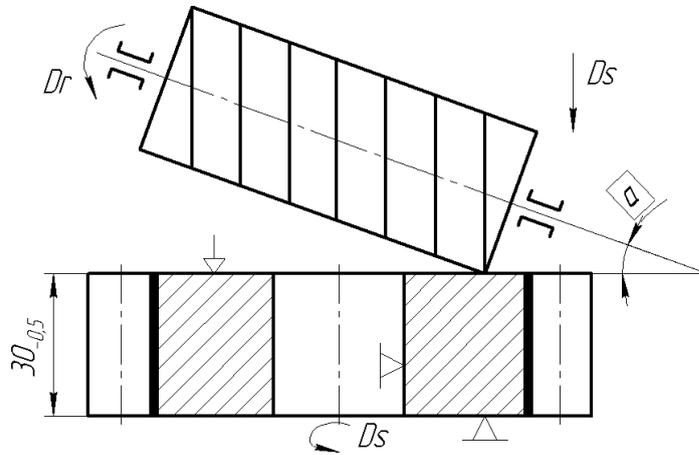


Рисунок 15 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь – колесо зубчасте,  $z=42$ ,  $m=3$  мм, ширина вінця  $l_{\delta}=30$  мм; степінь точності восьма; параметр шорсткості 2,5 мкм  $Ra$ ; матеріал – сталь 40Х з  $\sigma_{\epsilon}=700$  МПа; маса деталі 2 кг. Кількість одночасно оброблюваних заготовок  $q=5$ . Модель верстата – 5К324.

Інструмент. Фреза черв'ячна,  $m=3$  мм,  $D_{cp}=70$  мм,  $L_{\phi}=60$  мм, кількість заходів 2, матеріал ріжучої частини – Р6М5. Установка деталі на оправці з кріпленням гайкою.

Розв'язання

1. Розрахунок основного часу.

1.1. Розрахункові розміри оброблення:  $z=42$ ,  $m=3$  мм,  $l=l_{\delta}$ ,  $q=30 \cdot 5=150$  мм; кількість робочих ходів  $i=1$ .

Глибина різання  $t=2,2 \cdot m=2,2 \cdot 3=6,6$  мм.

Довжина робочого ходу фрези  $L_{px}=l+l_1$ ; величина врізання й перебігу  $l_1=30$  мм [11, дод. 1, лист 9];  $L_{px}=150+30=180$  мм.

1.2. За нормативами [16], а також паспортними даними верстата визначається осьова подача, швидкість різання і частота обертання фрези:

$$s_o = 1 \text{ мм/об}, v = 42 \text{ м/хв}, n = 190 \text{ об/хв}.$$

### 1.3. Основний час.

$$t_o = \frac{(l + l_1) \cdot z}{n \cdot s_o \cdot k} = \frac{180 \cdot 42}{190 \cdot 1 \cdot 1} = 39,5 \text{ хв}.$$

### 2. Допоміжний час.

#### 2.1. Час на установку і зняття першої заготовки.

Час на установку і зняття першої заготовки  $t_{\partial.уcm} = 0,12$  хв, кожної наступної – 0,4 хв [11, карта 18, лист 1], на закріплення і розкріплення заготовки  $t_{зг} = 0,19$  хв [11, карта 18, лист 3].

Таким чином, загальний час на установку

$$t_{\partial.уcm} = 0,12 + 0,4 + 0,19 = 0,71 \text{ хв}.$$

#### 2.2. Допоміжний час, пов'язаний з переходом.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом  $t_{\partial.неp} = 0,02$  хв [11, карта 33, лист 2].

#### 2.3. Загальний допоміжний час

$$t_{\partial} = t_{\partial.уcm} + t_{\partial.неp} = 0,71 + 0,02 = 0,73 \text{ хв}.$$

### 3. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 39,5 + 0,73 = 40,23 \text{ хв}.$$

### 4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця становить 4,5 % від  $t_{on}$  [11, карта 45].

$$t_{об} = t_{on} \cdot 0,045 = 40,23 \cdot 0,045 = 1,91 \text{ хв}.$$

### 5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$  [11, карта 45].

$$t_{неp} = t_{on} \cdot 0,04 = 40,23 \cdot 0,04 = 1,6 \text{ хв}.$$

### 6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = \frac{t_{on} + t_{об} + t_{неp}}{5} = \frac{40,23 + 1,91 + 1,6}{5} = 8,75 \text{ хв}.$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 15

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_B$ , МПа	$M$ , кг	$z$	$m$ , мм	$l_d$ , мм	$q$ , мм	$l_1$ , мм	$t_{d.уст}$ , ХВ	$t_{зб}$ , ХВ	$t_{d.пер}$ , ХВ
1	Сталь 25	450	1,5	32	2,75	25	3	24	0,09	0,14	0,010
2	Сталь 30	490	1,6	34	3,15	26	4	26	0,09	0,15	0,015
3	Сталь 35	530	1,7	36	2	27	4	27	0,10	0,16	0,015
4	Сталь 40	570	1,8	38	3	28	5	28	0,11	0,17	0,020
5	Сталь 45	610	1,9	40	3,5	29	5	29	0,11	0,18	0,020

## 14.2. ЗУБОФРЕЗЕРУВАННЯ ЗА МЕТОДОМ КОПІЮВАННЯ

Завдання.

Визначити штучний час на операцію нарізування зубів циліндричного зубчастого колеса дисковою модульною фрезою за методом копіювання (рис. 16).

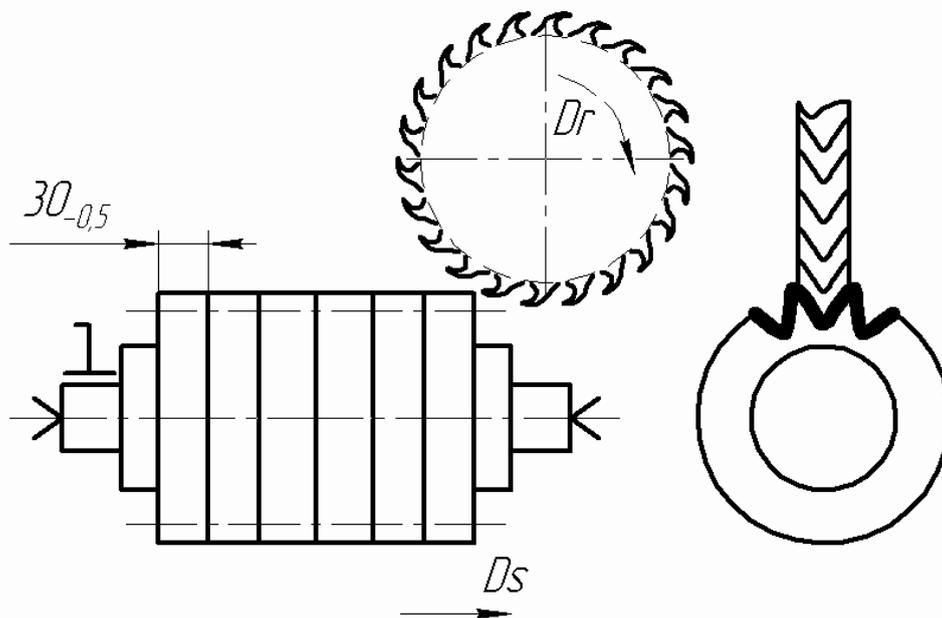


Рисунок 16 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь колесо зубчасте,  $z=30$ ,  $m=4$  мм, ширина вінця  $l_{\partial}=30$  мм; степiнь точності дев'ята, параметр шорсткості  $2,5$  мкм  $Ra$ , матеріал – сталь 40Х,  $\sigma_s=700$  МПа; верстат горизонтально-фрезерний 6Р81.

Інструмент. Фреза дискова модульна:  $D=80$  мм,  $m=4$  мм,  $z_{\phi}=12$ , матеріал ріжучої частини – Р6М5. Кількість одночасно оброблюваних заготовок  $q=5$ ; маса деталі  $1,5$  кг; пристосіблення – ділильна головка. Робота з охолодженням.

Розв'язання.

1. Визначення основного часу.

1.1. Розрахункові розміри оброблення:  $z=30$ ,  $m=4$  мм,  $l=l_{\partial}$ ,  $q=30 \cdot 5=150$  мм; кількість робочих ходів  $i=1$ . Глибина різання дорівнює висоті зуба:  $t=h=2,2 \cdot m=2,2 \cdot 4=8,8$  мм. Довжина робочого ходу стола  $L_{px}=l+l_1$ ; при чистовому обробленні, діаметрі фрези  $80$  мм і  $t=8,8$  мм,  $l_1$  – величина врізання й перебігу дорівнює  $56$  мм [11, дод. 1, лист 3].

1.2. За нормативами [16], а також паспортними даними верстата визначається хвилинна подача:  $s_{x\phi}=115$  мм/хв.

1.3. Основний час

$$t = \frac{L_{px} \cdot z}{s_{x\phi}} = \frac{206 \cdot 30}{115} = 53,5 \quad \text{хв.}$$

2. Визначення допоміжного часу.

2.1. Час на установку і зняття однієї деталі з вивірюванням  $t_{\partial.уцм.1}=0,39$  хв [11, карта 7, лист 1, поз. 7]. Час встановлення ще чотирьох деталей  $t_{\partial.уцм.2}=0,11 \cdot 4=0,44$  хв.

Загальний час  $t_{\partial.уцм}=0,39+0,44=0,83$  хв.

2.2. Час, пов'язаний з переходом  $t_{\partial.пер.1}=0,17$  хв [11, карта 27, лист 1, поз. 2]. Час, необхідний для повороту ділильної головки на одну позицію  $t_{\partial.пер.2}=0,04$  хв [11, карта 27, лист 1, поз. 17].

Загальний час, пов'язаний з переходом

$$t_{\partial.пер}=0,17+0,04 \cdot 29=1,29 \quad \text{хв.}$$

2.3. Час на вимірювання буде перекриватися основним часом і тому в розрахунок штучного часу не входить.

2.4. Загальний допоміжний час

$$t_{\partial} = t_{\partial.уcm} + t_{\partial.нер} = 0,83 + 1,29 = 2,12 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час

$$t_{об} = t_o + t_{\partial} = 53,5 + 2,12 = 55,62 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця становить 4 % від  $t_{он}$  [4, карта 45,]

$$t_{об} = t_{он} \cdot 0,04 = 55,62 \cdot 0,04 = 2,23 \text{ хв.}$$

5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{он}$  [11, карта 46,]

$$t_{відн} = t_{он} \cdot 0,04 = 55,62 \cdot 0,04 = 2,23 \text{ хв.}$$

6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = \frac{t_{он} + t_{об} + t_{відн}}{5} = \frac{55,62 + 2,23 + 2,23}{5} = 12,02 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 16

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_s$ , МПа	$M$ , кг	$z_k$	$m$ , мм	$l_0$ , мм	$q$ , мм	$l_1$ , мм	$t_{\partial.уcm}$ , хв	$t_{\partial.нер}$ , хв
1	Сталь 25	450	1,34	20	3,75	25	3	46	0,74	1,20
2	Сталь 30	490	1,36	22	3,80	26	4	48	0,76	1,22
3	Сталь 35	530	1,38	24	3,85	27	4	50	0,78	1,24
4	Сталь 40	570	1,4	26	3,90	28	5	52	0,80	1,26
5	Сталь 45	610	1,6	28	3,95	29	5	54	0,82	1,28

## ЗУБОДОВБАННЯ ЗА МЕТОДОМ ОБКАТУВАННЯ

Завдання.

Визначити штучний час на чистове оброблення зубів циліндричного зубчастого колеса довб'яком за методом обкатування (рис. 17).

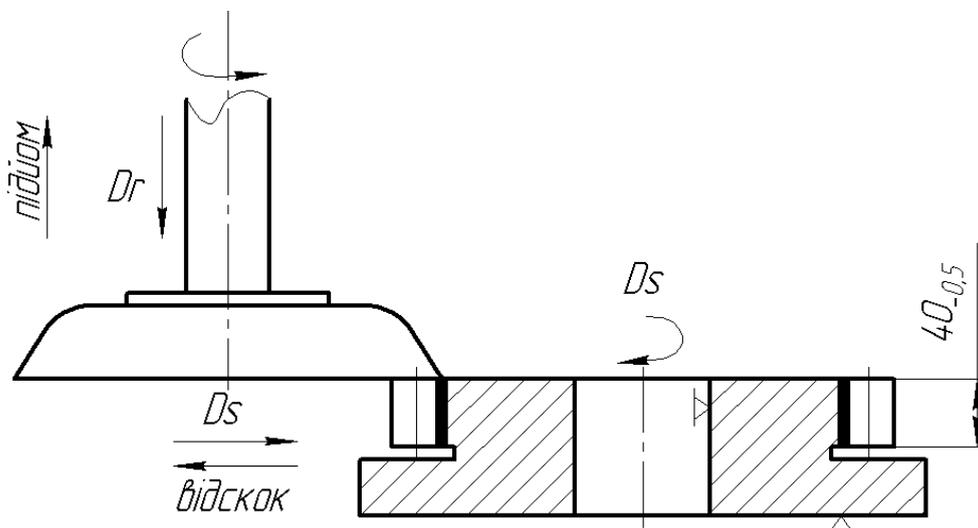


Рисунок 17 – Схема оброблення

Вихідні дані

Деталь – колесо зубчасте,  $z=52$ ,  $m=4$  мм, ширина вінця  $l_{\partial}=40$  мм; параметр шорсткості  $2,0$  мкм  $Ra$ , степінь точності восьма; матеріал сталь 40Х; 180 НВ. Заготовка з попередньо прорізними зубами, припуск на оброблення по міжцентровій віддалі  $h=0,8$  мм. Верстат зубодовбальний 5М14. Довб'як дисковий прямозубий:  $D=100$  мм,  $m=4$  мм,  $\gamma = 5^{\circ}$ ; сталь Р6М5. Робота з охолодженням. Установка заготовки на оправці з кріпленням гайкою. Маса деталі 1,5 кг. Виробництво крупносерійне.

Розв'язання.

1. Визначення основного часу.

1.1. Розрахункові розміри обробки:  $z=52$ ,  $m=4$  мм,  $l = l_{\partial}=30$  мм. Кількість робочих ходів  $i=1$ . Глибина різання  $0,8$  мм. Довжина робочого ходу довб'яка  $L_{px} = l + l_1$ . Перебіг довб'яка на дві сторони по ширині вінця до  $51$  мм дорівнює  $l_1 = 8$  мм [16, дод. 14].

Отже,

$$L_{px} = 30 + 8 = 38 \text{ мм.}$$

1.2. За нормативами, а також паспортними даними верстата визначаються колова і радіальна подачі, швидкість різання, кількість подвійних ходів довб'яка:

$$S_{кр} = 0,24 \text{ мм/подв. х; } S_{рад} = 0,048 \text{ мм/подв.х; } v = 30,4 \text{ м/хв;}$$

$$n_{под.х} = 400 \text{ подв.х/хв.}$$

1.3. Основний час

$$t_o = \frac{\pi \cdot m \cdot z \cdot i}{n_{подв.х} \cdot S_{кр}} + \frac{h}{n_{подв.х} \cdot S_{рад}} = \frac{3,14 \cdot 4 \cdot 52 \cdot 1}{400 \cdot 0,24} + \frac{0,8}{400 \cdot 0,048} = 7,3 \text{ хв.}$$

2. Визначення допоміжного часу.

2.1. Час на установку і зняття деталі.

Час на установку і зняття деталі з вивірянням  $t_{д.уст_1} = 0,12 \text{ хв}$  [11, карта 27, лист 18, лист. 1].

Час на закріплення і розкріплення заготовки  $t_{д.уст_2} = 0,19 \text{ хв}$  [11, карта 18, лист 3, поз. 39].

Загальний допоміжний час  $t_{д.уст} = 0,12 + 0,19 = 0,31 \text{ хв.}$

2.2. Час пов'язаний з переходом.

Час пов'язаний з переходом  $t_{д.пер} = 0,02 \text{ хв}$  [11, карта 33, лист 2, поз. 28].

2.3. Час на вимірювання.

Час на вимірювання буде перекриватися основним часом і тому в розрахунок штучного часу не входить.

2.4. Загальний допоміжний час

$$t_{д} = t_{д.уст} + t_{д.пер} = 0,31 + 0,02 = 0,33 \text{ хв.}$$

3. Оперативний час.

$$t_{он} = t_o + t_{д} = 7,3 + 0,33 = 7,63 \text{ хв.}$$

4. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця становить 4 % від  $t_{он}$  [11, карта 45].

$$t_{об} = t_{он} \cdot 0,04 = 7,63 \cdot 0,04 = 0,3 \text{ хв.}$$

5. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{он}$  [11, карта 45].

$$t_{відп} = t_{он} \cdot 0,04 = 7,63 \cdot 0,04 = 0,3 \text{ хв.}$$

6. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_{відп} = 7,63 + 0,3 + 0,3 = 8,23 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 17

№ в-ту	Марка сталі	НВ	M, кг	z	m, мм	h, мм	q, мм	l <sub>1</sub> , мм	t <sub>д. уст</sub> , хв	t <sub>д. пер</sub> , хв
1	Сталь 25	207	1,34	44	3,75	0,6	3	6	0,27	0,01
2	Сталь 30	179	1,36	46	4,0	0,65	4	6,5	0,28	0,015
3	Сталь 35	163	1,38	48	2,75	0,7	4	7	0,29	0,02
4	Сталь 45	170	1,4	50	3,5	0,75	5	7,5	0,30	0,025
5	Сталь 50	207	1,6	54	3,75	0,85	5	8,5	0,32	0,03

## 15. ПРИКЛАДИ НОРМУВАННЯ ШЛІФУВАЛЬНИХ ОПЕРАЦІЙ

Умовні позначення.

$D_{\partial}$  – діаметр оброблюваної поверхні деталі, мм;

$D_z$  – діаметр заготовки, мм;

$D_{\partial}$  – діаметр шліфування, мм;

$B_{\partial}$  – ширина шліфування або габаритна ширина розташування поверхонь, що шліфуються на столі верстата, мм;

$l$  – довжина оброблюваної поверхні деталі, мм;

$L_{\partial}$  – довжина шліфування або габаритна довжина розташування поверхонь, що шліфуються на столі верстата, мм;

$B_k$  – ширина шліфувального круга, мм;

$v_k$  – швидкість обертання шліфувального круга, м/с;

$v_{\partial}$  – швидкість обертання заготовки, швидкість столу (поздовжня або колова), м/хв;

$S_o$  – поздовжня подача (мм) на один оберт заготовки (при зовнішньому і внутрішньому шліфуванні), поперечна подача на оберт столу (при плоскому шліфуванні на верстатах з круглим столом) або на хід столу на верстатах з прямокутним столом, мм/об., мм/хід;

$S_M$  – хвилинна поздовжня подача, мм/хв;

$S_{tM}$  – хвилинна поперечна подача, мм/хв;

$S_{t \partial e x}$  – подача на глибину на хід столу, мм/хід;

$S_{tx}$  – поперечна подача на подвійний хід столу, мм/дв.хід;

$S_{to}$  – подача на глибину на оберт столу, мм/об.;

$S_{te}$  – подача на глибину на оберт деталі, мм/об.;

$n_3$  – частота обертання заготовки, хв<sup>-1</sup>;

$i$  – кількість ходів;

$\Pi$  – припуск на шліфування на сторону (з включенням допуску на переднє оброблення), мм;

$2\Pi$  – припуск шліфування на діаметр (з включенням допуску на переднє оброблення), мм;

$N$  – потужність різання, кВт;

$T_n$  – час на одну правку шліфувального круга, хв;

$T$  – період стійкості шліфувального круга, хв;

$N_{num}$  – питома потужність на 1 мм ширини круга, кВт;

$N_{\partial e}$  – потужність головного приводу верстата, кВт;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії верстата за потужністю;

$D_K, D_{PK}$  – діаметр шліфувального (робочого) круга, мм;

$D_{BK}$  – діаметр ведучого круга, мм;

$t$  – глибина шліфування, мм;

$\alpha$  – кут повороту ведучого круга, град.

## 15.1. КРУГЛЕ ПОЗДОВЖНЄ ШЛІФУВАННЯ З ПОЗДОВЖНЬОЮ ПОДАЧЕЮ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування вала (рис. 18).

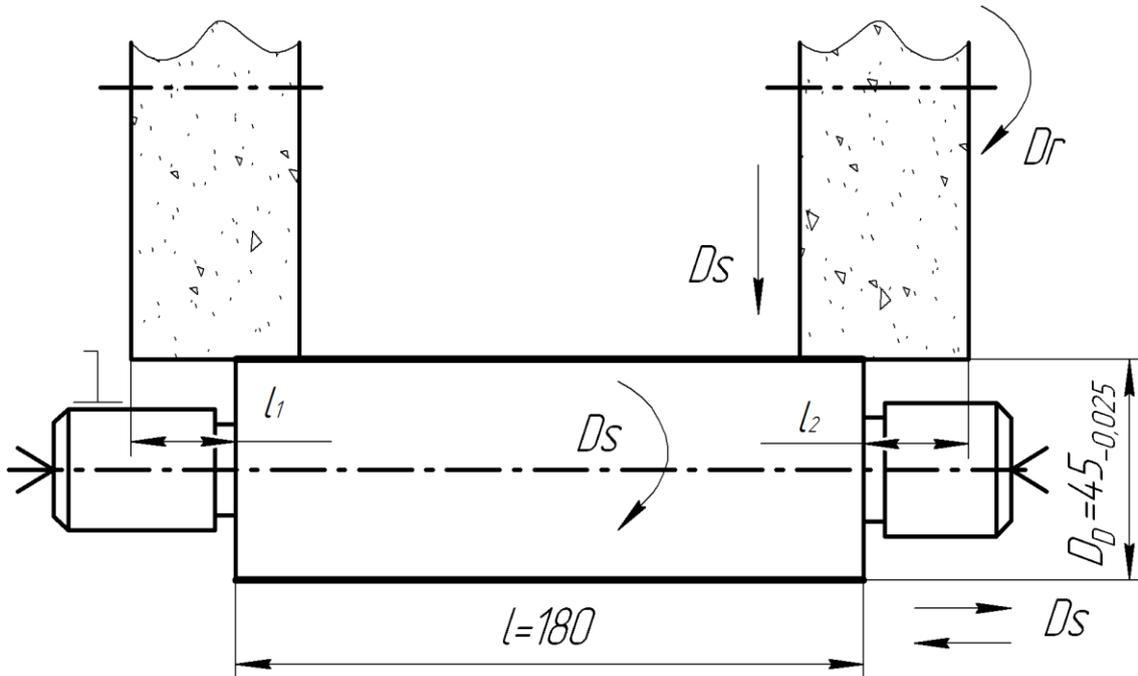


Рисунок 18 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Заготовка – вал; матеріал – сталь 40;  $55 HRC_e$ ,  $\sigma_g = 600$  МПа; маса деталі 6 кг (із креслення деталі); точність шліфування – сьомий квалітет; припуск на діаметр  $2P=0,4$  мм; шліфування кругле зовнішнє з поздовжньою подачею. Верстат круглошліфувальний моделі 3У131 [27], потужність головного приводу верстата  $N_{de} = 5,5$  кВт, коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,8$  (за паспортом верстата); ширина шліфувального круга  $B_k = 63$  мм, (типорозмір шліфувального круга 1600×63×305); швидкість обертання шліфувального круга  $v_k = 35$  м/с (за паспортом верстата з уточненням типорозміру круга із каталогу абразивного інструменту [13]). Виробництво крупносерійне.

Розв'язання

1. Характеристика круга.

При шліфуванні з поздовжньою подачею сталі 40 (швидкість круга  $v_k=35$  м/с, досяжна шорсткість 0,5 мкм  $Ra$ ), характеристика шліфувального круга 23A40CM26K [14, карта 3].

## 2. Визначення основного часу.

2.1. Розрахункові розміри оброблення: діаметр шліфування  $D_\delta=45,4$  мм, довжина шліфування  $L_\delta = l + l_1 + l_2 - B_k$ , (довжина  $l=180$  мм,  $l_1 = l_2 = (0,3 \dots 0,5)B_k$ , довжина перебігу шліфувального круга;  $L_\delta = 180 + 0,8B_k - B_k = 167$  мм.

Приймаємо  $L_\delta=170$  мм.

2.2. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначаються поздовжня подача заготовки, поперечна подача шліфувального круга, швидкість обертання заготовки:

$$s_m=4 \text{ м/хв}; s_t=0,0075 \text{ мм/хід}; v_3=28,1 \text{ м/хв.}$$

## 2.3. Основний час

$$t_o = \frac{L_\delta \cdot \Pi}{s_m \cdot s_t} = \frac{170 \cdot 0,2}{4000 \cdot 0,0075} = 1,13 \text{ хв.}$$

## 3. Визначення допоміжного часу.

### 3.1. Час на установку і зняття заготовки.

Час на установку і зняття заготовки  $t_{\delta.уст}$  при шліфуванні в центрах (час на закріплення хомутика перекривається основним і тому не враховується) при масі заготовки до 8 кг рівний 0,23 хв [11, карта 6].

### 3.2. Допоміжний час, пов'язаний з обробленням.

Допоміжний час, пов'язаний з обробленням поверхні  $l_{\delta.пер}$  визначається із карти нормативів [11, карта 44, лист 1].

При шліфуванні з вимірюванням жорсткою скобою при точності сьомого квалітету, діаметрі вала до 50 мм на верстаті I групи при довжині оброблювання до 250 мм допоміжний час

$$t_{\delta.пер} = 0,60 \text{ хв.}$$

### 3.3. Допоміжний час на контрольні вимірювання.

Допоміжний час на контрольні вимірювання визначається із карти нормативів [11, карта 43, лист 2].

При вимірюванні вала (довжина 180 мм, жорстка одностороння кінцева фреза, точність сьомого квалітету, діаметр до 50 мм) допоміжний час

$$t_{\partial.вим} = 0,13 \text{ хв.}$$

### 3.4. Загальний допоміжний час

$$t_{\partial} = t_{\partial.уст} + t_{\partial.пер} + t_{\partial.вим} = 0,24 + 0,60 + 0,13 = 0,97 \text{ хв.}$$

### 4. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 1,13 + 0,97 = 2,10 \text{ хв.}$$

5.1 Час на обслуговування ділиться на час технічного і організаційного обслуговування. Час на технічне обслуговування

$$t_{mex} = \frac{T_n \cdot t_o}{T}.$$

Час на одну правку  $T_n = 1,6$  хв [11, карта 45, лист 6].

Період стійкості для круглого зовнішнього шліфування  $T = 15$  хв [14, додаток 1].

Тоді

$$t_{mex} = \frac{1,6 \cdot 1,13}{15} = 0,12 \text{ хв.}$$

### 5.2 Час на організаційне обслуговування

Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $t_{on}$ . Для круглошліфувального верстата 3У131  $t_{орг} = 1,0$  % від  $t_{on}$  [11, карта 45, лист 12].

$$t_{орг} = t_{on} \cdot 0,01 = 2,1 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ хв.}$$

### 5.3. Загальний час на обслуговування робочого місця

$$t_{об} = t_{mex} + t_{орг} = 0,12 + 0,02 = 0,14 \text{ хв.}$$

### 6. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$  [11 карта 46].

$$t_{відп} = t_{on} \cdot 0,04 = 2,1 \cdot 0,04 = 0,084 \text{ хв.}$$

### 7. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_{on} + t_{об} + t_{відп} = 2,1 + 0,14 + 0,084 = 2,32 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 18

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_b$ , МПа	$M$ , кг	2П, мм	$B_k$ , мм	$l$ , мм	$D_\delta$ , мм
1	Сталь 25	450	5,2	0,30	58	170	43
2	Сталь 30	490	5,4	0,32	59	172	44
3	Сталь 35	530	5,6	0,34	60	174	45
4	Сталь 45	610	5,8	0,36	61	176	46
5	Сталь 50	700	5,9	0,38	62	178	47

№	$t_{\delta.уст}$ хв	$t_{\delta.пер}$ хв	$t_{\delta.вим}$ хв	$T_n$ хв	$T$ хв
1	0,20	0,44	0,10	1,3	12
2	0,21	0,46	0,11	1,4	13
3	0,22	0,48	0,12	1,5	14
4	0,24	0,50	0,14	1,7	16
5	0,25	0,52	0,15	1,8	17

## 15.2. ШЛІФУВАННЯ КРУГЛЕ ЗОВНІШНЄ З РАДІАЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ

Завдання.

Визначити норму часу на операцію шліфування шийки і бурта валика (рис. 19).

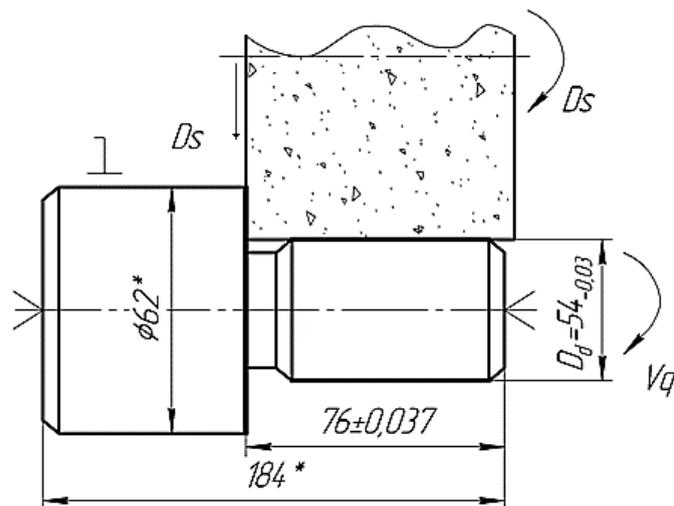


Рисунок 19 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь – вал; матеріал – сталь 45,  $\sigma_s = 610$  МПа; маса заготовки 3 кг (за кресленням деталі); точність сьомого квалітету. Операція шліфування шийки і буртика вала: (перехід 1 – шліфування шийки, перехід 2 – шліфування буртика). Шліфування врізне в центрах з хомутиком; припуск на діаметр шийки валу  $2\Pi=0,4$  мм; припуск на шліфування торця  $\Pi=0,2$  мм. Верстат універсальний круглошліфувальний моделі 3У142. Потужність головного приводу верстата  $N_{\partial} = 7,5$  кВт, коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,8$ . Типорозмір шліфувального круга 1 600×80×305; швидкість обертання круга  $v_k=35$  м/с. Виробництво серійне, партія заготовок  $n_n=80$  шт.

Розв'язання.

### 1. Характеристика шліфувального круга.

Для забезпечення шорсткості поверхні  $0,63$  мкм  $Ra$  при шліфуванні з радіальною подачею сталі твердості  $56HRC_e$  та допустимими напруженнями  $\sigma_s = 610$  МПа, рекомендується характеристика шліфувального круга 24A16C25K [14, карта 3].

### 2. Визначення основного часу.

Перехід 1 – шліфування шийки валу.

#### 2.1. Розрахункові розміри оброблення.

Діаметр шліфування буде рівний  $D_{\partial} + 2\Pi = 54 + 0,4 = 54,4$  мм; довжина робочого ходу переміщення бабки шліфувального круга в радіальному напрямку  $L_{px} = \Pi = 0,2$  мм.

2.2. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначаються хвилинна поперечна подача  $s_{n.xв} = 0,4$  мм/хв.

#### 2.3. Основний час

$$t_{o_1} = \frac{\Pi}{s_{n.xв}} = \frac{0,2}{0,4} = 0,50 \text{ хв.}$$

Перехід 2 – шліфування торця.

#### 2.4. Розрахункові розміри оброблення.

Діаметр шліфування  $D=62$  мм; припуск  $\Pi=0,2$  мм, довжина робочого ходу шліфувальної бабки в поперечному напрямку  $L_{px} = l + l_1$ , де  $l=\Pi=0,2$  мм;  $l_1$  – можлива похибка установки деталі в центрах верстата.

Приймаємо  $l_1=0,05$  мм;  $L_{px}=0,2+0,05=0,25$  мм; довжина шліфування

$$l_{\partial}=(D-d)/2=(62-54)/2=4 \text{ мм.}$$

2.5 За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначається поперечна подача  $s_{n.xв}=2,1 \text{ мм/хв.}$

2.6. Основний час

$$t_2 = \frac{n}{s_{n.xв}} \quad \text{або} \quad t_{o_2} = \frac{L_{p.x}}{s_{n.xв}} = \frac{0,25}{2,1} = 0,12 \text{ хв.}$$

2.7. Основний час на операцію

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} = 0,50 + 0,12 = 0,62 \text{ хв.}$$

3. Визначення допоміжного часу.

3.1. Час на виконання комплексу прийомів з установки заготовки в центрах з одяганням хомутика (маса деталі 3 кг) [11, карта 6, поз. 2]  $t_{\partial.уст} = 0,26 \text{ хв.}$

3.2. Час, пов'язаний з обробленням поверхні при шліфуванні з радіальною подачею вала  $\varnothing 54h7$  і вимірюванням універсальним вимірювальним інструментом,  $t_{\partial.пер_1} = 0,42 \text{ хв}$  [11, карта 44, поз. 54].

3.3. Час, пов'язаний з переходом шліфування торця  $\varnothing 62 \text{ мм}$  при вимірюванні розміру  $76 \pm 0,037$ ,  $t_{\partial.пер_2} = 0,49 \text{ хв}$  [11, карта 44, поз. 49].

3.4. Час на контроль мікрометром  $\varnothing 54h7$  після закінчення операції з вимірювання  $t_{\partial.вим} = 0,19 \text{ хв}$  [11, карта 43, поз. 164]. Поправочний коефіцієнт на періодичність контролю при роботі по лімбу рівній одиниці [11, карта 44].  
Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.уст} + t_{\partial.пер_1} + t_{\partial.пер_2} + t_{\partial.вим} = 0,26 + 0,42 + 0,49 + 0,19 = 1,36 \text{ хв.}$$

4. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 0,62 + 1,36 = 1,98 \text{ хв.}$$

5. Час на обслуговування ділиться на час технічного і організаційного обслуговування.

5.1. Час на технічне обслуговування

$$t_{mex} = \frac{T_n \cdot t_o}{T}$$

Час на одну правку  $T_n = 3,4 \text{ хв}$  [11, карта 45, поз. 14, 15]. Період стійкості для круглого зовнішнього шліфування  $T = 15 \text{ хв}$  [14, дод. 1].

Тоді

$$t_{mex} = \frac{3,4 \cdot 0,62}{15} = 0,14 \text{ хв.}$$

5.2. Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $t_{on}$ .

Для круглошліфувального верстата 3У142  $t_{опз} = 1,0\%$  від  $t_{он}$  [11, карта 45, лист 12].

$$t_{опз} = t_{он} \cdot 0,01 = 1,98 \cdot 0,01 = 0,02 \text{ хв.}$$

5.3. Загальний час на обслуговування робочого місця

$$t_{об} = t_{мех} + t_{опз} = 0,14 + 0,02 = 0,16 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{он}$  [11, карта 46].

$$t_{відн} = t_{он} \cdot 0,04 = 1,98 \cdot 0,04 = 0,08 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу

$$T_{шт} = t_{он} + t_{об} + t_{відн} = 1,98 + 0,16 + 0,08 = 2,22 \text{ хв.}$$

8. Підготовчо-заклучний час на наладку верстата, інструменту і пристосування при установці деталей в центрах для верстата з найбільшим діаметром виробу 300 мм рівний 10 хв, на отримання та здачу інструменту – 7 хв.

Тоді  $T_{н.з} = 10 + 7 = 17 \text{ хв}$  [11, карта 60].

9. Норма часу

$$T = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n_n} = 2,22 + \frac{17}{80} = 2,43 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 19

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_b$ , МПа	$m$ , кг	$2P$ , мм	$P$ , мм	$l_1$ , мм	$D_\partial$ , мм
1	Сталь 25	450	2,6	0,32	0,16	0,03	46
2	Сталь 30	490	2,7	0,34	0,17	0,03	48
3	Сталь 35	530	2,8	0,36	0,18	0,04	50
4	Сталь 40	570	2,9	0,38	0,19	0,06	52
5	Сталь 50	700	3,1	0,42	0,21	0,06	56

№	$t_{\partial.уст}$ , хв	$t_{\partial.пер_1}$ , хв	$t_{\partial.пер_2}$ , хв	$t_{\partial.вим}$ , хв	$T_n$ , хв	$T$ , хв	$T_{н.з}$ , хв
1	0,22	0,35	0,42	0,15	2,9	13	13
2	0,23	0,37	0,44	0,16	3,0	13,5	14
3	0,24	0,39	0,46	0,17	3,2	14	15
4	0,25	0,41	0,48	0,18	3,3	14,5	16
5	0,27	0,43	0,50	0,20	3,5	15,5	18

### 15.3.ВНУТРІШНЄ ШЛІФУВАННЯ І ШЛІФУВАННЯ ТОРЦЯ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування отвору і торця втулки (рис. 20).

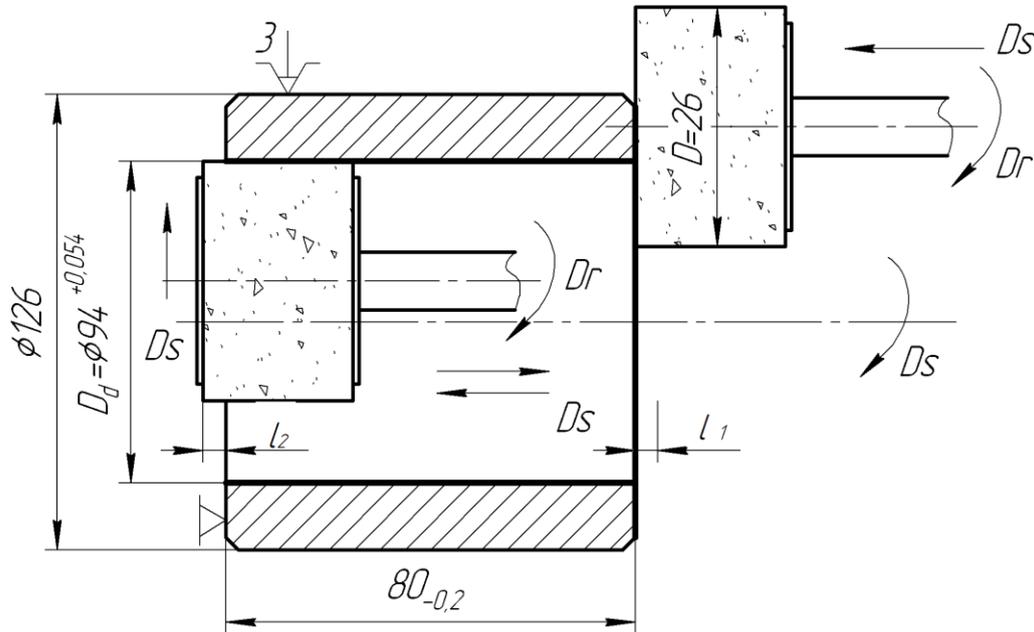


Рисунок 20 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Заготовка – втулка; матеріал – сталь 45;  $\sigma_b=610$  МПа; розміри оброблення подані на ескізі – точність оброблення: отвори – по восьмому квалітету, торця – по одинадцятимому; маса деталі 7,6 кг. Операція шліфування. Виробництво крупносерійне.

Структура операції шліфування.

1 перехід – шліфувати отвір (шліфування внутрішнє з поздовжньою подачею), ширина шліфувального круга  $B_k=40$  мм, швидкість обертання круга  $v_k=35$  м/с, припуск на діаметр  $2\Pi=0,4$  мм.

2 перехід – шліфувати торець (врізне шліфування).

Ширина шліфувального круга 80 мм; верстат внутрішньошліфувальний моделі 3К228В; установка деталі в патроні;  $N_d=5,5$  кВт, коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,85$ .

Розв'язання.

## 1. Шліфувальний круг.

### 1.1. Вибір шліфувального круга для оброблення отвору.

При обробленні сталі з  $\sigma_B=610$  МПа з поздовжньою подачею (швидкість  $v_k=35$  м/с, шорсткість поверхні  $0,63$  мкм  $Ra$ ) характеристика шліфувального круга 24A16C25K [14, карта 3].

### 1.2. Вибір шліфувального круга для оброблення торця.

При врізному шліфуванні сталі з  $\sigma_B=610$  МПа (швидкість шліфувального круга  $v_k=35$  м/с, шорсткість поверхні, що забезпечується,  $2,5$  мкм  $Ra$ ) характеристика шліфувального круга 14A40CM26K [14, карта 3].

## 2. Розрахунок основного часу.

Перехід 1 – шліфування отвору.

2.1. Розрахункові розміри оброблення: діаметр шліфування  $D_{o_1}=94$  мм, довжина шліфування  $L_{px} = l + l_1 + l_2 - B_k$ , перебіг шліфувального круга  $l_1 = l_2 = (0,3 \dots 0,5)B_k$ .

Приймаємо  $l_1 = l_2 = 0,5B_k$ , тоді  $L_{px} = l$  (довжина деталі). Припуск на діаметр  $2\Pi=0,4$  мм.

2.2. За нормативами[7], а також паспортними даними верстата визначаються хвилинна поздовжня і поперечна подачі.

$$s_M=3080 \text{ мм/хв}, \quad s_t=0,006 \text{ мм/подв.хід.}$$

### 2.3. Основний час

$$t_{o_1} = \frac{2L_{px} \cdot \Pi}{s_M \cdot s_t} = \frac{2 \cdot 90 \cdot 0,2}{3080 \cdot 0,006} = 1,95 \text{ хв.}$$

Перехід 2 – шліфування торця.

2.4. Розрахункові розміри оброблення: діаметр шліфування  $D_{o_2}=26$  мм;  $L_3=\Pi=0,3$  мм.

2.5 За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначається хвилинна поперечна подача  $s_{tm}=0,32$  мм/хв.

### 2.6. Основний час

$$t_{o_2} = \frac{П}{s_{tM}} = \frac{0,3}{0,32} = 0,94 \text{ хв.}$$

2.7. Основний час на операцію.

$$t_o = t_{o_1} + t_{o_2} = 1,95 + 0,94 = 2,89 \text{ хв.}$$

3. Розрахунок допоміжного часу.

3.1. Час на комплекс прийомів установки заготовок масою 7,8 кг в патроні.  $t_{\partial.уст} = 1,35$  хв [11, карта 2, позиція 4].

3.2. Час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробленням поверхні отвору довжиною до 100 мм, і вимірюванням універсальним вимірювальним інструментом з точністю по восьмому квалітету, при обробленні на верстаті другої групи  $t_{\partial.пер_1} = 0,6$  хв [11, карта 35, позиція 15].

3.3. Час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробленням торця  $t_{пер_2} = 0,49$  хв [11, карта 35, позиція 41].

3.4. Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.уст} + t_{\partial.пер_1} + t_{\partial.пер_2} = 1,35 + 0,6 + 0,49 = 2,34 \text{ хв.}$$

4. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 2,89 + 2,34 = 5,23 \text{ хв.}$$

5. Час на обслуговування ділиться на час технічного і організаційного обслуговування.

5.1. Час на технічне обслуговування.

$$t_{mex} = \frac{T_n \cdot t_o}{T}.$$

Час на одну правку  $T_n = 1,5$  хв [11, карта 45, лист 8, поз. 19, 32].

Період стійкості для круглого зовнішнього шліфування  $T = 6$  хв [14, додаток 32].

Тоді

$$t_{mex} = \frac{1,5 \cdot 2,89}{6} = 0,72 \text{ хв.}$$

5.2. Час на організаційне обслуговування.

Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $t_{on}$  [11, карта 45, лист 12]. Для внутрішньошліфувального верстата 3К228В  $t_{орг} = 2,5$  % від  $t_{on}$

$$t_{opz} = t_{on} \cdot 0,025 = 5,23 \cdot 0,025 = 0,13 \text{ хв.}$$

5.3. Загальний час на обслуговування робочого місця

$$t_{об} = t_{mex} + t_{opz} = 0,72 + 0,13 = 0,85 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$  [11, карта 46].

$$t_{відп} = t_{on} \cdot 0,04 = 5,23 \cdot 0,04 = 0,21 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу.

$$T_{шт} = t_{on} + t_{об} + t_{відп} = 5,23 + 0,85 + 0,21 = 6,29 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 20

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_{в}$ , МПа	$M$ , кг	$B_{к_1}$ , мм	$2П$ ,мм	$B_{к_2}$ , мм	$П$ , мм
1	Сталь 25	450	6,9	32	0,32	72	0,23
2	Сталь 30	490	7,1	34	0,34	74	0,25
3	Сталь 35	530	7,3	36	0,36	76	0,27
4	Сталь 40	570	7,5	38	0,38	78	0,29
5	Сталь 50	700	7,7	42	0,42	82	0,31

№	$D_{д_1}$ , мм	$D$ , мм	$t_{д. уст}$ , хв	$t_{д. пер_1}$ , хв	$t_{д. пер_2}$ , хв	$T_n$ , хв	$T$ , хв
1	80	18	1,28	0,53	0,42	1,1	5,3
2	84	20	1,30	0,55	0,44	1,2	5,5
3	88	22	1,32	0,57	0,46	1,3	5,7
4	92	24	1,34	0,59	0,48	1,4	5,9
5	96	28	1,36	0,61	0,50	1,6	6,1

#### 15.4. БЕЗЦЕНТРОВЕ ШЛІФУВАННЯ З ПОЗДОВЖНЬОЮ ПОДАЧЕЮ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію безцентрового шліфування вала з поздовжньою подачею (рис. 21).

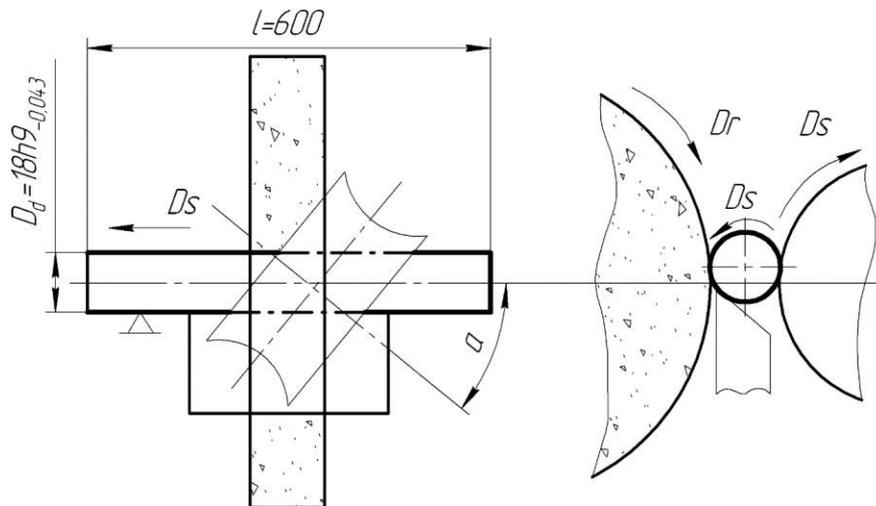


Рисунок 21 – Схема оброблення

Вихідні дані.

Заготовка – вал; матеріал заготовки – сталь 40;  $\sigma_g = 600$  МПа; розміри оброблення дано на ескізі (рис. 21); маса деталі 1,5 кг; вимірювальний інструмент – жорстка скоба; шліфування на прохід з опорою на ніж; припуск на діаметр  $2\Pi = 0,5$  мм; верстат безцентровошліфувальний 3М184; ширина шліфувального круга (робочого)  $B_{K_1} = 100$  мм; ширина шліфувального круга (ведучого)  $B_{K_2} = 100$  мм;  $N_d = 14$  кВт, коефіцієнт корисної дії  $\eta = 0,8$ ; виробництво крупносерійне.

Розв'язання.

### 1. Характеристика круга.

Із карти нормативів [14, карта 3] при шліфуванні з поздовжньою подачею сталей для забезпечення шорсткості оброблюваної поверхні  $1,25$  мкм  $Ra$  рекомендується характеристика шліфувального круга 24A40CM26K.

### 2. Визначення основного часу.

#### 2.1. Розрахункові розміри оброблення.

Діаметр шліфування  $D_3 = D_0 + 2\Pi = 18 + 0,5 = 18,5$  мм, припуск  $2\Pi = 0,5$  мм, довжина шліфування  $L_{ш} = l + B_K = 600 + 100 = 700$  мм.

2.2. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначаються хвилинна поздовжня подача і кількість ходів.

$$S_{n.xв}=1910 \text{ мм/хв}, i=3.$$

### 2.3. Основний час

$$t = \frac{L_{ш} \cdot i}{S_{n.xв}} = \frac{700 \cdot 3}{1910} = 1,1 \text{ хв.}$$

### 3. Розрахунок допоміжного часу.

3.1. Час на установку і зняття деталі  $t_{д.узм} = 0,26 \text{ хв}$  [11, карта 38].

3.2. Час, пов'язаний з обробленням поверхні.

Час, пов'язаний з обробленням поверхні  $t_{\partial}$ , визначається у % від основного часу. Для безцентрового шліфування з поздовжньою подачею це 3,3 % від  $t_o$

$$t_{\partial} = t_o \cdot 0,033 = 1,1 \cdot 0,033 = 0,036 \text{ хв.}$$

### 4. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 1,1 + 0,036 = 1,136 \text{ хв.}$$

5. Час на обслуговування ділиться на час технічного і організаційного обслуговування.

5.1. Час на технічне обслуговування

$$t_{mex} = \frac{T_n \cdot t_o}{T}.$$

Час на одну правку  $T_n = 2,6 \text{ хв}$  [11, карта 45, лист 11].

Період стійкості для круглого зовнішнього шліфування  $T = 10 \text{ хв}$  [14, додаток 1].

Тоді

$$t_{mex} = \frac{1,5 \cdot 1,1}{10} = 0,165 \text{ хв.}$$

5.2. Час на організаційне обслуговування.

Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $t_{on}$ .

Для безцентровошліфувального верстата 3М184  $t_{орг} = 3,0 \%$  від  $t_{on}$  [11, карта 45, лист 12].

$$t_{орг} = t_{on} \cdot 0,03 = 1,136 \cdot 0,03 = 0,034 \text{ хв.}$$

5.3. Загальний час на обслуговування робочого місця

$$t_{об} = t_{mex} + t_{орг} = 0,165 + 0,034 = 0,2 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок і особисті потреби.

Час на відпочинок і особисті потреби дорівнює 4 % від  $t_{on}$  [11, карта 46].

$$t_{eio\delta n} = t_{on} \cdot 0,04 = 1,136 \cdot 0,04 = 0,045 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу

$$T_{um} = t_{on} + t_{ob} + t_{eio\delta n} = 1,136 + 0,034 + 0,045 = 1,215 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 21

№ в-ту	Марка сталі	$\sigma_s$ , МПа	$M$ , кг	$2l$ , мм	$B_{k_1}$ , мм	$B_{k_2}$ , мм
1	Сталь 25	450	1,35	0,38	94	92
2	Сталь 30	490	1,4	0,42	96	94
3	Сталь 35	530	1,45	0,46	98	96
4	Сталь 45	610	1,55	0,54	102	98
5	Сталь 50	700	1,6	0,58	104	102

№	$l$ , мм	$D_\delta$ , мм	$t_{\delta,ycm}$ , хв	$T_n$ , хв	$T$ , хв
1	484	15	0,12	2,3	7
2	590	16	0,13	2,4	8
3	596	17	0,14	2,5	9
4	602	19	0,16	2,7	11
5	608	20	0,17	2,8	12

## 15.5. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА НА ВЕРСТАТАХ З ПРЯМОКУТНИМ СТОЛОМ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування площини кілець (рис. 22).

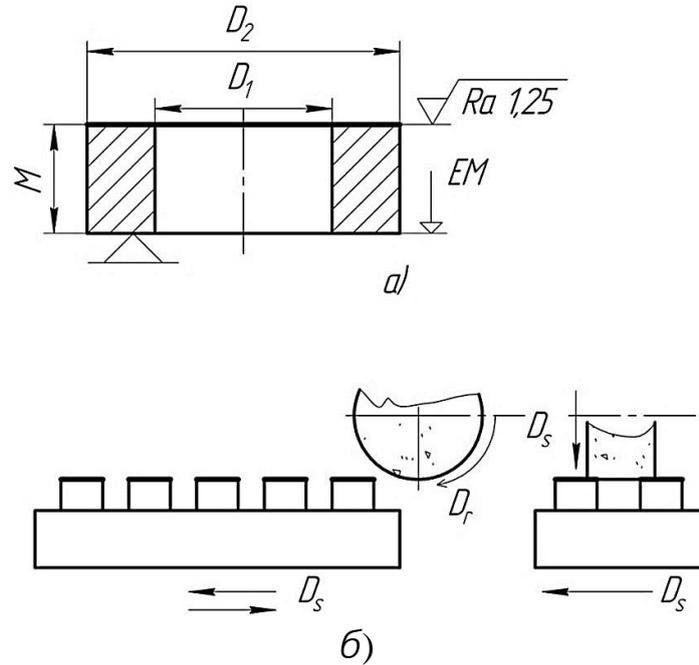


Рисунок 22 – Схема оброблення: а) – ескіз оброблення; б) – схема налагодження

Вихідні дані.

Заготовка – кільце; одночасно оброблюється 24 заготовки, матеріал – сталь 1Х13, твердість  $HRC_e$  45, маса деталі 0,6 кг (із креслення деталі). Операція плоскошліфувальна. Шліфувати торець (рис. 22, а). Установка деталей на магнітній плиті, припуск  $P=0,25$  мм (із техпроцесу і довідника [1]); верстат плоскошліфувальний моделі 3В722; стіл прямокутний 320×800 мм;  $N_{дв}=15$  кВт,  $\eta=0,85$ ; типорозмір шліфувального круга 14А25СМ26К; швидкість обертання круга  $v_k=35$  м/с (за паспортом верстата і довідника [24]).

Розв'язання.

### 1. Вибір шліфувального круга.

Для шліфування площини периферією круга (твердість сталі 45  $HRC_e$ , шорсткість поверхні 1,25 мкм  $Ra$ ) рекомендується характеристика шліфувального круга 14А25СМ26К [14, карта 18].

## 2. Визначення основного часу.

### 2.1. Розрахункові розміри оброблення.

Довжина шліфування  $L_{\partial} = 785$  мм; ширина шліфування  $B_{\partial} = 270$  мм. У відповідності до кількості деталей, встановлених на столі верстата ( $3 \cdot 90 = 270$  мм;  $8 \cdot 80 = 640$  мм), приймається ширина шліфування рівна 270 мм.

2.2. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначаються швидкість поздовжнього руху столу, поперечна подача столу, вертикальна подача шліфувального круга.

$$v_3 = 12,5 \text{ м/хв}, \quad s_o = 32 \text{ мм/хід}, \quad s_g = 0,015 \text{ мм/хід}.$$

### 2.3. Основний час [14, карта 19, лист 4]

$$t_o = \frac{L_{\partial} \cdot B_{\partial} \cdot \Pi}{1000 \cdot v_3 \cdot s_3 \cdot s_g \cdot k} = \frac{785 \cdot 270 \cdot 0,25}{1000 \cdot 12,5 \cdot 32 \cdot 0,015 \cdot 24} = 0,38 \text{ хв}.$$

## 3. Визначення допоміжного часу.

3.1. Час на комплекс прийомів зі встановлення і зняття заготовки на електромагнітній плиті при масі деталі до 1 кг і кількості встановлених деталей до 25 шт.  $t_{в.уст} = 1,3$  хв [11, карта 13].

3.2. Час на комплекс прийомів, пов'язаних з обробленням і вимірюванням універсальним вимірним інструментом (мікрометром) при точності вимірювання 0,033 мкм і вимірюваному розмірі до 50 мм  $t_{\partial.пер} = 0,85$  хв [11, карта 35].

### 3.3. Час на зняття заготовки для вимірювання.

Час на зняття заготовки для вимірювання  $t_{\partial.вим} = 0,55$  хв [11, карта 36].

### 3.4. Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.уст} + t_{\partial.пер} + t_{\partial.вим} = 1,3 + 0,85 + 0,55 = 2,7 \text{ хв}.$$

Допоміжний час на одну заготовку  $t_g = 2,7/24 = 0,11$  хв.

## 4. Оперативний час

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 0,38 + 0,11 = 0,49 \text{ хв}.$$

## 5. Час на обслуговування.

Час технічного обслуговування

$$t_m = \frac{T_n \cdot t_o}{T}$$

Час на одну правку  $T_n = 0,95$  хв [11, карта 45, лист 10].

Період стійкості шліфувального круга  $T = 15$  хв [14, додаток I], тоді

$$t_{mex} = \frac{0,95 \cdot 0,38}{15} = 0,02 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування.

Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $t_{on}$ .

Для плоскошліфувального верстата 3В722  $t_{орг} = 1,5\%$  від  $t_{on}$  [11, карта 45, лист 2].

$$t_{орг} = 0,49 \cdot 0,015 = 0,007 \text{ хв.}$$

Загальний час на обслуговування робочого місяця

$$t_{об} = t_{mex} + t_{орг} = 0,02 + 0,007 = 0,027 \text{ хв.}$$

## 6. Час на відпочинок та особисті потреби.

Час на відпочинок та особисті потреби складе 4% від  $t_{on}$  [11, карта 46].

$$t_{відн} = t_{on} \cdot 0,04 = 0,49 \cdot 0,04 = 0,02 \text{ хв.}$$

## 7. Норма штучного часу.

$$T_{шт} = t_{on} + t_{об} + t_{відн} = 0,49 + 0,027 + 0,02 = 0,54 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 22.

№ варіанту	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$M$ , мм	Матеріал заготовки	Твердість $HRC_e$
1	70	100	18h9	40ХН	50
2	80	110	25h10	Сталь 45	47
3	30	60	40h8	Ст 3	45
4	60	85	20h14	35ХГСА	60
5	55	96	17h12	Ст 3	45

№ варіанту	$t_{д.уст}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{д.вим}$ , хв	$T_n$ , хв	Час на організа- ційне обслуго- вування, %	Час на відпочино к та особисті потреби, %
1	1,4	0,85	0,59	0,95	1,2	4,5
2	1,1	0,89	0,45	0,86	1,8	3,8
3	1,3	0,59	0,36	0,98	1,9	3,5
4	0,8	0,73	0,78	0,75	1,3	4,5
5	1,15	0,93	0,43	0,79	1,6	5

## 15.6. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ПЕРИФЕРІЄЮ КРУГА НА ВЕРСТАТАХ З КРУГЛИМ СТОЛОМ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування площини шайби (рис. 23).

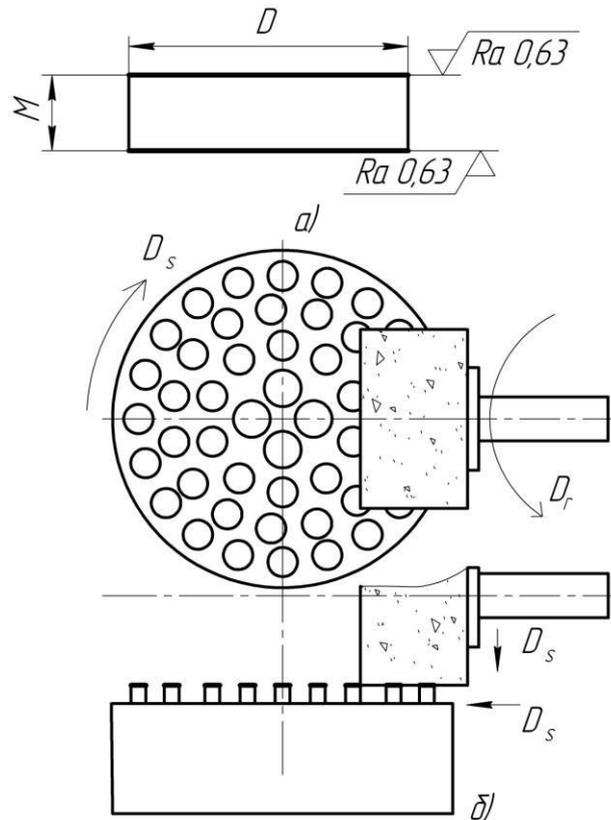


Рисунок 23 – Схема оброблення:  
а) – ескіз оброблення; б) – схема налагодження

Вихідні дані.

Заготовка – шайба регулювальна; матеріал – сталь 20 , твердість  $HRC_e 42$ ; маса заготовки 0,25 кг (за кресленням деталі).

Структура операції.

Шліфування торців за два переходи:

1-й перехід – торець 1 в розмір  $M=16,4h8 (-0,027)$ ;

2-й перехід – торець 2 в розмір  $M=16,2h8 (-0,027)$  (рис. 23).

Припуск  $2l=0,4$  мм. Верстат плоскошліфувальний моделі ЗП740 з круглим столом діаметром 400 мм, кріплення магнітне. Шліфувальний круг

1400×63×203 (за паспортом верстата і довідника [2, 27]). Виробництво крупносерійне.

Розв'язання.

1. Вибір шліфувального круга.

Для шліфування площини периферією круга (твердість сталі  $HRC_e$  42, шорсткість поверхні 0,63 мкм  $Ra$ ) вибирають шліфувальний круг 1400×63×203 з характеристикою 14A16CM26–7K [14, карта 18].

2. Визначення основного часу.

Перехід 1 – шліфування торця 1 деталі в розмір 16,4h8 (- 0,027).

2.1. Розрахункові розміри оброблення.

Приймається зовнішній діаметр розташування деталей на столі рівним 380 мм, внутрішній діаметр столу дорівнює 80мм. Кількість деталей  $q$ , які вкладаються на магнітному столі в 1 ряд – 20; в 2 ряди – 14; в 3 ряди – 8. Всього 42 деталі. Довжина робочого ходу шліфувального круга.

$$L_{px} = \frac{D_{\partial} - D_{\epsilon}}{2} = \frac{380 - 80}{2} = 150 \text{ мм.}$$

Середній діаметр розташування деталей на магнітному столі.

$$D_{cp} = \frac{D_{\partial} + D_{\epsilon}}{2} = \frac{380 + 80}{2} = 230 \text{ мм.}$$

Припуск на сторону  $\Pi=0,2$ мм.

2.2. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначається швидкість обертання столу верстата, поперечна подача круга та вертикальна подача круга:

$$v_c=12,5 \text{ м/хв}, \quad s_o=16 \text{ м/хв}, \quad s_{\epsilon}=0,021 \text{ мм/подв.хід.}$$

2.3. Основний час.

$$t_o = \frac{\pi D_{cp} L_{px} \Pi}{100 \cdot v_c \cdot s_o \cdot s_{\epsilon} \cdot q} = \frac{3,14 \cdot 230 \cdot 150 \cdot 0,2}{1000 \cdot 12,5 \cdot 16 \cdot 0,021 \cdot 42} = 0,12 \text{ хв.}$$

Оскільки другий перехід повністю аналогічний першому, то загальний основний час рівний 0,24 хв.

3. Визначення допоміжного часу на операцію.

3.1. Час на комплекс прийомів зі встановлення і зняття заготовки на електромагнітній столі при масі деталі до 0,25 кг, кількості встановлюваних заготовок до 50 шт і чистовому шліфуванні.

$$t_{\partial.уст_1} = 1,5 \text{ хв [11, поз. 6, карта 13].}$$

3.2. Час на переустановлення заготовок при виконанні переходу 2

$$t_{\partial.уст_2} = 1,5 \text{ хв.}$$

3.3. Час, пов'язаний з обробленням поверхні при вимірюванні універсальним інструментом з точністю 0,03 мм (діаметр столу 400 мм).

$$t_{\partial.пер} = 0,80 \cdot 2 = 1,60 \text{ хв.}$$

3.4. Час на зняття деталі для вимірювання при точності 0,03 мм.

$$t_{\partial.вим} = 0,55 \text{ хв.}$$

3.5. Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.уст_1} + t_{\partial.уст_2} + t_{\partial.пер} + t_{\partial.вим} = 1,5 + 1,5 + 1,6 + 0,55 = 5,15 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на одну заготовку  $t_{\partial.у}$ .

$$\frac{t_{\partial}}{q} = \frac{5,15}{42} = 0,12 \text{ хв.}$$

Оперативний час.

$$T_{on} = t_o + t_{\partial} = 0,12 + 0,12 = 0,24 \text{ хв.}$$

5. Час на обслуговування поділяється на час технічного і організаційного обслуговування.

Час на технічне обслуговування

$$t_{mex} = \frac{T_n \cdot t_o}{T}.$$

Час на одну правку  $T_n = 1,1$  хв [11, карта 45, лист 10].

Період стійкості шліфувального круга  $T = 15$  хв [14, додаток I], тоді

$$t_{mex} = \frac{1,1 \cdot 0,15}{15} = 0,09 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування визначається в % від  $T_{on}$ .

Для плоскошлифовального верстата ЗП740  $t_{орз} = 1,5$  % від  $T_{on}$  [11, карта 45, лист 2].

$$t_{орз} = 0,24 \cdot 0,015 = 0,004 \text{ хв.}$$

Загальний час на обслуговування робочого місця.

$$t_{об} = t_{mex} + t_{орз} = 0,09 + 0,004 = 0,094 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок та особисті потреби дорівнює 4 % від  $T_{on}$  [11, карта 46].

$$t_{відп} = T_{on} \cdot 0,04 = 0,24 \cdot 0,04 = 0,01 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу

$$T_{шт} = T_{on} + t_{об} + t_{відп} = 0,24 + 0,094 + 0,01 = 0,344 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 23.

№ варіанту	$D$ , мм	$M$ , мм	Матеріал заготовки	Твердість $HRC_e$
1	70	14,4h9	40ХН	55
2	80	21,9h9	Сталь45	39
3	30	18,6h8	Ст3	49
4	60	15,3h8	35ХГСА	66
5	55	17,9h9	Ст3	54

№ варіанту	$t_{д.уст}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{д.вим}$ , хв	$T_n$ , хв	Час на організа- ційне обслуго- вування, %	Час на відпочинок та особисті потреби, %
1	1,4	0,85	0,59	0,95	1,2	4,5
2	1,1	0,89	0,45	0,86	1,8	3,8
3	1,3	0,59	0,36	0,98	1,9	3,5
4	0,8	0,73	0,78	0,75	1,3	4,5
5	1,15	0,93	0,43	0,79	1,6	5

## 15.7. ПЛОСКЕ ШЛІФУВАННЯ ТОРЦЕМ КРУГА

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування торця фланця (рис. 24).

Вихідні дані.

Заготовка – упорний фланець. Маса деталі 1,25 кг. Шліфування торця в один перехід двома кругами. Припуск  $P=0,32$  мм (із технологічного процесу і довідника [1]). Верстат плоскошліфувальний двошпindelний 3П772–2; діаметр електромагнітного столу 1000 мм. Шліфувальні круги 1 К 500×150×380 (за паспортом верстата і довідником [1]). Виробництво крупносерійне.

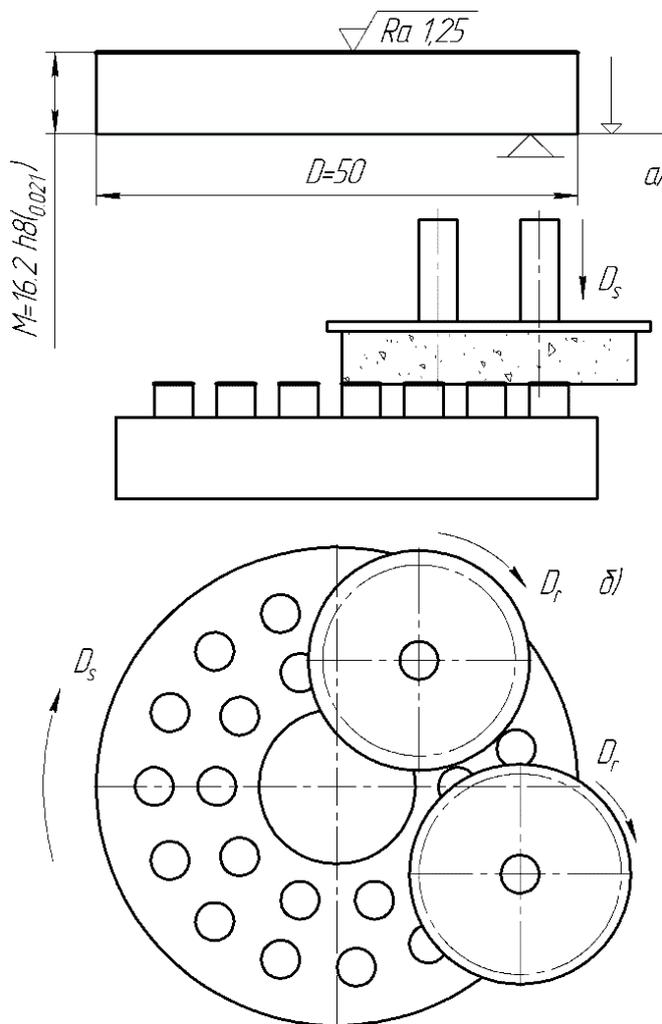


Рисунок 24 - Схема оброблення:  
а) – ескіз оброблення; б) схема налагодження

Розв'язання.

### 1. Вибір шліфувальних кругів.

Для шліфування площини торцем круга (твердість сталі  $HRC_e$  45, шорсткість поверхні 1,25 мкм  $Ra$ ) вибирають шліфувальний круг для чистового шліфування 1 К 500×125×380 з характеристикою 24A25СМ16Б. Для чорнового шліфування вибираємо круг з характеристикою 14A40СМ26Б [7, карта 18].

### 2. Розрахунок основного часу.

#### 2.1. Розрахункові розміри оброблення.

Зовнішній діаметр столу верстата 1000 мм, внутрішній – 630 мм. Приймаємо зовнішній діаметр розташування деталей рівним – 950 мм, внутрішній діаметр – 630 мм (за паспортом верстата і довіднику [27]). Кількість заготовок, що вкладаються на магнітному столі  $q$ : 1 ряд – 34; 2 ряд - 27. Всього 61 деталь.

Для зручності завантаження - вивантаження приймаємо кількість деталей  $q=50$  штук.

Середній діаметр розташованих на столі заготовок  $D_{cp}$

$$D_{cp} = \frac{D_{\partial} + D_{\epsilon}}{2} = \frac{950 + 630}{2} = 790 \text{ мм.}$$

Приведену ширину шліфування визначаємо за формулою

$$B_{np} = \frac{\Sigma F_{\partial}}{\pi \cdot D_{cp}},$$

де  $\Sigma F_{\partial}$  – сумарна площа шліфування,

$$\Sigma F_{\partial} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} q = \frac{3,14 \cdot 80^2}{4} \cdot 50 = 251200 \text{ мм}^2.$$

Тоді

$$B_{np} = \frac{251200}{3,14 \cdot 790} \approx 101 \text{ мм.}$$

Розподіл припуску  $\Pi=0,32$  мм: припуск, що знімається першим шпинделем  $\Pi_1=0,25$  мм; припуск, що знімається другим шпинделем  $\Pi_2=0,07$  мм.

2.2. За нормативами [14], і паспортним даним верстата визначається швидкість і частота обертання столу:

$$v_c = 1,3 \text{ м/хв}, \quad n_c = 0,5 \text{ хв}^{-1}.$$

2.3. Основний час [14, карта 27]

$$t_o = \frac{\pi \cdot D_{cp}}{1000 v_c q} = \frac{1}{n_c q} = \frac{1}{0,5 \cdot 50} = 0,04 \text{ хв.}$$

3. Визначення допоміжного часу.

3.1. Час на установку і зняття комплекту заготовок при масі 1,25 кг і кількості заготовок до 50 шт.  $t_{\Delta, ycm} = 2,2 \text{ хв.}$

3.2. Час, пов'язаний з обробленням поверхні при вимірюванні універсальним вимірювальним інструментом з точністю 0,05 мкм  $t_{\Delta, nep} = 0,7 \text{ хв.}$

3.3. Допоміжний час на одну заготовку

$$t_{\Delta, ycm} = \frac{2,2 + 0,7}{50} = 0,058 \approx 0,06 \text{ хв.}$$

4. Оперативний час

$$T_{on} = t_o + t_{\Delta} = 0,04 + 0,06 = 0,1 \text{ хв.}$$

5. Час обслуговування складається тільки з часу організаційного обслуговування. (Час технічного обслуговування для цієї схеми оброблення не передбачається).

Час на організаційне обслуговування складає 1% від  $t_{on}$ .

$$t_{ob} = 0,1 \cdot 0,01 = 0,001 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок та особисті потреби дорівнює 4% від  $t_{on}$ .

$$t_{vidn} = T_{on} \cdot 0,04 = 0,1 \cdot 0,04 = 0,004 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу.

$$T_{um} = T_{on} + t_{ob} + t_{vidn} = 0,1 + 0,001 + 0,004 = 0,105 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 24

№ варіанту	$D$ , мм	$M$ , мм	Матеріал заготовки	Твердість $HRC_e$
1	60	16h8	40ХН	48
2	58	21,2h8	Сталь45	45
3	83	16,8h8	Ст3	64
4	76	19,3h8	35ХГСА	59
5	54	18,1h8	Ст3	57

№ варіанту	$t_{\text{д.уст}_1}$ $t_{\text{д.уст}_2}$ хв.	$t_{\text{д.пер}}$ , хв	Час на організаційне обслуговування, %	Час на відпочинок та особисті потреби, %
1	1,8	0,8	1	3,5
2	1,3	0,75	1	3,5
3	1,3	1,0	1,2	4
4	0,9	0,9	1	4,1
5	1,5	0,65	1,3	4

## 15.8. ЗУБОШЛІФУВАННЯ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування зубів прямозубого колеса (рис. 25).

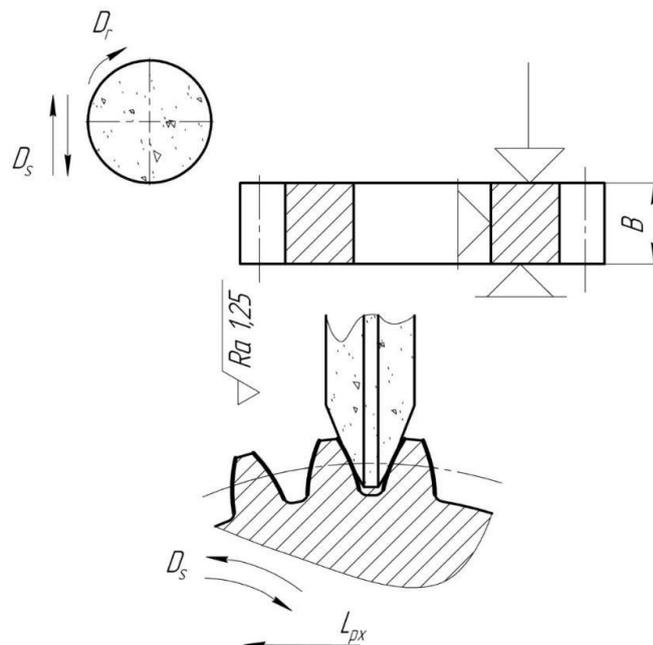


Рисунок 25 - Схема оброблення

Вихідні дані.

Деталь – зубчасте колесо; кількість зубів  $z=25$ , модуль  $m=3$ . Степінь точності  $7B$ , ширина вінця  $B=15$  мм, матеріал – сталь 40X; твердість  $55 HRC_e$  (за кресленням деталі). Операція шліфування зубів методом обкатування. Припуск на ділильному колі  $2\Pi=0,32$  мм.

Верстат зубошліфувальний моделі 5831;  $N_{\partialв} = 1,6$  кВт ; шліфувальний круг 2П 250×13×75 мм; швидкість обертання круга  $v_k=30$  м/с (за паспортом верстата і довідником [27]). Виробництво крупносерійне.

Розв'язання.

### 1. Вибір шліфувального круга.

Для зубошліфування за методом обкатування з періодичним діленням двостороннім конічним кругом (твердість сталі  $55 HRC_e$ , шорсткості поверхні  $1,25$  мкм  $Ra$ , модуль  $3$  мм) рекомендується круг 2П 250×13×75 з характеристикою 24A25CM18K [14, карта 35].

### 2. Розрахунок основного часу.

2.1. Вибір величини подачі обкатування на подвійний хід шліфувального круга.

Для модуля до  $4$  мм і при припуску  $\Pi=0,16$  мм на ділильному колі визначаємо кількість проходів:

чорновий  $i_1 - 1$  прохід;  
напівчистовий  $i_2 - 1$  прохід;  
чистовий  $i_3 - 1$  прохід.

Глибина шліфування на ділильному колі за один прохід:

чорновий прохід –  $t_1 = 0,1$  мм;  
напівчистовий прохід –  $t_2 = 0,1$  мм;  
чистовий прохід –  $t_3 = 0,1$  мм.

Для модуля до  $4$  мм при кількості зубів  $z = 25$  подача обкатування на подвійний хід повзуна: [14, лист 1 , карта 36].

для  $i_1=S_{\partialв.x1}=1,69$  мм/подв.хід;  
для  $i_2=S_{\partialв.x2}=1,69$  мм/подв.хід;

для  $i_3 = S_{\text{дв.х3}} = 0,75$  мм/подв.хід

2.2. Вибір довжини ходу каретки в напрямку обкатування.

Для модуля  $m=3$  мм при кількості зубів  $z=25$  довжина ходу каретки в напрямку обкатування  $L_{px} = 21,5$  мм [14, лист 2, карта 36].

2.3. Вибір кількості подвійних ходів шліфувального круга.

Для ширини вінця зубчастого колеса  $B=15$  мм довжина ходу повзуна  $B_{px} = B + (5 \dots 10) = 15 + 10 = 25$  мм. Для  $B_{px} = 25$  мм кількість подвійних ходів шліфувального круга  $n=200$  подв.хід/хв [14, лист 3, карта 36].

2.4. Основний час розраховується за формулою [14, лист 4, карта 36].

$$t_o = \left[ \frac{1,33 \cdot L_{px}}{n} \left( \frac{i_1}{s_{\text{дв.х1}}} + \frac{i_2}{s_{\text{дв.х2}}} + \frac{i_3}{s_{\text{дв.х3}}} + \tau \cdot (i + 2) \right) \right] \cdot z,$$

де  $\tau$  – час на виведення круга (відскок) і швидке підведення, приймається рівним 0,05 хв [14, лист 4, карта 36].

Тоді:

$$t_o = \frac{1,33 \cdot 21,5}{200} \left( \frac{1}{1,69} + \frac{1}{1,69} + \frac{1}{0,75} + 0,05 \cdot 3 + \right) (2) \cdot 25 = 15,22 \text{ хв.}$$

3. Визначення допоміжного часу.

3.1. Час на установку заготовки  $t_{yctm} = 0,11$  хв [11, карта 7, лист 1].

3.2. Час, пов'язаний з переходом,  $t_{\text{д.пер}} = 1,65$  хв [4, карта 33, лист 5].

3.3. Час, пов'язаний з вимірюванням,  $t_{\text{д.вим}} = 0,09$  хв [11, карта 43, лист 1].

3.4. Загальний допоміжний час

$$t_{\text{д}} = 0,11 + 1,65 + 0,09 = 1,85 \text{ хв.}$$

4. Оперативний час

$$T_{on} = t_o + t_{\text{д}} = 15,22 + 1,85 = 17,07 \text{ хв.}$$

5. Час на обслуговування приймається в % від  $t_{on}$ .

Для зубошліфувальних верстатів, що працюють за методом обкатування одним кругом – 9%.

$$t_{\text{об}} = 17,07 \cdot 0,09 = 1,54 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок та особисті потреби.

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від  $t_{on}$ .

$$t_{відп} = 17,07 \cdot 0,04 = 0,68 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу

$$T_{шт} = T_{он} + t_{об} + t_{відп} = 17,07 + 1,54 + 0,68 = 19,29 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 25

№ варіанту	Z	m, мм	B, мм	Матеріал заготовки	Твердість $HRC_e$	Довжина ходу каретки $L_{рх}$ , мм	Кількість подвійних ходів $n$
1	28	3	38	40ХН	55	25,5	200
2	39	3,5	30	Сталь45	53	35	230
3	42	2,5	60	40Х	50	38,5	240
4	47	2,5	25	35ХГСА	54	44,5	245
5	96	4	35	40Х	52	91	300

№ ва- ріанту	$t_{д.уст}$ , хв.	$t_{д.пер}$ , хв.	$t_{д.вим}$ , хв.	$T_n$ , хв.	Час на організа- ційне обслуго- вування, %	Час на відпочинок та особисті потреби, %	$\tau$ , хв.
1	0,12	1,5	0,09	0,95	9	4	0,05
2	0,25	1,69	0,07	0,86	8,5	3,5	0,05
3	0,11	1,54	0,1	0,98	9,5	3,5	0,08
4	0,3	1,3	0,12	0,75	9	4,5	0,09
5	0,5	1,75	0,2	0,79	9	4	0,15

## 15.9. ШЛІЦЕШЛІФУВАННЯ

Завдання.

Визначити норму штучного часу на операцію шліфування шліців (рис. 26).

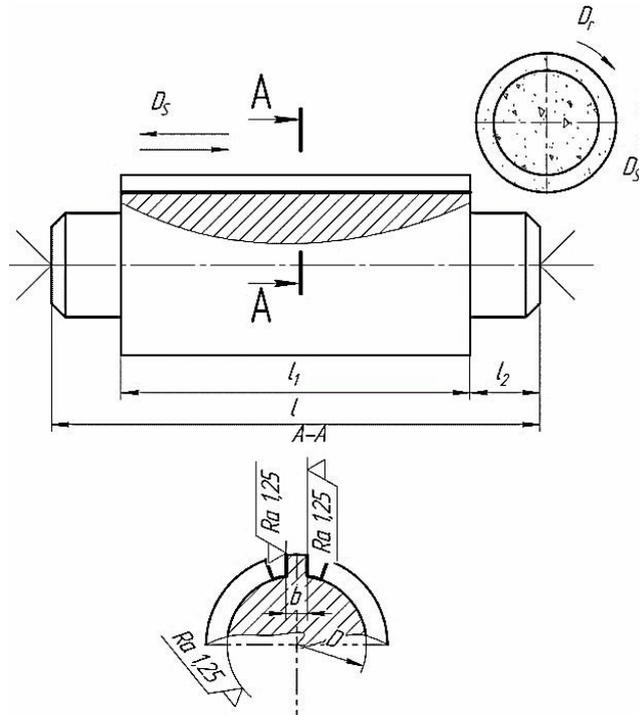


Рисунок 26 — Схема оброблення

Вихідні дані.

Заготовка – шліцевий вал. Шліці  $d6 \times 26f7 \times 32a11 \times 6f7$ ; матеріал – сталь 1X13, твердість  $45 HRC_e$  (за кресленням деталі).

Операція шліфування дна і бічних поверхонь шліців (рис. 26);  $2l=0,4$  мм (із технологічного процесу). Верстат шліцевшліфувальний моделі 3451. Шліфувальний круг  $1\ 200 \times 13 \times 32$  мм; швидкість обертання круга  $v_k=35$  м/с,  $N_{дв}=3$  кВт,  $\eta=0,8$  (за паспортом верстата і довідником [27]). Виробництво серійне.

Розв’язання.

### 1. Вибір шліфувального круга.

Вибір шліфувального круга для оброблення дна і бічних сторін шліців (твердість сталі  $45 HRC_e$ , шорсткість поверхні  $1,25$  мкм  $Ra$ ). Вибираємо круг  $1\ 200 \times 13 \times 32$  з характеристикою 24A25C16K [12, карта 39].

## 2. Визначення основного часу.

### 2.1. Визначення довжини перебігу круга.

При діаметрі круга  $D_k=200$  мм і глибині шліцевої западини, що дорівнює 3 мм, величина перебігу складе 38мм.

При шліфуванні на прохід  $y=38+10=48$  мм [14, карта 40, лист 2 ].

### 2.2. Визначення довжини робочого ходу столу

$$l_{px} = l + y ,$$

де  $l=100$  мм – довжина шліфованої поверхні.

Отже,

$$l_{px} = 100 + 48 = 148 \text{ мм.}$$

2.3. За нормативами [14], а також паспортними даними верстата визначається швидкість руху стола, кількість робочих ходів, час перемикання і ділення:

$$v_3=10 \text{ м/хв; } i=7; t=0,015 \text{ хв.}$$

### 2.4. Основний час, [14, карта 40].

$$t = \left( \frac{2 \cdot L_{px}}{1000 \cdot v} + t \right) \cdot z \cdot i = \left( \frac{2 \cdot 148}{1000 \cdot 10} + 0,015 \right) \cdot 6 \cdot 7 = 1,9 \text{ хв.}$$

## 3. Визначення допоміжного часу.

3.1. Час на установку заготовки  $t_{ycm}=0,22$  хв [11, карта 6].

3.2. Час, що пов'язаний з переходом,  $t_{nep}=0,05$  хв [11, карта 33, лист 6].

3.3. Час, що пов'язаний з вимірюванням, перекривається основним.

3.4. Загальний допоміжний час.

$$t_{\partial} = 0,22 + 0,05 = 0,27 \text{ хв.}$$

## 4. Оперативне час.

$$T_{on} = t_o + t_{\partial} = 1,9 + 0,27 = 2,17 \text{ хв.}$$

## 5. Час на обслуговування.

Час на обслуговування приймається в % від  $T_{on}$ .

Для шліфшліфовальних верстатів – 10%, [11, карта 45, лист 3].

$$t_{об} = 2,17 \cdot 0,1 = 0,217 \text{ хв.}$$

6. Час на відпочинок та особисті потреби.

Час на відпочинок та особисті потреби приймається 4 % від  $T_{on}$ .

$$t_{відн} = T_{on} \cdot 0,04 = 2,17 \cdot 0,04 = 0,087 \text{ хв.}$$

7. Норма штучного часу.

$$T_{шт} = T_{on} + t_{об} + t_{відн} = 2,17 + 0,217 + 0,087 = 2,474 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 26

№ варіанту	$D$ , мм	$b$ , мм	$l$ , мм	$L_1$ , мм	$L_2$ , мм	Матеріал заготовки	Твердість $HRC_e$	Швидкість руху стола, $v$ , м/хв	Кількість робочих ходів $i$
1	30f7	6e8	150	110	20	40ХН	50	10	7
2	25f7	8e8	200	160	20	Сталь45	47	12	9
3	40f7	6e8	160	120	20	40ХН	51	8	8
4	20f7	9e8	140	100	20	35ХГСА	55	15	7
5	56f7	7e8	130	80	25	40ХН	53	7	11

№ варіанту	$t_{д.уст}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{д.вим}$ , хв	$T_n$ , хв	$T_n$ , хв.	Час на організаційне обслуговування, %	Час на відпочинок та особисті потреби, %	$t$ , хв
1	0,36	0,05	0,59	0,95	0,95	10	4,9	0,01
2	0,25	0,1	0,45	0,86	0,86	9,5	3,4	0,019
3	0,28	0,09	0,36	0,98	0,98	9	3	0,015
4	0,29	0,09	0,78	0,75	0,75	10	4	0,015
5	0,36	0,15	0,43	0,79	0,79	10	5,3	0,02

## 16. НОРМУВАННЯ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ РОБІТ

### 16.1. МЕТОДИКА НОРМУВАННЯ ПРИ ОБРОБЛЕННІ НА ТОКАРНИХ НАПІВАВТОМАТАХ

#### 16.1.1. ОБРОБЛЕННЯ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ

Послідовність визначення режимів різання і норми часу при обробленні на одношпиндельних багаторізцевих і гідрокопірувальних півавтоматах наступна.

Перший етап.

Визначення довжини робочого ходу кожного супорта  $L_{px}$  (хв) за формулою

$$L_{px} = l_{piz} + l_1 + l_2,$$

де  $l_{piz}$  – найбільша довжина різання одного з різців даного супорта;

$l_1$  – величина врізання й перебігу [11, дод. 4, лист 1];

$l_2$  – додатковий шлях різця, викликаний особливістю налагодження і конфігурацією деталі.

Другий етап.

Визначення подач супортів за один оберт шпинделя  $S_o$ , мм/об.

Величину подачі приймають за нормативами для одноінструментального оброблення залежно від оброблюваного матеріалу, його твердості, глибини різання, шорсткості поверхні, точності оброблення.

Величину подачі супорта приймають за нормативами для різця з найменшим прийнятним значенням подачі.

Подача супорта, лімітуючого за часом, може бути зменшена шляхом вирівнювання тривалості роботи супортів. Одночасно з цим проводиться уточнення подач супортів за паспортом верстата.

Третій етап.

Визначення періодів стійкості  $T$  у хвилинах різання для лімітуючих інструментів, для яких ведеться розрахунок швидкості різання, за формулою

$$T = T_m \cdot \lambda,$$

де  $T_m$  – період стійкості у хвилинах машинного часу верстата, що приймається за нормативами [13, с. 30] залежно від кількості інструментів у налагодженні та рівномірності їх завантаження;

$\lambda$  – коефіцієнт часу різання, рівний відношенню кількості обертів шпинделя за час різання до кількості обертів шпинделя за час робочого ходу супортів на робочій подачі.

Кількість обертів шпинделя за час різання дорівнює відношенню довжини різання до подачі:  $n_p = l_p / s_o$ . Кількість обертів за час робочого ходу супортів при їх паралельній роботі рівне відношенню довжини робочого ходу до подачі  $n_{px} = L_{px} : s_o$ .

При  $\lambda > 0,7$  приймають  $T = T_m$ .

Четвертий етап.

Розрахунок швидкостей різання  $v$ , (м/хв) і частоти обертання шпинделя  $n$ , ( $\text{хв}^{-1}$ ).

Швидкість знаходять для лімітуючих інструментів за нормативами [13] для одноінструментних робіт з врахуванням усіх поправочних коефіцієнтів, в тому числі коефіцієнта  $T_v$  [13, с. 31], що визначається за періодом стійкості  $T_i$  і коефіцієнтом  $K=0,85$ , що гарантує отримання розрахункових значень стійкості. Визначають частоту обертання

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

За паспортом призначають її, виходячи з розрахованих значень для лімітуючих інструментів.

Не рекомендується перевищувати мінімально розраховане значення частоти обертання більше ніж на 10–15%. Після цього уточнюються швидкості різання для всіх інструментів за прийнятою частотою обертання.

П'ятий етап.

Розрахунок основного часу

$$t_o = \frac{L}{s_o n}$$

При перекриванні часу роботи супортів для розрахунку приймається найбільший час роботи одного супорта.

Шостий етап.

Перевірочні розрахунки за потужністю різання.

Потужність різання визначають як суму витрат потужності для кожного інструменту (сума потужностей одночасно працюючих інструментів).

Коефіцієнт використання верстата за потужністю ( $N_{II}$  – сума потужностей одночасно працюючих інструментів).

$$KN = \frac{N_{II}}{N_{об} \cdot \eta}$$

### **16.1.2 ОБРОБЛЕННЯ НА БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ**

Визначення довжини робочих ходів супорта  $L_{px}$ , подач  $s_o$ , періодів стійкості  $T$ , швидкостей різання  $v$ , частоти обертання шпинделя  $n$  і основного часу  $t_o$  для кожної позиції проводиться як для одношпиндельного багатоінструментального верстата (етапи 1 – 5). Після цього встановлюють основний час роботи верстата  $t_o$ , виходячи з розрахованого основного часу на позиціях, і коректують (зменшують) режими різання (швидкості різання і подачі) на нелімітуючих позиціях з врахуванням основного часу роботи верстата.

При обробленні сталевих деталей інструментом з твердого сплаву не потрібно понижувати швидкості різання менше ніж 45 м/хв.

Перевірочні розрахунки для потужності різання проводяться так само, як і для одношпиндельних багатоінструментальних верстатів. При цьому в розрахунок приймається сумарна потужність різання всіх позицій.

### **16.1.3. ПРИКЛАД НОРМУВАННЯ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА ОДНОШПИНДЕЛЬНИХ НАПІВАВТОМАТАХ**

Завдання.

Визначити норму штучного часу для оброблення деталі на одношпиндельному напівавтоматі (рис. 27).

Вихідні дані.

Заготовка – ступінчастий вал; матеріал сталь 40,  $\sigma_B=600$  МПа; заготовка попередньо оброблена; припуск 1,5 мм; маса заготовки 19 кг.

Зміст операції.

1. Встановити заготовку в центрах.
2. Одночасно точити поверхні 1, 3, 5, 6; точити канавки 2, 4 і фаску 7.
3. Зняти заготовку.

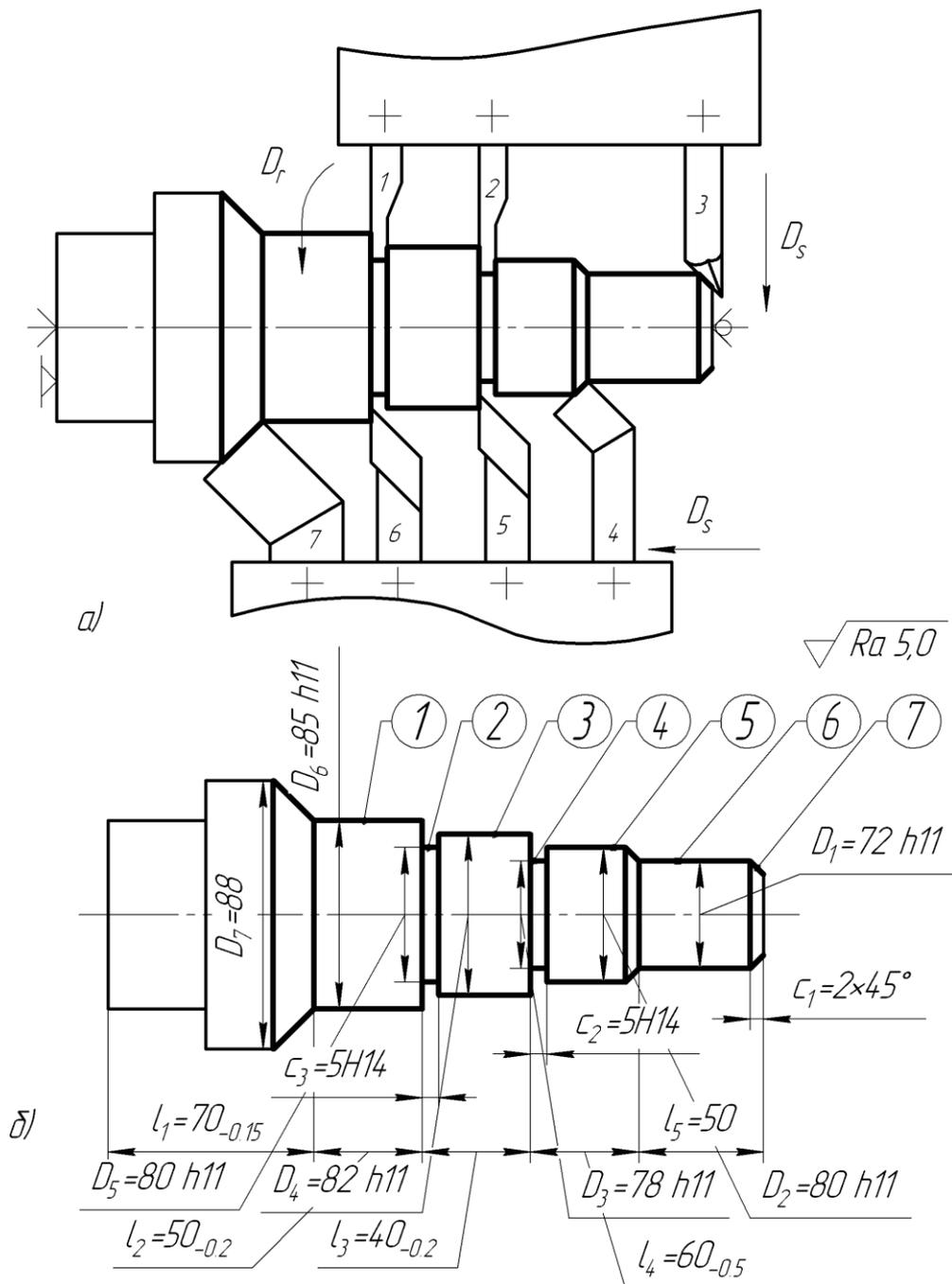


Рисунок 27 – Схема оброблення:  
а) – ескіз наладки; б) – ескіз операції

Верстат токарний багаторіздцевий 1Н713. Різці для оброблення поверхонь 1 і 6 прохідні  $16 \times 25 \times 160$ ;  $\varphi = 45^\circ$ ,  $r = 1$  мм; для оброблення поверхонь 3 та 5 – прохідні упорні  $16 \times 25 \times 160$ ,  $\varphi = 90^\circ$ ,  $\gamma = 10^\circ$ ,  $r = 1$  мм. Різець фасонний  $16 \times 25 \times 150$ .

Матеріал пластин – твердий сплав Т15К6. Різці прорізні 16×225,  $b=5$  мм, матеріал пластини – твердий сплав Т5К10. Виробництво крупносерійне.

Розрахунок режимів різання і основного часу.

1. Розрахункові розміри оброблення.

$D=88$  мм; найбільша довжина різання для поздовжнього супорта  $l_{piz}=60$  мм, для поперечного супорта  $l_{piz.n}=(85-80) : 2=2,5$  мм, припуск  $h=1,5$  мм.

2. Глибина різання: для прохідних різців, що обробляють поверхні 1, 3, 5, 6 –  $t = h=1,5$  мм; для прорізних різців  $t=b=5$  мм; для фасонного –  $t=2$  мм.

3. Довжина робочого ходу поздовжнього супорта  $L_{px} = l_{piz} + l_1 + l_2$ . Довжина різання  $l_{piz}=60$  мм. Довжина врізання й перебігу  $l_1=1$  мм [13, дод. 4, лист 1]. Додатковий шлях  $l_2$  з врахуванням відхилень розмірів на довжині на попередніх операціях беруть рівним 2 мм. Отже,  $L_{px}=60+1+2=63$  мм. Довжина робочого ходу поперечного супорта  $L_{px.n} = l_{piz.n} + l_1 + l_2$ . Довжина різання  $l_{piz.n} = 2,5$  мм;  $l_1 = 1$  мм;  $l_2 = 0$ .

Тоді,

$$L_{px.n} = 2,5 + 1 = 3,5 \text{ мм.}$$

4. Вибір величини подачі.

Орієнтовно обрана швидкості різання  $v > 50$  м/хв. Різці встановлені на поздовжньому супорті.

Обробляється вуглецева сталь. Радіуси при вершині різців  $r=1$  мм.

Необхідний параметр шорсткості 5 мкм  $Ra$  і  $s_{noz}=0,3...0,35$  мм/об [14, карта 3].

Для різців поперечного супорта при діаметрі заготовки до 100 мм і ширині різця  $b=5$  мм,  $s_n=0,16...0,18$  мм/об [13, карта 18].

5. За паспортом верстата приймають подачі  $s_{noz}=0,34$  мм/об і  $s_n=0,1$  мм/об.

6. Період стійкості лімітуючих різців визначають за формулою  $T=T_m \cdot \lambda$ . При кількості різців в наладці до 8 і за наявності фасонних і прорізних різців більше 20% від загальної кількості інструментів в наладці, приймають другу групу наладок і  $T_m=150$  хв. [13, с. 30].

Лімітуючими (за стійкістю) інструментами слід вважати різець 7, що обробляє поверхню 1 (найбільший діаметр), і канавочні різці 1 і 2, що працюють у найбільш несприятливих умовах.

Для імовірно лімітуючих різців:

$$\lambda_z = \frac{n_{pi3}}{n_{px}}; \quad n_{pi3} = \frac{l_{pi3}}{s_o} = \frac{50}{0,34} = 147 \text{ об/хв.}$$

Відповідно до методичних вказівок [13, с. 31] кількість обертів шпинделя  $n_{px}$  при послідовному обробленні поздовжнім і поперечним суппортами:

$$n_{px} = \frac{L_{px. повзд.суп.}}{s_{np}} + \frac{L_{px. попер.суп.}}{s_n} = \frac{63}{0,34} + \frac{3,5}{0,1} = 220 \text{ об/хв.};$$

$$\lambda_7 = \frac{n_{pi3}}{n_{px}} = \frac{147}{220} = 0,67.$$

$T=150 \cdot 0,67=101$  хв;  $K_{Tv}=0,89$  (визначено інтерполяцією) [13, с.31].

Для імовірно лімітуючих різців 1 і 2:

$$\lambda_{1,2} = \frac{n_{pi3}}{n_{px}}; \quad \lambda_{1,2} = \frac{25}{220} = 0,114, \text{ приймають } \lambda_{1,2}=0,12.$$

$$n_{1,2} = \frac{l_{pi3}}{s_n} = \frac{2,5}{0,1} = 25 \text{ об/хв.}$$

Період стійкості  $T=T_m \cdot \lambda=150 \cdot 0,12=20$  хв.

За нормативами [13, с. 31] приймають період стійкості 30 хв; коефіцієнт  $K_{Tv}=1,15$  [13, с. 31].

7. Швидкість різання для різця 7 при точінні сталі  $\sigma_s=600$  МПа, глибині різання  $t$  до 3 мм, подачі  $s_o$  до 0,38 мм/об та куті  $\varphi=45^\circ$  буде  $v_n=188$  м/хв [13, карта 6, лист 2].

З врахуванням поправочних коефіцієнтів  $K_{Tv}=0,89$ ,  $K=0,85$  (інші коефіцієнти рівні 1)  $v_7=v_n K_{Tv} K=188 \cdot 0,89 \cdot 0,85=142$  м/хв. Швидкість різання для різців 1 і 2 для заданих умов  $v_n=153$  м/хв [14, карта 19].

З врахуванням поправочних коефіцієнтів  $K_{Tv}=1,15$ ,  $K_{dv}=0,84$ ,  $K_{ov}=K_{uv}=1,0$ ,  $K=0,85$ ,  $v_1=153 \cdot 1,1 \cdot 0,84 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85=126$  м/хв.

8. Розрахункова частота обертання для різця 7

$$n_7 = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 142}{3,14 \cdot 85} = 515 \text{ об/хв.},$$

для різця 1

$$n_1 = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 126}{3,14 \cdot 85} = 477 \text{ об/хв.}$$

За паспортом верстата приймають 450 хв<sup>-1</sup>.

9. Фактична швидкість різання:

для різця 7

$$v_{\phi_7} = \frac{\pi \cdot D_7 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 88 \cdot 450}{1000} = 124 \text{ м/хв} = 2,08 \text{ м/с};$$

для різця 1

$$v_{\phi_1} = \frac{\pi \cdot D_1 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 450}{1000} = 120 \text{ м/хв} = 2 \text{ м/с};$$

для різця 2

$$v_{\phi_2} = \frac{\pi \cdot D_2 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 82 \cdot 450}{1000} = 116 \text{ м/хв} = 1,9 \text{ м/с};$$

для різця 4

$$v_{\phi_4} = \frac{\pi \cdot D_4 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 75 \cdot 450}{1000} = 106 \text{ м/хв} = 1,8 \text{ м/с};$$

для різця 5

$$v_{\phi_5} = \frac{\pi \cdot D_5 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 83 \cdot 450}{1000} = 117 \text{ м/хв} = 2,2 \text{ м/с};$$

для різця 6

$$v_{\phi_6} = \frac{\pi \cdot D_6 \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 450}{1000} = 120 \text{ м/хв}.$$

10. Потужність різання для різця 7 при точінні сталі  $\sigma_s=600$  МПа, глибини різання  $t$  до 2 мм, подачі  $s_o$  до 0,37 мм/об і швидкості різання до 131 м/хв  $N_{p_7} = 2,4$  кВт [13, карта 7]. Сумарна потужність для всіх різців поздовжнього супорта, за умови, що швидкості різання для різців 4 – 7 приблизно рівні, а інші умови однакові  $N_{повзд} = 2,4 \cdot 4 = 9,6$  кВт.

Дані про потужності різання для канавочних різців і фасонних різців через їх невелике значення в нормативах відсутні, тому при визначенні сумарної потужності їх в розрахунок не приймають.

11. Коефіцієнт використання верстата за потужністю.

За паспортом верстата потужність двигуна  $N_{дв} = 14$  кВт,  $\eta = 0,8$ .

Тоді

$$\frac{9,6}{14 \cdot 0,8} = K = 0,85.$$

12. Основний час.

$$t_o = \frac{L_{px. \text{новзд.сун.}}}{s_{noz}n} + \frac{L_{px. \text{non.сун.}}}{s_n n} = \frac{63}{0,34 \cdot 450} + \frac{3,5}{0,1 \cdot 450} = 0,49 \text{ хв.}$$

13. Допоміжний час прийнято за нормативами для одноперехідних робіт з постійними режимами різання. При встановленні заготовки масою 19 кг в центрах на багаторізцевому напівавтоматі  $t_{\partial.ycm} = 0,39$  хв [11, карта 6, лист 2, поз. 8].

Допоміжний час, пов'язаний з переходом,  $t_{\partial.нер} = 0,02$  хв [11, карта 33, лист 1, поз. 1].

Час на контроль скобою одного діаметра валу після оброблення з точністю 11-ГО квалітету при діаметрі вимірювання до 100 мм і довжині вимірюваної поверхні до 50 мм  $t_{\partial.вим_1} = 0,05$  хв [11, карта 43, лист 2, поз. 18], на вимірювання 4 діаметрів

$$t_{\partial.вим} = 0,05 \cdot 4 = 0,2 \text{ хв.}$$

Час на контроль шаблоном лінійних розмірів з точністю до 0,5 мм при розмірі вимірювання до 100 мм  $t_{\partial.вим_2} = 0,07$  хв [11, карта 43, лист 1, поз. 5].

На вимірювання 4 лінійних розмірів  $t_{\partial.вим} = 0,07 \cdot 4 = 0,280$  хв.

Загальний допоміжний час на контроль після обробки  $t_{\partial.вим} = 0,48$  хв. При коефіцієнті періодичності контролю для роботи з встановленим на розмір інструментом і точністю деталі по 11 квалітету  $K=0,5$  [11, карта 44, лист 1, поз. 2]:

$$t_{\partial.вим} = 0,48 \cdot 0,5 = 0,24 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на операцію

$$t_{\partial} = t_{\partial.ycm} + t_{\partial.нер} = 0,39 + 0,02 = 0,41 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на вимірювання є таким, що перекривається, так як він менший основного часу і контроль заготовки може здійснюватися в процесі оброблення наступної деталі.

14. Оперативний час.

$$t_{on} = t_o + t_{\partial} = 0,49 + 0,41 = 0,9 \text{ хв.}$$

15. Час на обслуговування робочого місця.

Час на обслуговування робочого місця для верстатів I групи при кількості інструментів у налагодженні до 12 дорівнює 7% від  $t_{on}$  [11, карта 45, лист 2, поз. 56].

$$t_{об} = t_{он} \cdot 0,07 = 0,9 \cdot 0,07 = 0,63 \text{ хв.}$$

16. Час на відпочинок та особисті потреби.

Час на відпочинок та особисті потреби складає 4% від  $t_{он}$  [11, карта 46, поз. 13]

$$t_{відн} = t_{он} \cdot 0,04 = 0,9 \cdot 0,04 = 0,036 \text{ хв.}$$

17. Норма штучного часу.

$$t_{ум} = t_{он} + t_{об} + t_{відн} = 0,9 + 0,063 + 0,036 = 0,999 \text{ хв.}$$

Завдання на самостійне опрацювання відповідно до рисунка 27

№ варіанту	$D_1$ , мм	$D_2$ , мм	$D_3$ , мм	$D_4$ , мм	$D_5$ , мм	$D_6$ , мм	$D_7$ , мм	$l_1$ , мм	$l_2$ , мм	$l_3$ , мм	$l_4$ , мм	$l_5$ , мм	$C_1$ , мм	$C_2$ , мм	$C_3$ , мм
1	35 <i>h11</i>	40 <i>h11</i>	38 <i>h14</i>	42 <i>h11</i>	40 <i>h11</i>	45 <i>h11</i>	48 <i>h11</i>	50	62	50	35	60	5 <i>h14</i>		1,6×45
2	48 <i>h11</i>	56 <i>h11</i>	54 <i>h14</i>	58 <i>h11</i>	56 <i>h11</i>	61 <i>h11</i>	64 <i>h11</i>	55	75	55	38	65	5,5 <i>h14</i>		3,5×45
3	40 <i>h11</i>	48 <i>h11</i>	46 <i>h14</i>	50 <i>h11</i>	48 <i>h11</i>	53 <i>h11</i>	57 <i>h11</i>	60	70	60	46	58	5 <i>h14</i>		3×45
4	52 <i>h11</i>	60 <i>h11</i>	58 <i>h14</i>	62 <i>h11</i>	60 <i>h11</i>	65 <i>h11</i>	69 <i>h11</i>	55	66	55	52	52	5,5 <i>h14</i>		2,5×45
5	70 <i>h11</i>	77 <i>h11</i>	75 <i>h14</i>	79 <i>h11</i>	77 <i>h11</i>	82 <i>h11</i>	86 <i>h11</i>	65	74	65	58	60	5 <i>h14</i>		1×45

№ варіанту	$t_{д.умт}$ , хв	$t_{д.пер}$ , хв	$t_{в.вим1}$ , хв	$t_{в.вим2}$ , хв	Час на організаційне обслуговування, %	Час на відпочинок та особисті потреби, %
1	0,75	0,05	0,05	0,08	7	4,5
2	0,65	0,02	0,06	0,09	6,5	4
3	0,7	0,09	0,07	0,08	7	3
4	0,75	0,06	0,06	0,07	5	4
5	0,6	0,03	0,05	0,08	6	5

## 17. НОРМУВАННЯ ПРАЦІ ПРИ БАГАТОВЕРСТАТНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

Під багатOVERСТАТНИМ обслуговуванням розуміють таку організацію робочого місця, коли один робітник (в деяких випадках бригада робітників) обслуговує декілька одиниць обладнання (верстатів). БагатOVERСТАТНЕ обслуговування створює умови для збільшення випуску продукції на одного робітника.

При розрахунках, пов'язаних з багатOVERСТАТНИМ обслуговуванням, необхідні деякі додаткові відомості. Необхідно знати час зайнятості робітника при обслуговуванні одного верстата або кожного з наданих для обслуговування верстатів, що виконують різні операції. Цей час повинен враховувати всі затрати часу робітника, тобто допоміжного часу, що не перекривається  $t_{д.н}$ , який визначають при нормуванні роботи на одному верстаті, (при нормуванні робіт при одноOVERСТАТНОМУ обслуговуванні його не враховують, так як він не включається в оперативний час); час, необхідний для спостереження за автоматичною роботою верстата  $t_{ac}$ , мається на увазі, що робітник, включивши верстат, повинен впевнитись, що інструменти нормально почали оброблення, включилося охолодження та ін.; час на перехід від одного верстата до іншого  $t_{пер}$ .

Сума вище перерахованих затрат часу і буде часом зайнятості робітника на обслуговуванні даного верста

$$t_{зайн} = t_{д.н} + t_{д.н} + t_{ac} + t_{пер},$$

де  $t_{зайн}$  – час зайнятості робітника на обслуговування даного верста;

$t_{д.н}$  – допоміжний час, що не перекривається;

$t_{д.н}$  – допоміжний час, що перекривається;

$t_{ac}$  – час активного спостереження за роботою верстата;

$t_{пер}$  – час переходів від одного верстата до іншого.

На обслуговування іншого або інших верстатів робітник часу не витрачає, так як вони можуть працювати в автоматичному режимі, тобто без всякої участі робітника.

Цей час буде менший машинного часу операції. Даний час прийнято називати вільним машинним часом

$$T_{mv} = T_m - (t_{\partial.n} + t_{ac} + t_{nep}),$$

де  $T_{mv}$  – вільний машинний час;

$T_m$  – машинний час;

$t_{\partial.n}$  – допоміжний час, що не перекривається;

$t_{ac}$  – час активного спостереження за роботою верстата;

$t_{nep}$  – час переходів від одного верстата до іншого.

Після цього можна встановити можливість багатостанкового обслуговування. Воно може бути реалізоване при умові, якщо вільний машинний час роботи одного верстата більший (або по крайній мірі рівний) сумі часу зайнятості робітника на інших верстатах.

При багатостанковому обслуговуванні верстати можуть бути однаковими і виконувати однакові операції. Такі верстати називаються верстатами-дублерами.

Але в деяких випадках при умові розміщення обладнання в технологічній послідовності, верстати, призначені для багатостанкового обслуговування можуть бути різними або однаковими, але виконувати різні операції. Наприклад, перший верстат токарно-револьверний, на ньому виконують оброблення отворів і оброблення одного торця деталі. Другий верстат токарний багаторізцевий, на ньому виконують чорнове обточування; третій верстат також токарний багаторізцевий, але на ньому виконують чистове обточування.

В першому випадку (при верстатах-дублерах) кількість верстатів, яку може обслужити один робітник, визначається за формулою:

$$M \leq \frac{T_{mv} + T_{зайн}}{T_{зайн}} = 1 + \frac{T_{mv}}{T_{зайн}}.$$

Час, на протязі якого робітник повністю виконує роботи на всіх обслуговуваних верстатах називається довжиною циклу.

$$T_{ц} = T_{mv} + T_{зайн} = (t_o + T_{\partial.n}) \cdot K_c,$$

де  $K_c$  – коефіцієнт співпадання часу зайнятості робітника на одному із верстатів з зупинкою інших верстатів ( $K_c \geq 1$ ).

Якщо  $\frac{T_{mv}}{T_{зайн}}$  дорівнює цілому числу, то робітник зайнятий повністю. Це

взагалі не рекомендується, так як завжди можливі затримки в обслуговуванні того чи іншого верстата і робітник в цьому випадку не встигає підійти до наступного верстата до закінчення його роботи, а верстати будуть мати простій.

Степінь зайнятості робітника прийнято представляти коефіцієнтом зайнятості

$$K_z = \frac{\sum T_{зайн}}{T_{ц}}$$

при цьому вільний час робітника

$$T_{св} = T_{ц} - \sum T_{зайн}.$$

Прийнята величина коефіцієнта зайнятості лежить в основі розрахунку можливості багатостанкового обслуговування.

Практика показує, що доцільно допускати величину сумарного коефіцієнта зайнятості до 0,85, тобто приблизно 15% часу в робітника потрібно проектувати як вільного.

Якщо верстати в групі мають різні величини оперативного часу, то час циклу  $T_{ц}$  буде рівний оперативному часу найбільш завантаженого верстату, а інші верстати мають запланований простій. В цьому випадку доцільно відповідно знижувати режими різання, що забезпечує збільшення періоду стійкості інструментів, що використовуються на цих верстатах.

Якщо групування верстатів з метою багатостанкового обслуговування не пов'язане з послідовністю операцій в технологічному процесі, то за можливістю потрібно згрупувати верстати з приблизно рівною величиною оперативного часу.

У складніших випадках, коли необхідні будь які дії робітника біля верстату, наприклад, в середині виконуваної операції, детальне проектування

багатоверстатного обслуговування частіше за все виконують шляхом розроблення циклограми багатоверстатної роботи (рис. 28).

На циклограмі у відповідному масштабі зображаються всі елементи затрат часу на кожному верстаті і послідовність обслуговування робітником цих верстатів в графічному (масштабному) вираженні часу зайнятості робітника біля кожного верстату.

Такий графік наглядно показує як послідовність рухів (маршрут) робітника, так і наявність в нього вільного часу. На графіку також виявляються всі простої верстатів.

Порядок розрахунку штучного часу при багатоверстатному обслуговуванні в основному аналогічний раніше розглянутим випадкам, але процентні надбавки до оперативного часу на обслуговування робочого місця, відпочинок і власні потреби дещо вищі і наводяться у відповідних нормативах.

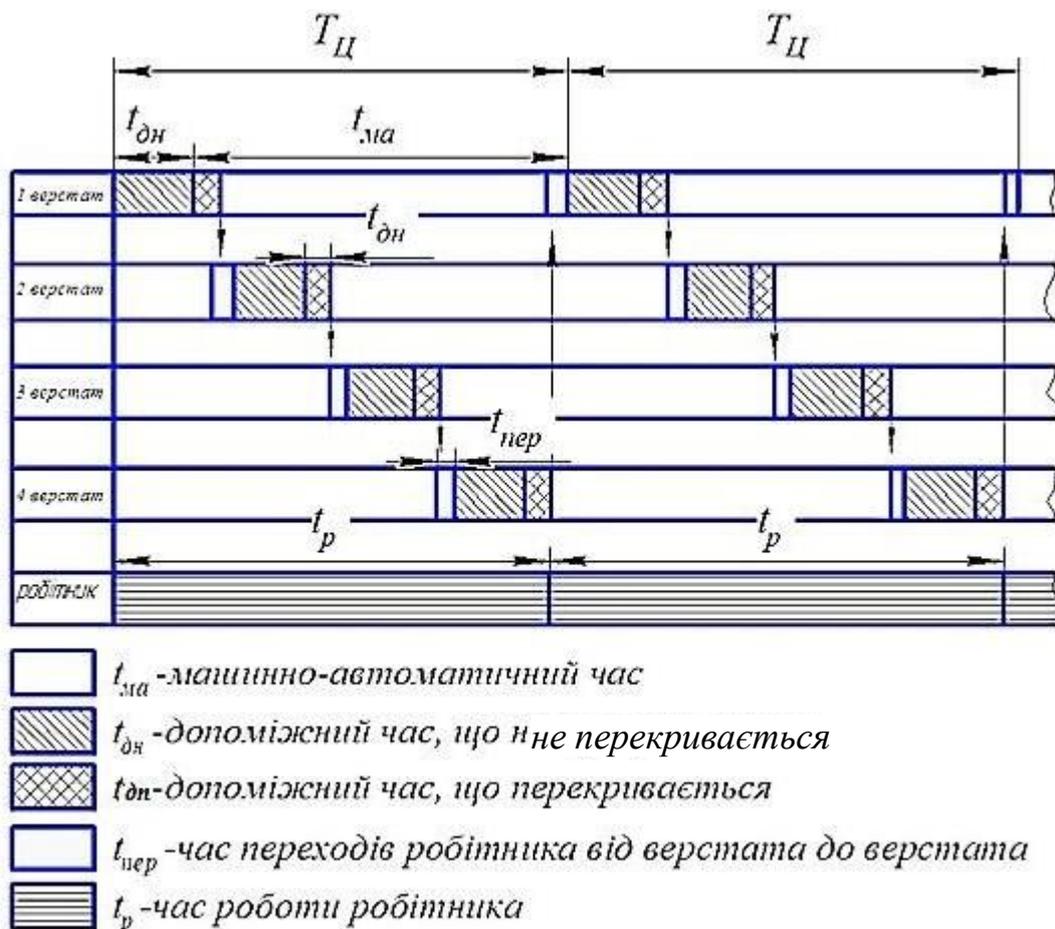


Рисунок 28 – Циклограма багатоверстатної роботи

Якщо передбачені затрати підготовчо-заключного часу  $T_{пз}$  на протязі змінного часу робітника, то цей час також необхідно враховувати при розрахунку кількості циклів.

Норми виробітку також можна розрахувати за штучним часом, але при умові, коли розміри партії близькі або кратні змінному виробітку. Норму виробітку зручно визначати через кількість циклів за зміну. Для цього потрібно розраховувати час обслуговування робочого місця і час на відпочинок та власні потреби в хвилинах за зміну.

Тоді кількість циклів за зміну буде рівною:

$$K_{ц} = \frac{T_{зм} - (T_{об} + T_{пер})}{T_{ц}},$$

де  $T_{зм}$  – змінний фонд часу (тривалість зміни);

$T_{об}$  – час на обслуговування робочого місця за зміну;

$T_{пер}$  – час перерв на відпочинок і власні потреби за зміну;

$T_{ц}$  – тривалість (довжина) циклу.

## Додаток А

### Рекомендовані марки твердих сплавів для оброблення різанням різних металів

Вид і режим оброблення	Марка твердого сплаву при обробленні сталей						
	Вуглецевих	Легованих	Інструментальних	Корозійностійких	Високоміцних і жароміцних	Високомаяганцевих	Загартованих
Точіння чистове: $S = 0,1 \dots 0,3$ мм/об; $t = 0,5 \dots 2,0$ мм	Т30К4	Т30К4, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК3	ВК6-ОМ, ВК6-М, Т15К6	ВК6-ОМ, ВК6-М, Т15К6	ВК6-ОМ, ВК6-М	Т30К4, ВК3-М
Точіння напівчистове: $S = 0,2 \dots 0,5$ мм/об; $t = 2,0 \dots 4,0$ мм	Т15К6, ТТ10К8Б	Т15К6, Т14К8, ТТ10К8Б	Т15К6, Т14К8	ВК6-М, ВК4, ТТ10К8Б	ВК6-М, Т15К6, ТТ10К8Б	ВК6-М, ТТ8К6, ТТ10К8Б	ВК3-М, ВК6-М, Т15К6
Точіння чорнове: $S = 0,4 \dots 1,0$ мм/об; $t = 4,0 \dots 10,0$ мм	ТТ4К8, ТТ10К8Б	Т14К8, Т5К10, ТТ10К8Б	ВК6, Т14К8	ВК6-М, ВК8, ВК10ОМ, ТТ10К8Б	ВК8, Т5К12, ТТ7К12, ТТ10К8Б	ТТ10К8Б, ВК8	—
Обдирання: $S > 1$ мм/об; $t = 6 \dots 20$ мм	Т5К10, ТТ7К12	Т5К10, ТТ7К12	ВК8, Т5К10	ВК8, ТТ7К12,	ВК8, ТТ7К12	ВК6, ВК8, ТТ7К12	—
Відрізання і прорізання канавки	Т15К6, Т5К10	Т15К6, Т14К8	Т15К6, Т14К8	ВК6-М, ВК8	ВК6-М, ВК8	ВК8	—

Продовження додатка А

Вид і режим оброблення	Марка твердого сплаву при обробленні						
	Сплавів				Чавунів		
	Титанових	Жароміцних	Тугоплав- ких	Кольорових	Сірих 240 НВ	Ковких відбілених високоміцних, 460 – 700 НВ	
Точіння чистове: $S = 0,1 \dots 0,3$ мм/об; $t = 0,5 \dots 2,0$ мм	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-ОМ, ВК3-М, ВК6-М	ВК6-М, ТТ8К6	ВК6-М, ВК3	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ	
Точіння напівчистове: $S = 0,2 \dots 0,5$ мм/об; $t = 2,0 \dots 4,0$ мм	ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК6-М, ВК6, ТТ10К8Б	ВК6-М, ВК6, ВК8	ВК6, ВК6-М, ТТ8К6	ВК6-М, ВК6, ТТ8К6	ВК6, ВК6-ОМ, ВК6-М, ТТ8К6	
Точіння чорнове: $S = 0,4 \dots 1,0$ мм/об; $t = 4,0 \dots 10,0$ мм	ВК6, ВК8,	ВК6, ВК8, ТТ10К8Б	ВК8, ВК10-ХОМ	ВК6, ВК8	ВК6, ВК8	ВК6	
Обдирання: $S > 1$ мм/об; $t = 6 \dots 20$ мм	ВК8, ВК10-КС	ВК8, ТТ7К12	ВК8, ВК10-ХОМ	ВК6, ВК8	ВК6, ВК8	ВК8	
Відрізання і прорізування канавки	ВК8	ВК6-М, ВК6, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ	ВК6-М, ВК6	ВК3, ВК6-М	

Продовження додатка А

Вид і режим оброблення	Марка твердого сплаву при обробленні сталей						
	Вуглецева	Легована	Інструментальна	Корозійно- стійка	Високоміцна і жароміцна	Високомарганцева	Загартована
Нарізування різі	T15K6	T15K6, T14K8	T15K6, T14K8	BK3, BK6-M, BK8	BK6-OM, BK8	BK6-OM, BK8	BK3-M, BK6-M, T30K4
Свердління отворів: $l < 5 D$  $l > 5 D$	T5K10, T14K8, BK8	T5K10, BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	—
	T5K10, BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	BK8	—
Зенкерування: Чернове	T14K8, T5K10,	T14K8, T5K10, BK8	T5K10, BK8	-	BK8	BK6-M, BK8	—
	T15K6, T14K8	T15K6, T14K8	T14K8, T5K10	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	—
Развертання	T30K4, T15K6	T30K4, T15K6	T30K4, T15K6, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	BK6-M, BK6-OM	T30K4, BK3-M, BK6-OM

Закінчення додатка А

Вид і режим оброблення	Марка твердого сплаву при обробленні					
	Сплавів				Чавунів	
	Титанових	Жароміцних	Тугоплавких	Кольорових	Сірих, 240 НВ	Ковких відбілених високоміцних, 460 – 700 НВ
Нарізання різі	ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК6-ОМ, ВК6-М
Свердління твірив $l < 5 D$	ВК6, ВК8	ВК8	ВК8	ВК6-М	ВК6, ВК8	ВК8
$l > 5 D$	ВК6-М	ВК8	ВК8, ВК6-ОМ	ВК6-М	ВК-6 ТТ8К6	ВК8, ТТ8К6
Зенкерування: Чорнове	ВК8	ВК8	ВК8	ВК6	ВК6, ВК8	ВК6-М
Напівчистове і чистове	ВК6-М, ВК8	ВК6-М, ВК8	ВК6-ОМ, ВК8	ВК6	ВК3-М, ТТ8К6	ВК6-М, ТТ8К6
Розвертування	ВК3-М, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ	ВК3-М, ВК3, ВК6-ОМ, ВК6-М	ВК3-М, ВК6-ОМ

**Примітка.**  $l, D$  – відповідно довжина і діаметр оброблюваного отвору.

Додаток Б

Застосування вітчизняних марок твердих сплавів (по ГОСТ 3882-74) і закордонних DIN/ISO 513 для різних видів токарного оброблення

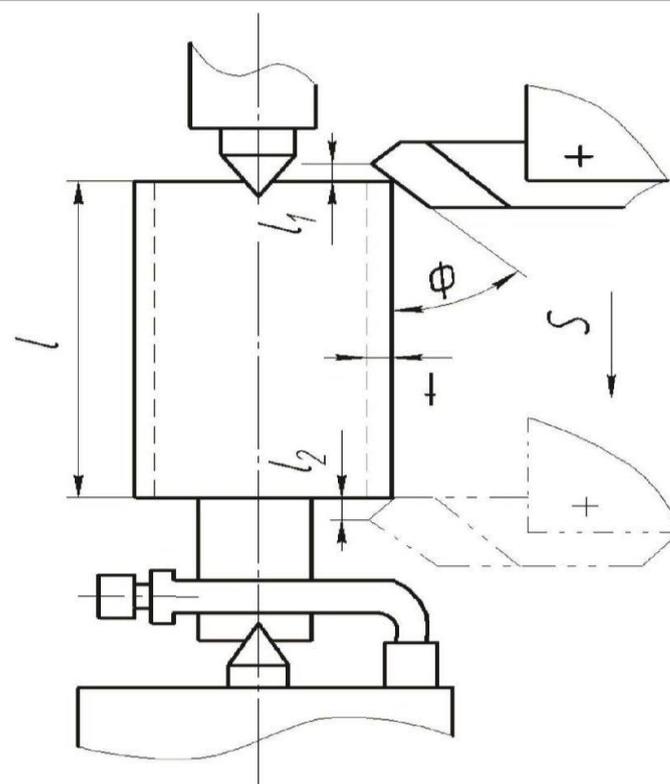
ISO	Основне застосування	SANDVIK Coromant	ISCAR Member IMC Group	Марка сплавів за ГОСТ 3882-74	Оброблюваний матеріал
<i>P</i>	Сверління	OC1220	IC908	ВК8, Т15К6	Нелегована сталь, низьколегована сталь (легуючих елементів менше 5%), високолегована сталь (легуючих елементів більше 5%), сталеве литво.
	Відрізання	OC4125	IC908	Т5К10, Т15К6, Т14К8	
	Точіння канавок	OC4125	IC9015	Т5К10, Т15К6, Т14К8	
	Підрізання	OC4125	IC9025, IC9054	ВК8, Т15К6	
	Точіння	OC4025	IC9015	Т15К6, Т5К10, Т14К8	
	Різьбонарізання	OC1020, 4125	IC908	Т15К6, Т14К8, Т30К8	
	Сверління	OC1220	IC908	Т15К6, ВК8	
<i>M</i>	Відрізання	OC4125	IC908	ВК6-М	Корозійностійка сталь (в стані поставки), феритна, аустенітна, мартенситна.
	Точіння канавок	OC4125	IC908	ВК8, ВК6-М	
	Підрізання	OC4125	IC908	ВК8, ВК6-М	
	Точіння	OC2015	IC907	ВК6-М, ВК8, ТТ8К6, ВК6-ОМ	
	Різьбонарізання	OC1020, 4125	IC908	ВК3-М, ВК6-М	
	Сверління	OC1220	IC908	ВК8, ВК6-М, ВК4	
	Відрізання	OC4025	IC908	ВК8, ВК6-М	
<i>K</i>	Точіння канавок	OC4025	IC428	ВК8, ВК6-М	Ковкий чавун, сірий чавун, сірий чавун з шаровидним графітом
	Підрізання	OC4025	IC428	ВК8, ВК6-М	
	Точіння	OC3205	IC4028	ВК3, ВК8, ТТ8К6, ВК6-М	
	Різьбонарізання	OC1020, 4125	IC908	ВК8, ВК6-М	

Закінчення додатка Б

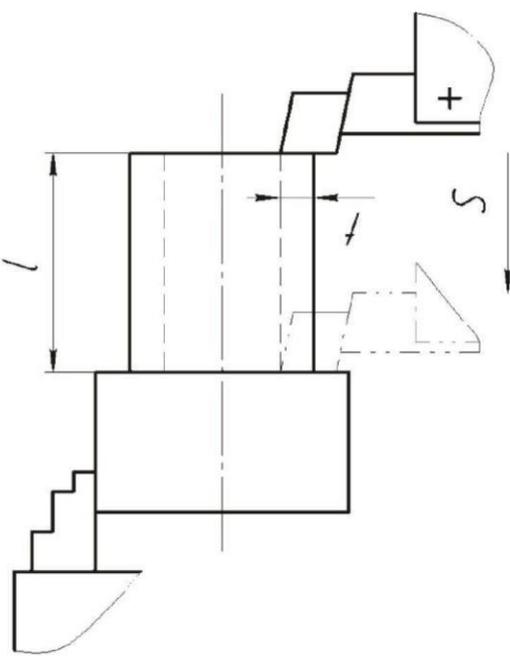
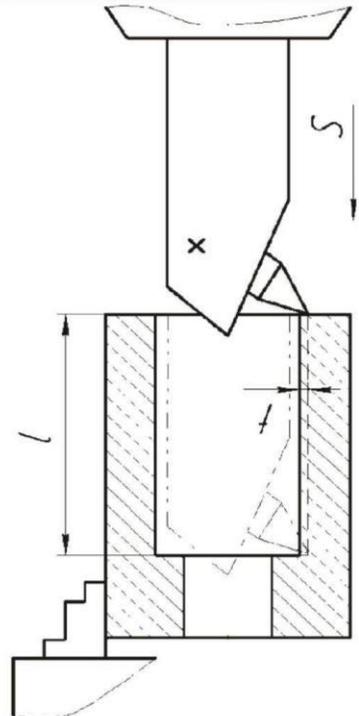
ISO	Основне застосування	SANDVIK Согамап (переважаючий вибір)	ISCAR Member IMC Глош (переважаючий вибір)	Марка сплаву за ГОСТ 3882-74	Оброблений матеріал		
N	Свердління	ОСШ0Б	IC908	ВК8	Алюмінієві сплави, мідь і мідні сплави		
	Відрізання	H10	IC20	ВК3-М			
	Точіння канавок	H10	IC20	ВК3-М			
	Підрізання	H10	IC20	ВК3-М, ВК6-М			
	Точіння	СБ1810	IC20	ВК3-М, ВК6-М			
	Різенарізання	ОС1020, 4125	IC08	ВК3-М			
	Свердління	ОС1220	IC908	ВК8, ВК8-В			
	Відрізання	ОС4125	IC20	ВК8, Т15К6			
	Точіння канавок	ОС4125	IC907	ВК8, Т15К6			
	Підрізання	ОС4125	IC20	ВК8, Т15К10			
S	Точіння	ОС1005	IC907	ВК8, ВК4, Т15К10	Жароміцні і спеціальні сплави на основі заліза, нікеля, кобальта, титанових сплавів		
	Різенарізання	ОС1020, 4125	IC908	Т15К6			
	Свердління	ОС1020	IC908	Т15К6, ВК6-М, ВК8			
	Відрізання	СВ20	IC908	ВК3-М, ВК6-М			
	Точіння канавок	СВ20	ІВ50	ВК3-М, ВК6-М			
	Підрізання	СВ20	IC908	Т5К10, ВК8, Т15К6			
	Точіння	СВ20, 7020	ІВ55	ВК6-М, ВК3-М			
	Різенарізання	СС1020, 4125	IC908	ВК6-М			
	H	Свердління	ОС1020	IC908		Т15К6, ВК6-М, ВК8	Загартована сталь, наптверда сталь, відбілений чавун
		Відрізання	СВ20	IC908		ВК3-М, ВК6-М	
Точіння канавок		СВ20	ІВ50	ВК3-М, ВК6-М			
Підрізання		СВ20	IC908	Т5К10, ВК8, Т15К6			
Точіння		СВ20, 7020	ІВ55	ВК6-М, ВК3-М			
Різенарізання		СС1020, 4125	IC908	ВК6-М			

## Додаток В

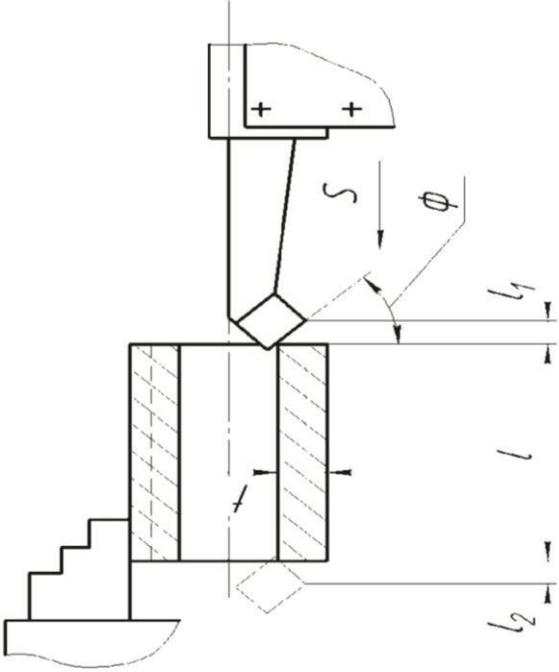
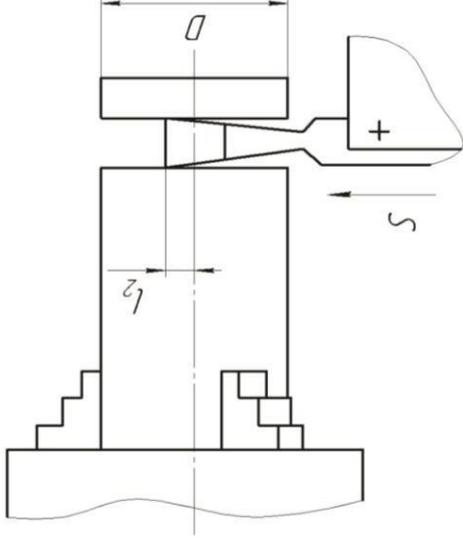
Схеми оброблення та розрахункові формули для визначення часу при основних видах формоутворення

Вид обробки	Ескіз	Розрахункові формули
Точіння на прохід		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{s \cdot n} \cdot i \text{ хв,}$ <p>де <math>l</math> - довжина оброблюваної поверхні, мм;</p> $l_1 = \frac{t}{\text{tg}\varphi} + (0.5 \div 2_{\text{мм}}) - \text{довжина врізання}$ <p style="margin-left: 20px;">різця, мм;</p> <p><math>l_2</math> - довжина перебігу різця, мм;</p> <p><math>l_3</math> - додаткова довжина для зняття пробної стружки, мм;</p> <p><math>t</math> - глибина різання, мм;</p> <p><math>\varphi</math> - головний кут різця в плані, град;</p> <p><math>s</math> - подача, мм/об;</p> <p><math>n</math> - кількість обертів шпинделя за хв;</p> <p><math>i</math> - кількість проходів.</p>

Продовження додатку В

<p>Точіння до упору</p>		$T_m = \frac{l}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв.}$
<p>Розточування в упор</p>		

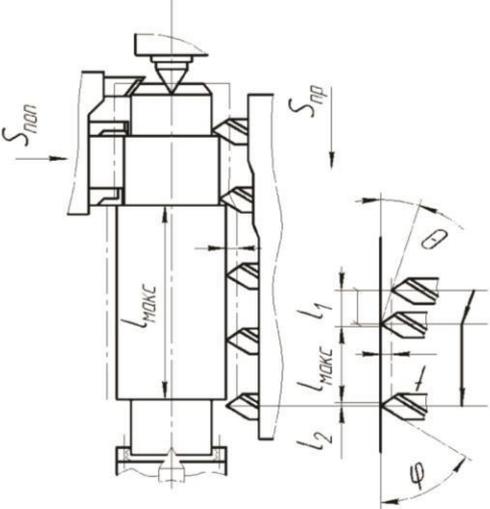
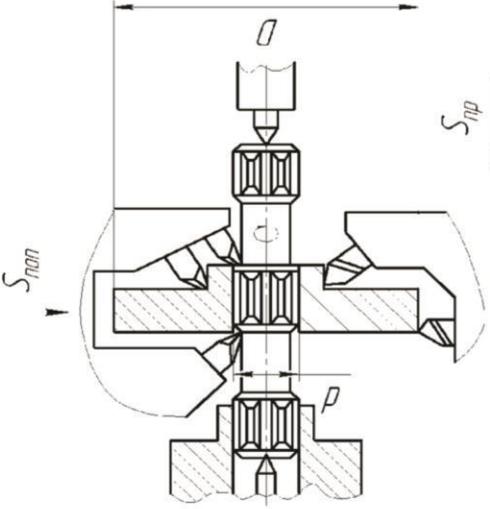
Продовження додатка В

<p>Розточування на прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв.}$ <p>де <math>l_1 = \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0.5 \div 3), \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 1 \div 5, \text{ мм.}</math></p>
<p>Відрізання і підрізання торця суцільного січення</p>		$T_m = \frac{l + l_1 \cdot i}{s \cdot n}, \text{ хв.},$ <p>де <math>l_1 = \frac{D}{2}</math>  <math>l_2 = 0,5 \div 2, \text{ мм.}</math></p>

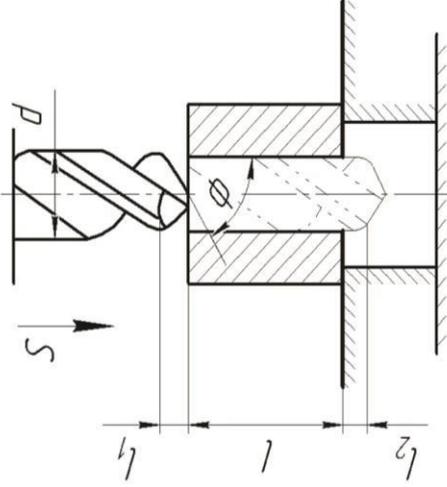
Продовження додатка В

<p>Відрізання і підрізання торця пустої заготовки</p>		$T_m = \frac{l + l_1}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв},$ $\text{де } l_1 = \frac{D - d}{2} \text{ мм};$ $l_2 = 0,5 \div 2, \text{ мм}.$
<p>Фасонне обточування</p>		$T_m = \frac{l}{s \cdot n} \cdot i, \text{ хв},$ $\text{де } l = \frac{D - d}{2} \text{ мм};$

Продовження додатка В

<p>Одночасне проточування декількох поверхонь (ступінчата форма)</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2 + l_3}{s_{\text{пр}} \cdot n}, \text{ хв.}$ <p>де <math>l = \frac{l_{\text{макс}}}{m}</math>;</p> <p><math>l_{\text{макс}}</math> - найбільша довжина оброблюваної ступені (в мм), на якій встановлено <math>m</math> різців;</p> $l_1 = \frac{t}{\text{tg}\theta} + (2 \div 3) + \frac{t}{\text{tg}\phi} + (0.5 \div 2)$ <p>При поперечному врізанні різця:</p> $l_1 = t + (1 \div 2) + \frac{t}{\text{tg}\phi} + (1 \div 2), \text{ мм};$ $l_2 = (1 \div 3), \text{ мм.}$
<p>Одночасне проточування декількох поверхонь (дископодібна форма)</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_{\text{пр}} \cdot n}, \text{ хв.}$ <p>де <math>l = \frac{D - d}{2}</math> мм;</p> $l_1 = 0.5 \div 2 \text{ мм.}$ $l_2 = 1 \div 2 \text{ мм.}$

Продовження додатка В

<p>Свердління на прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i \text{ хв};$ <p>де <math>l</math> - довжина отвору, мм;  <math>l_1</math> - довжина врізання свердла, мм;</p> $l_1 = \frac{d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2) \text{ мм};$ <p><math>l_2</math> - довжина перебігу свердла, мм;  <math>l_2 = 1 \div 3 \text{ мм}.</math></p> <p><math>d</math> - діаметр свердла, мм;  <math>\varphi</math> - половина кута при вершині свердла, град;  <math>S</math> - подача, мм/об;  <math>n</math> - кількість обертів шпинделя за хв;  <math>i</math> - кількість проходів.</p>
-----------------------------	--	--

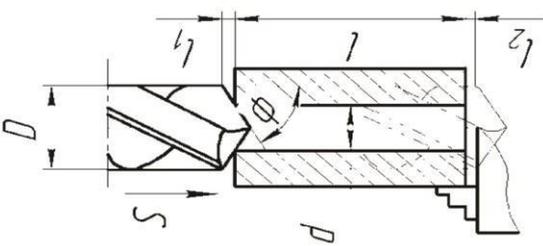
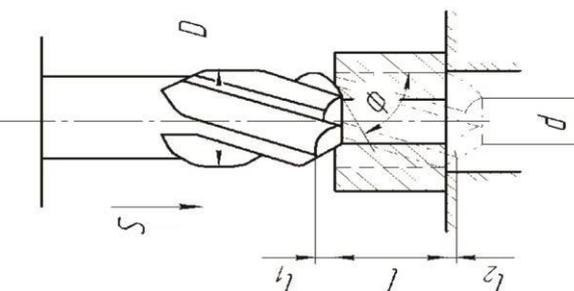
Продовження додатка В

<p>Глухе свердління</p>		$T_m = \frac{l + l_1}{S \cdot n} \cdot i \cdot K6;$ <p>де <math>l_1 = \frac{d}{2} \cdot ctg\varphi + (0,5 \div 2) \text{ мм};</math></p>
<p>Центрування</p>		

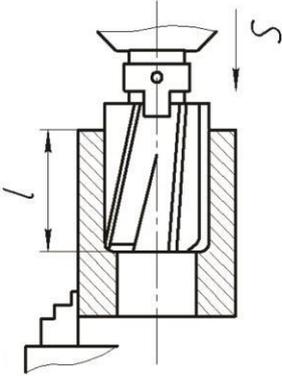
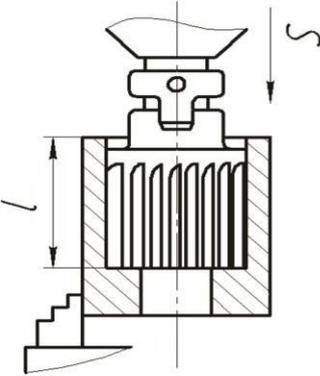
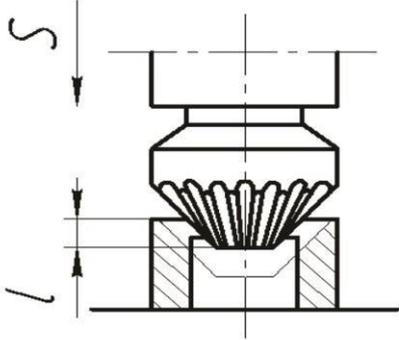
Продовження додатка В

<p>Глухе розсвердлювання в упор</p>		$T_m = \frac{l + l_1}{s \cdot n} \cdot i \cdot x_6;$ $\text{де } l_1 = \frac{D - d}{2} \cdot c \cdot \operatorname{tg} \varphi + (0,5 \div 2) \text{ мм};$
<p>Розвертання на прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i \cdot x_6;$ $\text{де } l_1 = \frac{D - d}{2} \cdot c \cdot \operatorname{tg} \varphi + (0,5 \div 2) \text{ мм};$ $l_2 = (0,2 + 0,5) \cdot K, \text{ мм};$ <p><i>K</i> - довжина калібруючої частини інструмента, мм.</p>

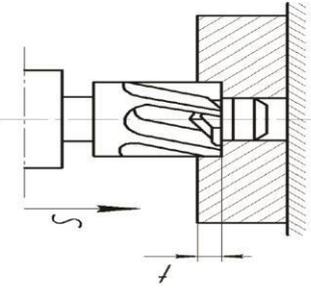
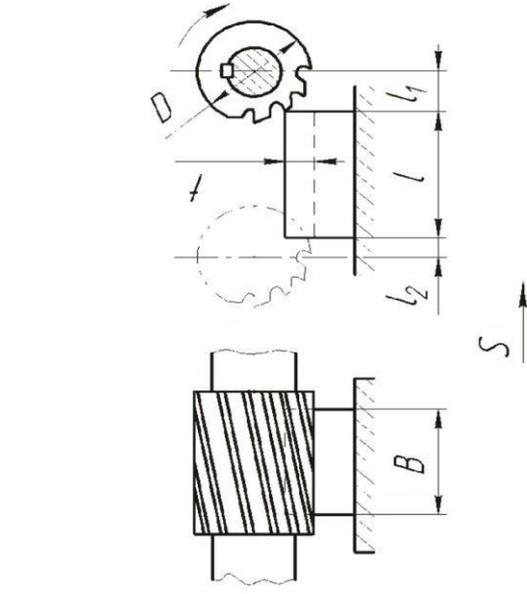
Продовження додатка В

<p>Розсвердлювання на прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i \cdot x_6;$ <p>де <math>l_1 = \frac{D-d}{2} \operatorname{ctg} \varphi + (0,5 \div 2) \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 1 \div 3, \text{ мм}.</math></p>
<p>Зенкерування на прохід</p>		

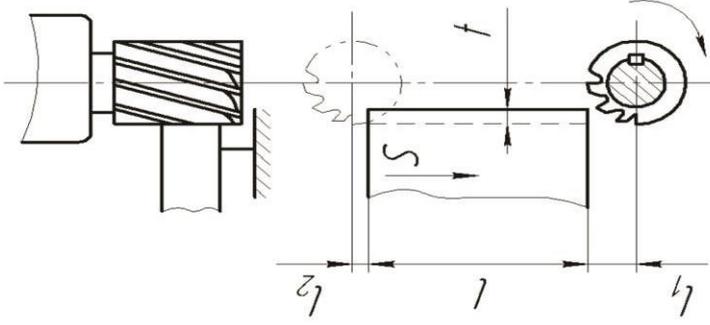
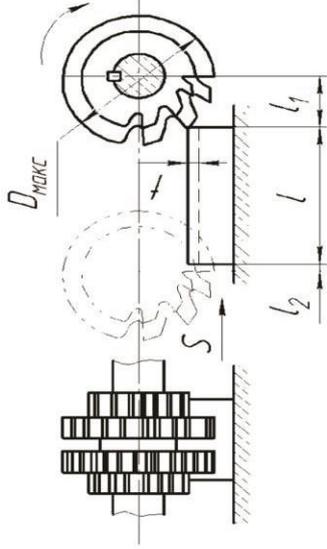
Продовження додатка В

<p>Зенкерування в упор</p>	<p>Розвертання в упор</p>	<p>Зенкування</p>
		
$T_m = \frac{l}{S \cdot n} \cdot i, \text{ хв.}$		

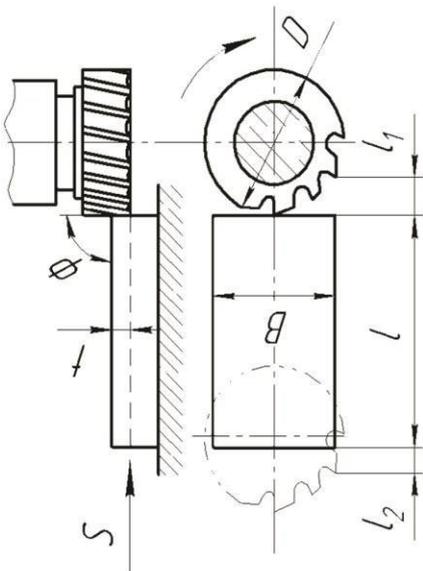
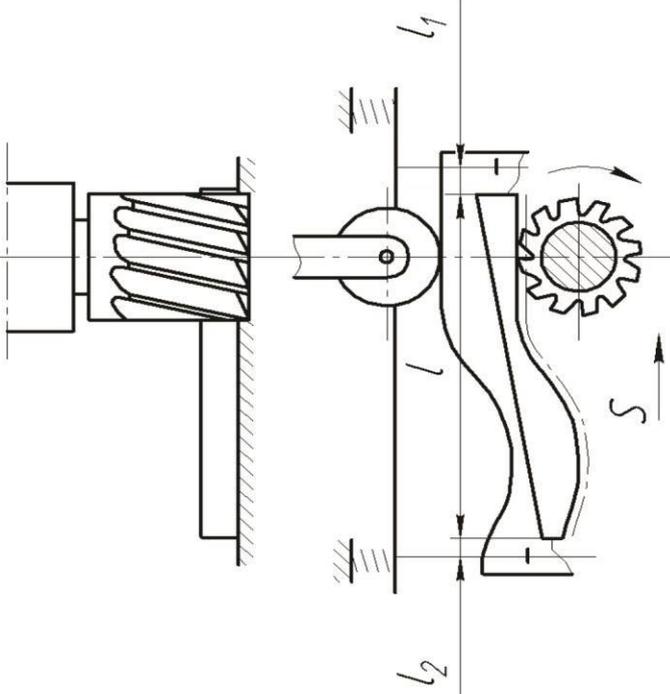
Продовження додатка В

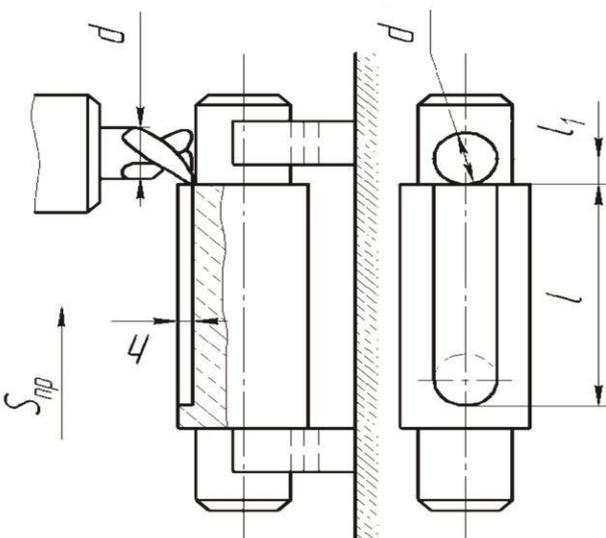
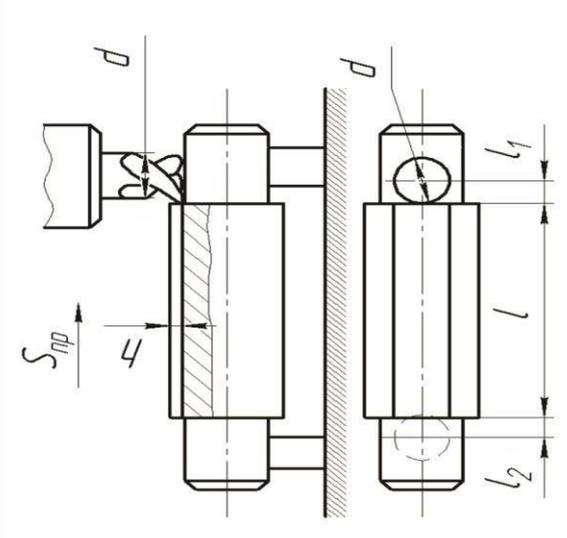
<p>Цекування</p>		$T_m = \frac{l}{S \cdot n} \cdot i, \text{ хв.}$
<p>Фрезерні роботи</p>		
<p>Фрезерування площини циліндричною фрезою</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{S \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{S_m} \cdot i; \text{ хв.};$ <p>де <math>l</math> - довжина фрезерування, мм;  <math>l_1</math> - довжина врізання фрези, мм;  <math>l_1 = \sqrt{t(D-d)} + (0,5 \div 3)</math>, мм;  <math>t</math> - глибина різання, мм.; при фрезеруванні набором фрез приймають:  <math>D</math> - діаметр фрези, мм;  <math>l_2</math> - довжина перебігу фрези, мм;  <math>l_2 = 2 \div 5</math> мм.  <math>S</math> - подача на оберт, мм/об;  <math>S_m</math> - хвилинна подача, мм/хв.;  <math>S_m = S_z \cdot Z \cdot n</math>, мм / хв;  <math>S_z</math> - подача на зуб, мм;  <math>Z</math> - кількість зубів фрези;  <math>n</math> - кількість обертів фрези за хв.</p>

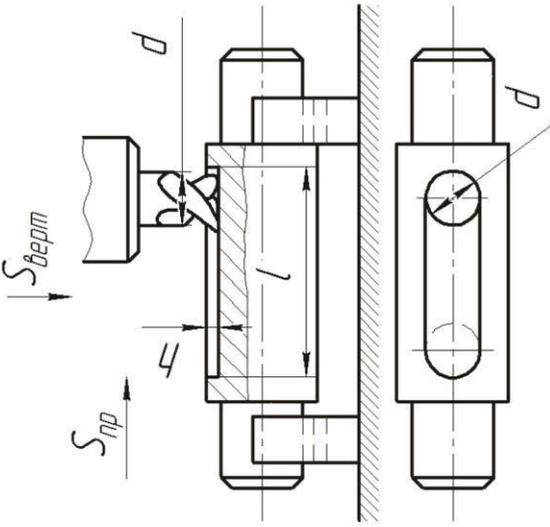
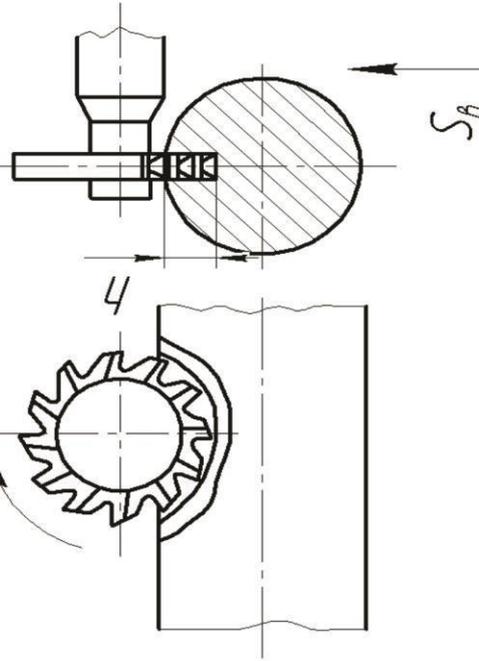
Продовження додатка В

<p>Фрезерування площини кінцевою фрезою</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де <math>l</math> - довжина фрезерування, мм;  <math>l_1</math> - довжина врізання фрези, мм;  <math>l_2</math> - довжина перебігу фрези, мм;  <math>l_1 = \sqrt{f(D-d) + (0,5 \div 3)}</math>, мм;  <math>f</math> - глибина різання, мм.; при фрезеруванні набором фрез приймають:  <math>D</math> - діаметр фрези, мм;  <math>l_2</math> - довжина перебігу фрези, мм;  <math>l_2 = 2 \div 5</math> мм.  <math>s</math> - подача на оберт, мм/об;  <math>s_m</math> - хвилинна подача, мм/хв.;  <math>s_m = s_z \cdot z \cdot n</math>, мм / хв;  <math>s_z</math> - подача на зуб, мм;  <math>z</math> - кількість зубів фрези;  <math>n</math> - кількість обертів фрези за хв.</p>
<p>Фрезерування набором фрез</p>		<p>Фрезерування набором фрез приймають:  <math>D</math> - діаметр фрези, мм;  <math>l_2</math> - довжина перебігу фрези, мм;  <math>l_2 = 2 \div 5</math> мм.  <math>s</math> - подача на оберт, мм/об;  <math>s_m</math> - хвилинна подача, мм/хв.;  <math>s_m = s_z \cdot z \cdot n</math>, мм / хв;  <math>s_z</math> - подача на зуб, мм;  <math>z</math> - кількість зубів фрези;  <math>n</math> - кількість обертів фрези за хв.</p>

Продовження додатка В

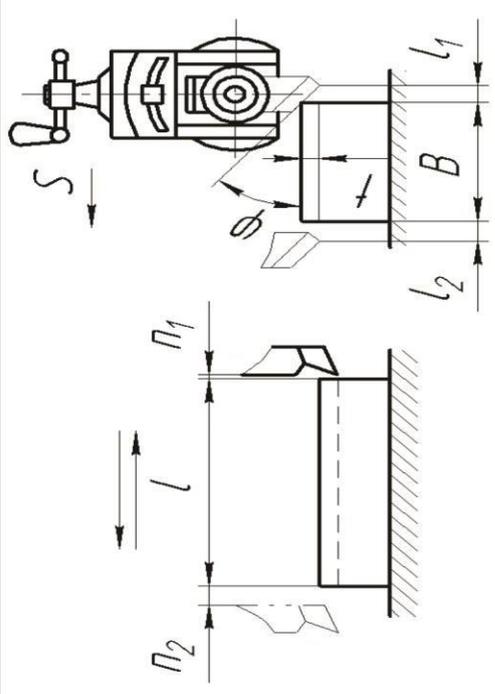
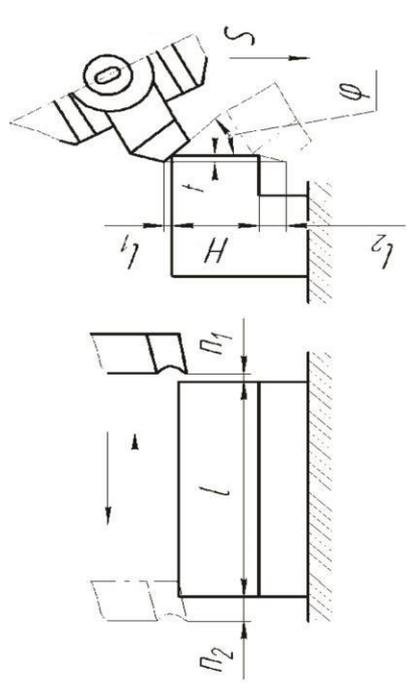
<p>Фрезерування площини торцевою фрезею</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де <math>l_1 = 0,5D - \sqrt{D^2 - B^2 + (0,5 \div 3)}</math>, мм;  <math>l_2 = 1 \div 6</math>, мм.  <i>B</i> - ширина поверхні, що фрезерується, мм.</p>
<p>Фрезерування по копіру</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де  <math>l_1 = t + (0,5 \div 3)</math>, мм.  <math>l_2 = 1 \div 3</math>, мм.</p>

<p>Фрезерування шпонкових канавок шпонковими фрезами за один прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m}; \times 6;$ <p>а) канавка відкрита з двох сторін <math>l_1 = 0,5d + (0,5 \div 1), \text{ мм};</math> <math>l_2 = 1 \div 2, \text{ мм}.</math></p> <p>б) канавка закрита з однієї сторони <math>l_1 = 0,5 \div 1 \text{ мм}, l_2 = 0;</math></p>
		<p>в) канавка закрита з двох сторін</p> $T_m = \frac{h + (0,5 \div 1) \frac{l - d}{s_b} + \frac{l - d}{s}}{s}; \times 6;$ <p>де <math>h</math> - глибина канавки, мм; <math>s_b</math> - вертикальна подача, мм/хв.</p>

<p>Фрезерування шпонкових канавок шпонковими фрезами за один прохід</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m}; \text{ хв};$ <p>а) канавка, відкрита з двох сторін  <math>l_1 = 0.5d + (0.5 \div 1), \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 1 \div 2, \text{ мм}.</math></p> <p>б) канавка закрита з однієї сторони  <math>l_1 = 0.5 \div 1 \text{ мм}, l_2 = 0;</math></p> <p>в) канавка закрита з двох сторін  <math>T_m = \frac{h + (0.5 \div 1) \cdot l - d}{s_b} + \frac{l - d}{s}; \text{ хв};</math>  де <math>h</math> - глибина канавки, мм;  <math>s_b</math> - вертикальна подача, мм/хв.</p>
<p>Фрезерування шпонкових канавок хвостовими фрезами</p>		<p>Сегментна канавка</p> $T_m = \frac{h + l_1}{s_b \cdot n}; \text{ хв};$ <p>де <math>l_1 = 0.5 \div 1 \text{ мм}.</math></p>

Продовження додатка В

<p>Фрезерування шпонкових канавок дисковими трьохсторонніми фрезами</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_m}; \text{ хв};$ <p>а) канавка відкрита з двох сторін  <math>l_1 = \sqrt{h(D-d)} + (0.5 \div 2), \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 1 \div 3 \text{ мм};</math></p> <p>б) канавка закрита з однієї сторони  <math>l_1 = \sqrt{h(D-d)} + (0.5 \div 2), \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 0.</math></p>
---	--	--

<b>Стругальні і довбальні роботи</b>	
<p>Стругання горизонтальної площини</p>	
<p>Стругання вертикальної площини</p>	

$$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i; \text{ хв};$$

де  $l$  - довжина, ширина ( $B$ ) або висота  
( $H$ ) площини стругання, мм;

$$l_1 = \frac{t}{\text{tg}\theta} + (0,5 \div 2), \text{ мм};$$

$n_1$  - перебіг на початку робочого ходу,  
мм;

$$l_2 = 2 \div 5 \text{ мм};$$

$n_2$  - перебіг в кінці робочого ходу, мм;

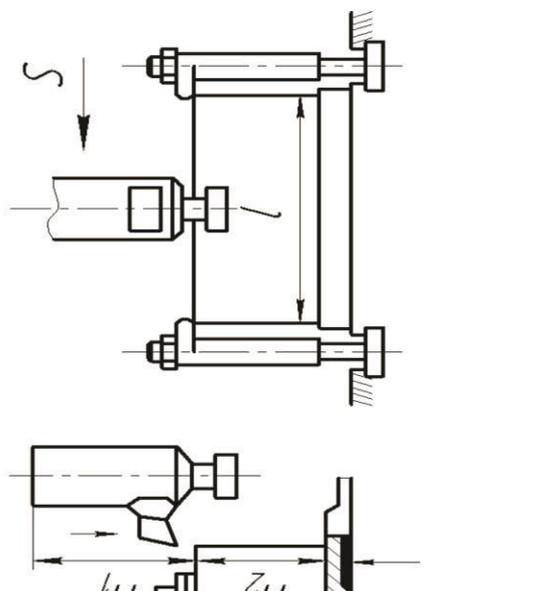
$$n_1 = n_2;$$

$s$  - подача різця або стола за подвійний  
хід, мм;

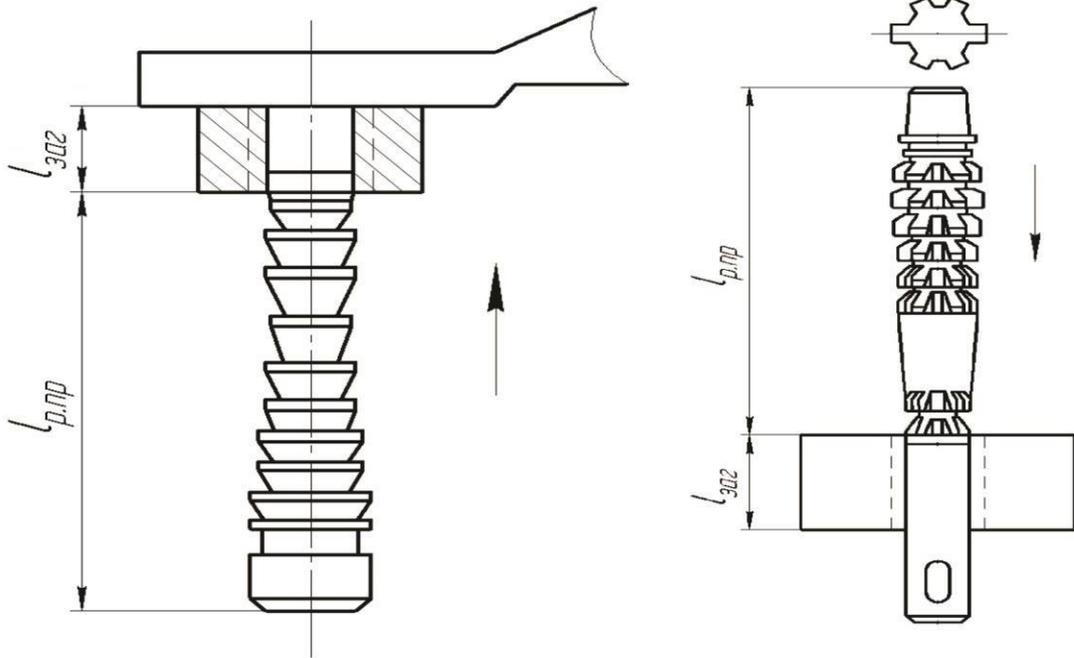
$n$  - кількість подвійних ходів різця або  
стола за хвилину;

$i$  - кількість проходів.

Продовження додатка В

<p>Довбання площини на довальньому верстаті</p>		$T_m = \frac{l + P_1 + P_2}{s \cdot n} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де  <math>P_1 = 1 \div 3 \text{ мм},</math>  <math>P_2 = 1 \div 3 \text{ мм},</math></p>
<p>* <math>P_1 + P_2</math> приймається для поздовжньо-стругальних верстатів при довжині стругання до 2000 мм – 200 мм; більше 2000 мм до 4000 мм – 200...325 мм;          для поперечно-стругальних верстатів при довжині стругання до 100 мм – 35 мм, більше 200 мм – 300мм - 60мм.</p>		

Протяжні роботи



Протягування отвору

$$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{v \cdot 1000}; \text{ х6};$$

$l = l_{p.pr} + l_3$ , мм;

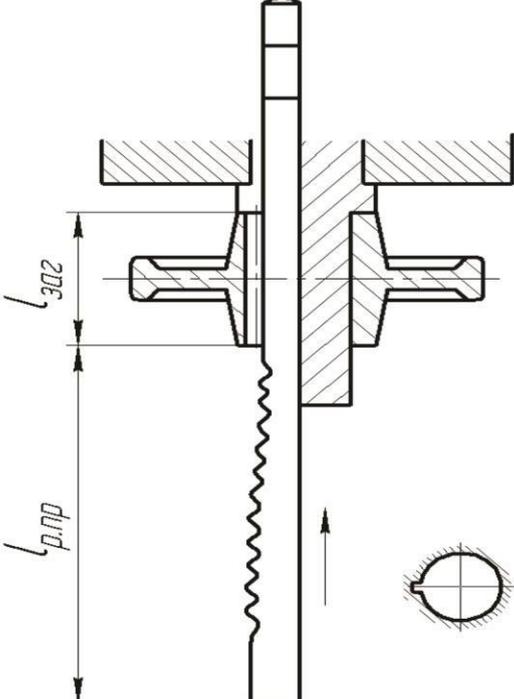
де  $l_{p.pr}$  - робоча довжина протяжки, мм;

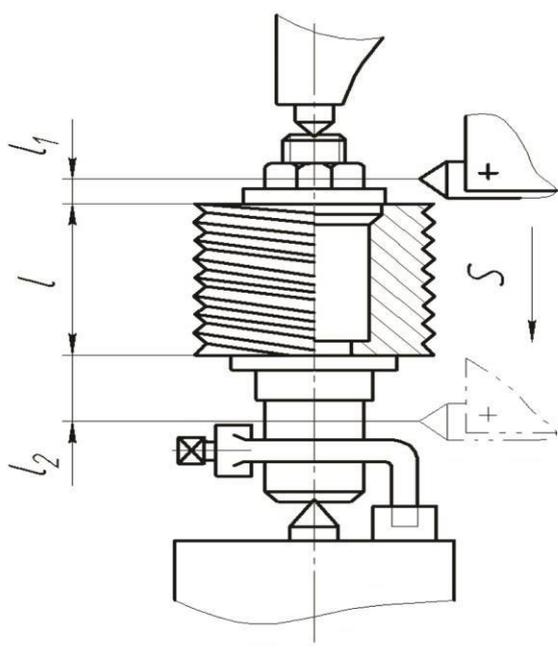
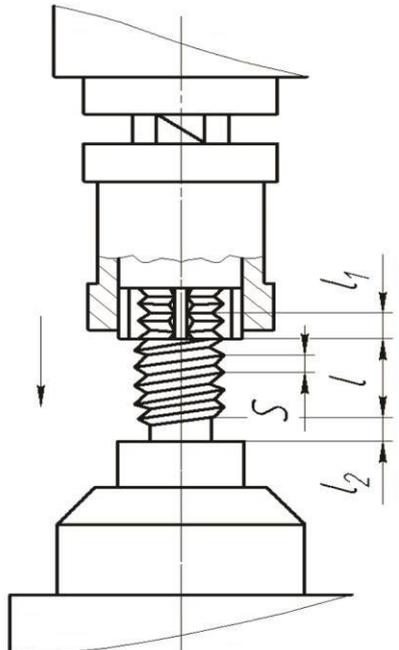
$l_3$  - довжина поверхні заготовки, яка протягується, мм.

$$l_1 = 0;$$

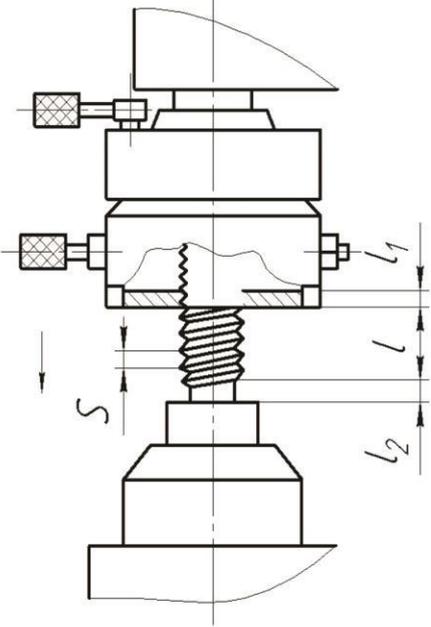
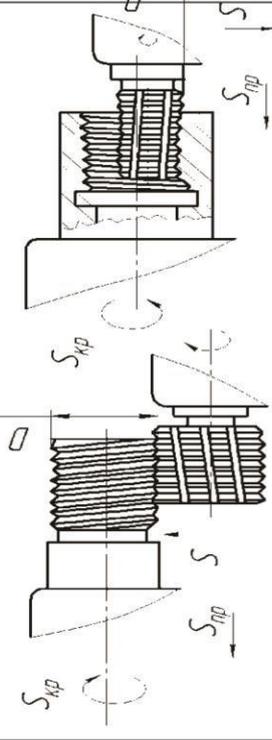
$$l_2 = 5 \div 10 \text{ мм.}$$

Продовження додатка В

<p>Протягування шпонкового пазу</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i = \frac{l + l_1 + l_2}{v \cdot 1000}; \text{ хв};$ $l = l_{р.пр} + l_3, \text{ мм};$ <p>де <math>l_{р.пр}</math> - робоча довжина протяжки, мм;  <math>l_3</math> - довжина поверхні заготовки, яка протягується, мм.</p> $l_1 = 0;$ $l_2 = 5 \div 10 \text{ мм}.$
---	---	---

Різьбонарізні роботи		
<p>Нарізання різьби різцем</p> 	$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де <math>l</math> - довжина обробленої поверхні, мм;  <math>l_1 = \frac{t}{\text{тг}\varphi} + (0,5 \div 2)</math>, мм; - довжина врізання різця, мм;  <math>l_2 = 1 \div 3</math> кроку різьби, мм;  <math>l_2</math> - довжина перебігу різця, мм;  <math>l_2 = 1 \div 3</math> кроку різьби, мм;  <math>s</math> - подача в мм/об, яка дорівнює кроку різьби;  <math>n</math> - кількість обертів шпинделя за хвилину;  <math>i</math> - кількість проходів.</p>	$T_m = \left( \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} + \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n_1} \right) \cdot i; \text{ хв};$ <p>де <math>n</math> - кількість обертів шпинделя за хвилину при нарізанні різьби;  <math>n_1</math> - кількість обертів шпинделя за хвилину при вивертанні плашки;  <math>l_1 = 1 \div 3</math> кроку різьби, мм;  <math>l_2 = 0,5 \div 2</math> кроку різьби, мм.</p>
<p>Нарізання різьби плашкою</p> 		

Продовження додатка В

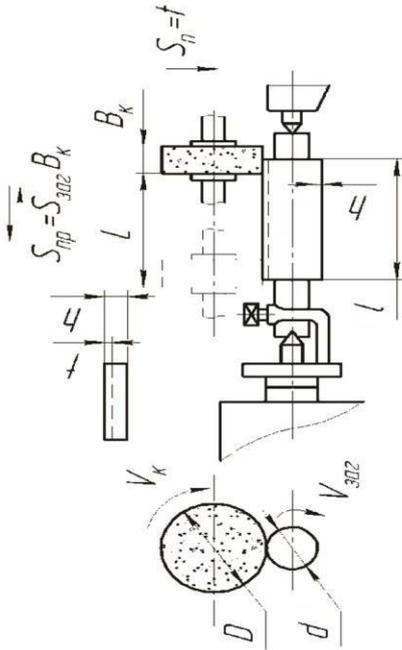
<p>Нарізання різі гвинторізною ГОЛОВКОЮ</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} \cdot i; \text{ хв};$ <p>де <math>l = 1 \div 3</math> кроку різьби, мм; <math>l_2 = 0.5 \div 2</math> кроку різьби, мм.</p>
<p>Нарізання різі різьбовою фрезою</p>		$T_m = \frac{1.2 \cdot \pi \cdot D}{s}; \text{ хв};$ <p>де <math>D</math> - зовнішній діаметр різьби яка нарізується, мм; <math>s</math> - подача різьбової фрези на довжині кола поверхні, на якій нарізується різьба, мм/хв; <math>l_1 = \pi \times D</math>, мм; <math>l_1 + l_2 = 0,2\pi \times D</math>, мм.</p>

Продовження додатка В

<p>Нарізання різі мітчиком в наскрізному отворі</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n} + \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n_1}; \text{ хв};$ <p>де <math>l = 1 \div 3</math> кроку різьби, яка нарізується, мм;  <math>l_2 = 2 \div 3</math> кроку різьби, яка нарізується, мм;  <math>n</math> - кількість обертів шпинделя за хвилину при нарізанні різьби;  <math>n_1</math> - кількість обертів шпинделя за хвилину при вивертанні плашки мітчика.</p>
<p>Нарізання різі мітчиком в глухому отворі</p>		$T_m = \frac{l + l_1}{s \cdot n} + \frac{l + l_1}{s \cdot n_1}; \text{ хв};$ <p>де <math>l = 1 \div 3</math> кроку різьби, яка нарізується, мм.</p>

Шліфувальні роботи

Зовнішнє кругле  
шліфування в центрах  
методом позадвужньої  
подачі



$$T_m = \frac{L}{s_{np} \cdot B_k \cdot n_3} \cdot \frac{h}{k}; \text{ хв;}$$

де  $L$  - довжина позадвужнього ходу стола, мм;

При шліфуванні на прохід:

$$L = l - (0,2 \div 0,4) B_k \text{ мм;}$$

При шліфуванні в упор:

$$L = l - (0,2 \div 0,6) B_k \text{ мм;}$$

$l$  - довжина шліфованої поверхні, мм;

$B_k$  - ширина круга, мм;

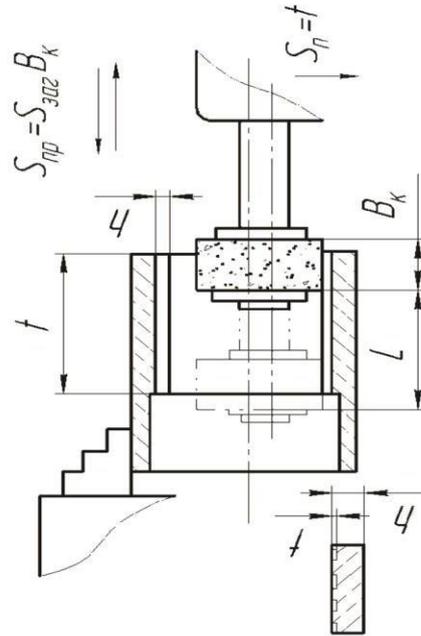
$s_{np}$  - позадвужня подача круга на один оберт заготовки;

$n_3$  - кількість обертів заготовки, мм/об;

$h$  - припуск на шліфування, мм;

$k$  - поправочний коефіцієнт.

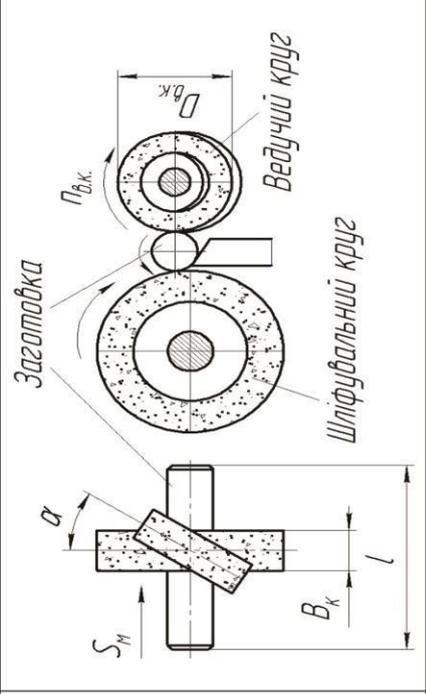
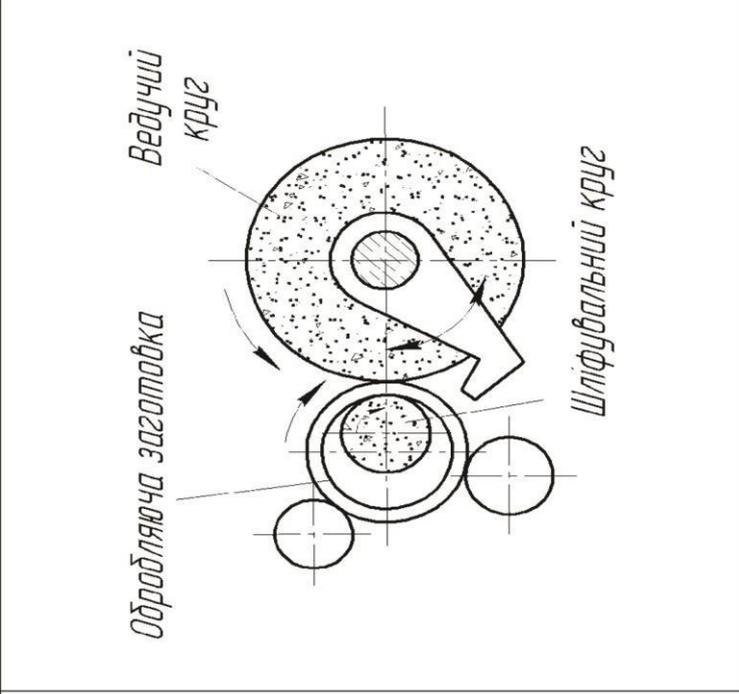
Внутрішнє шліфування  
з позадвужньою  
подачею



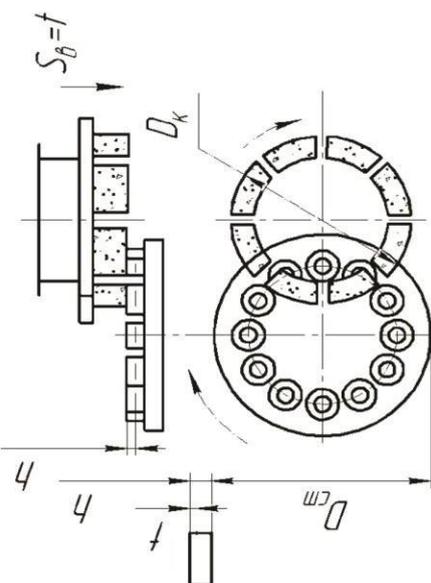
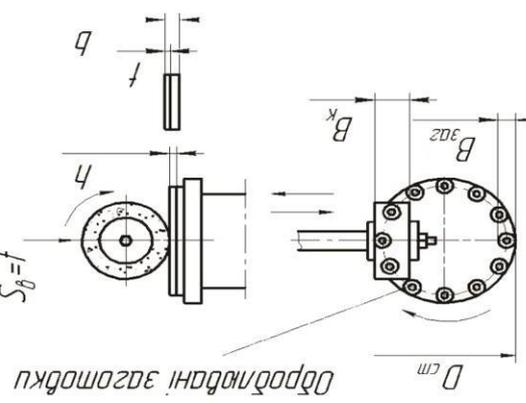
Продовження додатка В

<p>Зовнішні круглі шліфування в центрах методом врізання</p>		$T_m = \frac{h}{t \cdot n_3} \cdot k, \text{ хв};$ <p>де <math>t</math> - поперечна подача за один оберт заготовки, мм.</p>
<p>Зовнішнє безцентрове шліфування методом врізання</p>		

Продовження додатка В

<p>Зовнішнє безцентрове шліфування на прохід</p>		$T_m = \frac{l \cdot m + B_k \cdot i \cdot k}{s_3 \cdot m}$ <p>де <math>m</math> - кількість заготовок партії при шліфуванні неперервним потоком;  <math>s_3</math> - повздовжня подача, мм/хв;  <math>i</math> - кількість проходів.</p>
<p>Внутрішнє безцентрове шліфування</p>		$T_m = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 + \tau_6 + \tau_7, \text{ хв};$ <p>де <math>\tau_1</math> - час на встановлення і затиск заготовки, хв;  <math>\tau_2</math> - час на швидкий підвід шліфувального круга, хв;  <math>\tau_3</math> - час на чорнове шліфування, хв;  <math>\tau_4</math> - час на правку круга, хв;  <math>\tau_5</math> - час на чистове шліфування, хв;  <math>\tau_6</math> - час на швидкий відвід круга, хв;  <math>\tau_7</math> - час на знімання обробленої заготовки, хв;</p> $\tau_3, \tau_5 = \frac{h}{S_n \times n}, \text{ хв};$ <p><math>h</math> - припуск на шліфування, мм;  <math>s_n</math> - поперечна подача круга на один подвійний хід, мм;  <math>n</math> - кількість подвійних ходів.</p>

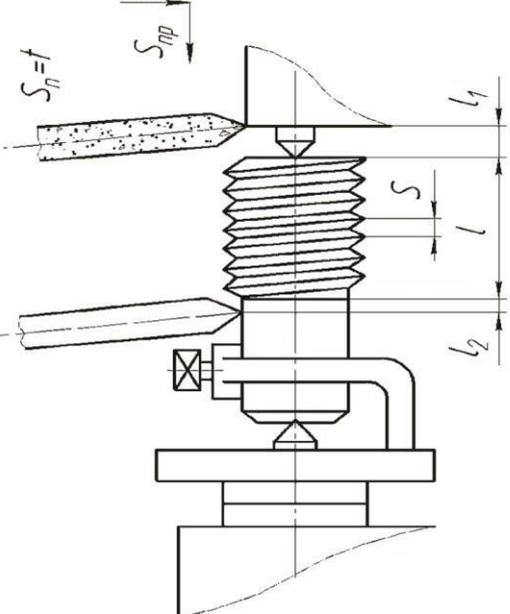
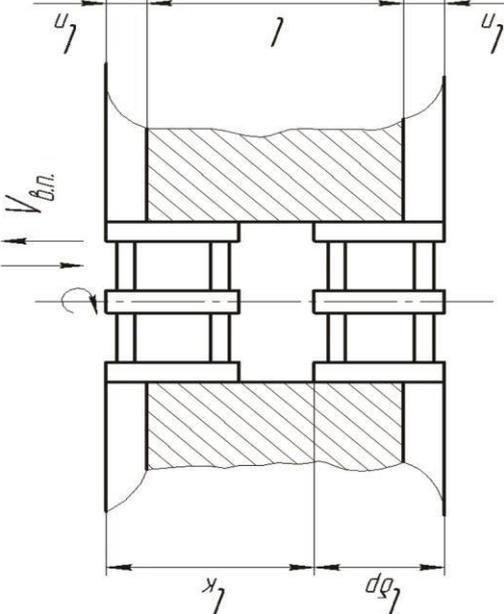
Продовження додатка В

<p>Плоске шліфування торцем круга на верстатах з круглим столом</p>		$T_m = \frac{h}{s_B \cdot n_{cm}} \cdot \frac{1}{k}; \text{ х6};$ <p>де <math>s_B</math> - вертикальна подача круга на один оберт круга, мм;  <math>n_{cm}</math> - кількість обертів стола за хвилину;  <math>m</math> - кількість заготовок, які одночасно встановлені на столі.</p>
<p>Плоске шліфування периферією круга на верстатах з круглим столом</p>		$T_m = \frac{B_3 + B_k + 10}{s_{заг} \cdot B_k \cdot \Pi_{cm}} \cdot \frac{h}{t} \cdot \frac{1}{k}; \text{ х6};$ <p>де <math>B_3</math> - ширина заготовки, мм.</p>

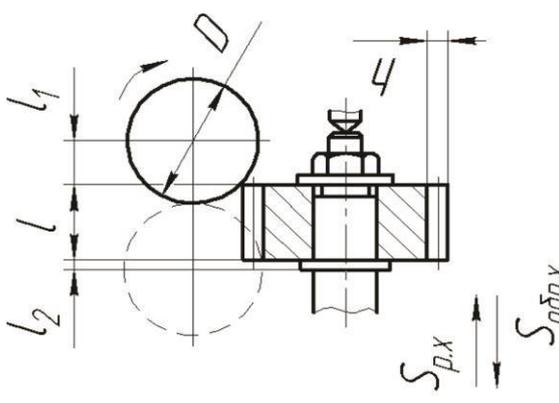
Продовження додатка В

<p>Плоске шлифование торцем круга на верстагах з прямокутним столом</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{v_{cm} \cdot 1000} \cdot \frac{h}{s_B} \cdot \frac{1}{m} \cdot k, \text{ хв};$ <p>де <math>l</math> - загальна довжина шлифування;</p> $l_1 = 0,5(D_k - \sqrt{D_k^2 - B_{302}^2}) \text{ мм};$ $l_2 = 5 \div 10 \text{ мм};$ <p><math>D_k</math> - діаметр круга, мм;</p> <p><math>v_{cm}</math> - швидкість зворотно-поступального руху стола, м/хв.</p>
<p>Плоске шлифование периферією круга на верстагах з прямокутним столом</p>		$T_m = \frac{B_{302} + B_k + 5}{s_g \cdot n_{cm}} \cdot \frac{h}{t} \cdot \frac{1}{m} \cdot k, \text{ хв};$ <p>де <math>B_{302}</math> - загальна ширина деталей, мм;</p> <p><math>s_B</math> - вертикальна подача круга на хід стола, мм;</p> <p>(<math>s_B = t</math>)</p>

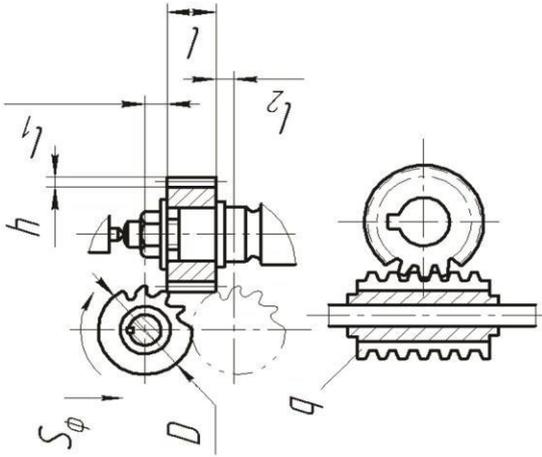
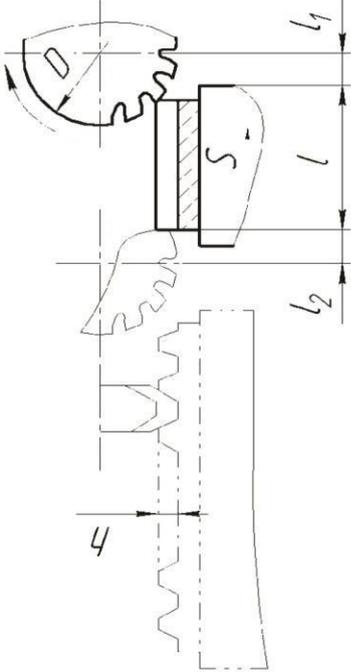
Продовження додатка В

<p>Шліфування різі одноточним кругом</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s \cdot n_{заг}} \cdot \left( \frac{h}{t} + i \right), \text{ хв};$ <p>де <math>l_1 = 1 \div 3</math> кроку різби, яка нарізається, мм;  <math>l_2 = 1 \div 3</math> кроку різби, яка нарізається, мм;  <math>l_2 = 0</math> (при нарізанні різби в упор);  <math>s</math> - поперечна подача на один прохід, мм;  <math>n_{заг}</math> - кількість обертів заготовки за хвилину;  <math>h</math> - припуск на шліфування по середньому діаметру різби, мм;  <math>t</math> - глибина шліфування, мм;  <math>i</math> - кількість проходів.</p>
<p>Доводка отворів хонінгуванням</p>		$T_m = \frac{h}{t \cdot n_x}, \text{ хв};$ <p>де <math>h</math> - припуск в сотих долях міліметра;  <math>t</math> - величина поперечної (радіальної) подачі брусків на один подвійний хід головки, мм;  <math>n_x</math> - кількість подвійних ходів головки за хвилину;</p> $n_x = \frac{v_{Б.П} \cdot 1000}{2 \cdot l_x};$ <p><math>l_x = l + 2l_n - l_{бр}</math>, мм, <math>v_{ен}</math> - швидкість зворотно-поступального руху;  <math>l_x</math> - хід хонінгувальної головки, мм;  <math>l_{бр}</math> - довжина абразивного бруска, мм.</p>

## Продовження додатка В

<p style="text-align: center;">Нарізання циліндричних зубчастих коліс модульною дисковою фрезою</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_M} \cdot z, \text{ хв};$ <p>де <math>l</math> - довжина зуба колеса, мм;  <math>l_1</math> - довжина врізання;  <math>l_2 = \sqrt{h(D-h)} + (1 \div 2)</math>, мм;  <math>h</math> - глибина впадини між зубами;  <math>D</math> - діаметр фрези, мм;  <math>l_2 = 2 \div 4</math> мм;  <math>z</math> - кількість зубів колеса;  <math>s_M</math> - подача, мм/об.</p>
---	--	---

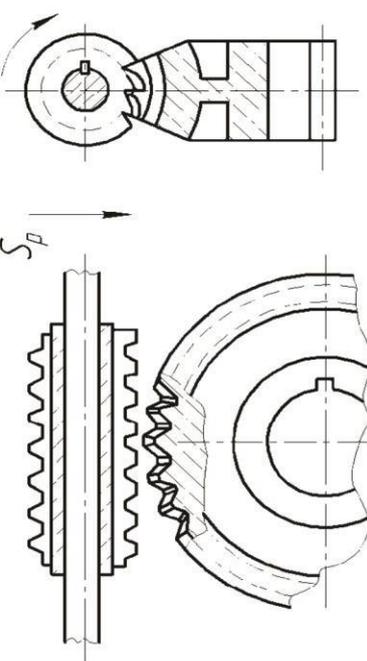
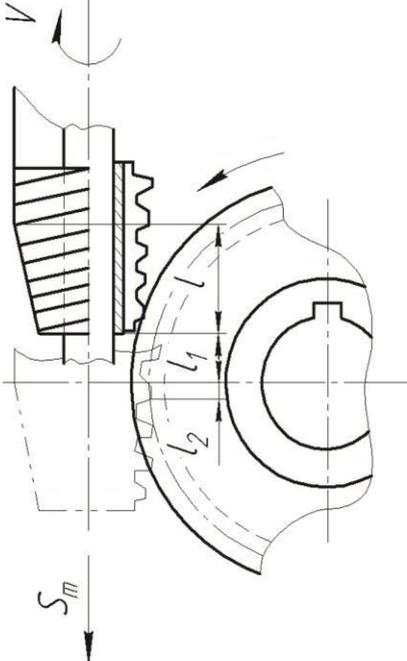
Продовження додатка В

<p>Нарізання циліндричних зубчастих коліс модульною черв'ячною фрезою</p>		$T_m = \frac{l + l_1 + l_2}{s_\phi \cdot n_\phi \cdot q} \cdot z \cdot i, \text{ хв};$ <p>де <math>l_1 = (1.1 \div 1.2) \sqrt{h(D-h)}</math>, мм;  <math>l_2 = 2 \div 3</math> мм;</p> <p><math>s_\phi</math> - подача фрези на один оберт заготовки, мм;  <math>n_\phi</math> - кількість обертів фрези;  <math>q</math> - кількість заходів фрези.</p>
<p>Нарізання зубів на рейці (на горизонтально-фрезерному верстаті)</p>		$T_m = \frac{(l + l_1 + l_2) \cdot z}{s_m} \cdot i, \text{ хв};$ <p>де <math>l_1 = \sqrt{h(D-d)} + (1 \div 2)</math>, мм;  <math>l_2 = 2 \div 4</math> мм;</p> <p><math>z</math> - кількість зубів рейки;  <math>s_m</math> - хвилина подача, мм/хв.</p>

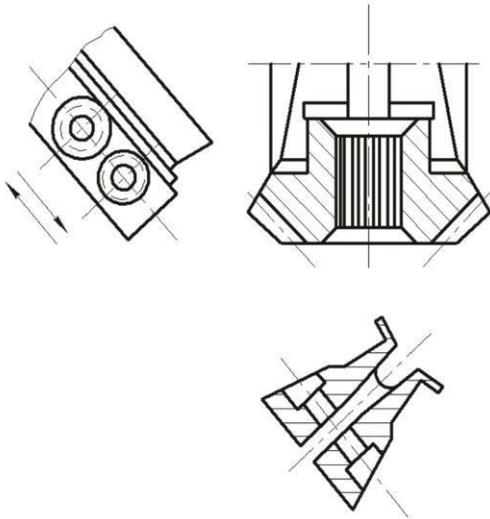
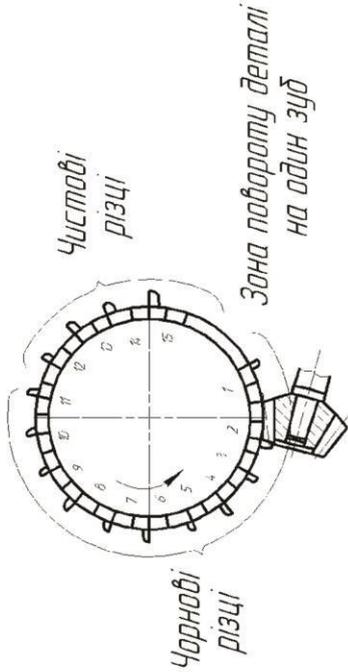
Продовження додатка В

<p>Шевінгування циліндричних зубчастих коліс дисковим шевером</p>		$T_m = \frac{(l + l_{ep} + l_n) \cdot z \cdot h}{s_{np} \cdot n_{ш} \cdot z_{ш} \cdot s_b}, \text{ хв};$ <p>де <math>s_{np}</math> - поздовжня подача стола за один оберт заготовки, мм/об;  <math>n_{ш}</math> - кількість обертів шевера за хв;  <math>z_{ш}</math> - кількість зубів шевера;  <math>s_b</math> - вертикальна подача за один хід стола, мм;  <math>l_{ep}</math> - врізання шевера;  <math>l_n</math> - перебіг шевера;  <math>l_{ep} + l_n = 10 \text{ мм}</math>.</p>	
<p>Притирання зубів циліндричних зубчастих коліс</p>		$T_m = \tau \cdot h, \text{ хв};$ <p><math>\tau</math> - середня тривалість притирання на 0,01 мм припуску на товщину зуба, хв;  <math>h</math> - припуск на товщині зуба в сотих долях, мм.</p>	

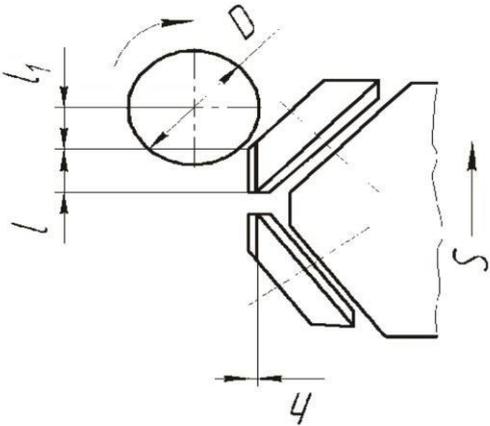
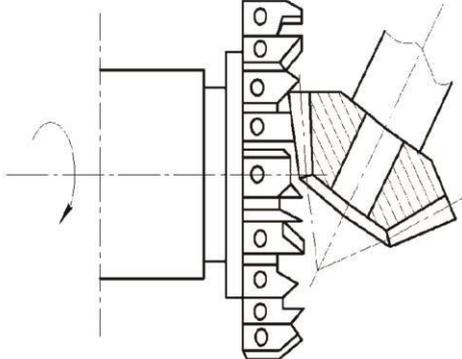
Продовження додатка В

<p>Нарізання черв'ячних зубчастих коліс методом радіальної подачі</p>		$T_m = \frac{3 \cdot M \cdot z}{s_p \cdot n_{\phi} \cdot q}, \text{ хв}$ <p>де <math>s_p</math> - радіальна подача на один оберт заготовки, мм;  <math>q</math> - кількість заходів черв'ячної фрези.                  Інші позначення показані вище.</p>
<p>Нарізання черв'ячних зубчастих коліс методом тангенціальної подачі</p>		$T_m = \frac{2,94 \cdot M \cdot \sqrt{z \cdot z}}{s_m \cdot n_{\phi} \cdot q}, \text{ хв};$ <p>де <math>s_m</math> - тангенціальна подача на один оберт заготовки, мм.                  Інші позначення показані вище.</p>

Продовження додатка В

<p>Нарізання прямозубих конічних коліс різцями на зубофугальному верстаті</p>		$T_m = \frac{\tau \cdot z}{60}$ <p>де <math>\tau</math> - час обробки одного зуба, який визначається кінематичним налаштуванням верстата, с;  <math>z</math> - кількість зубів нарізуваного колеса.                  При зубофуганні добавляють на врізання і перебіг 10-25мм.</p>
<p>Нарізання прямозубих конічних коліс методом кругового протягування</p>		

Продовження додатка В

<p>Нарізання прямозубих конічних зубчастих коліс дисковою модульною фрезою</p>		$T_m = \frac{[2 \cdot l + (10 \div 15) + l_1 + l_2] \cdot \tau \cdot z}{s_m \cdot m}, \text{ хв}$ <p>де <math>l_1 = \sqrt{h(D-d)} + (1 \div 2) \text{ мм};</math>  <math>l_2 = 2 \div 5 \text{ мм};</math></p> <p><math>\tau</math> - час на швидкий відвід фрези і поворот заготовки, мм;  <math>m</math> - кількість одночасно нарізуваних коліс.</p>
<p>Нарізання конічних коліс з гвинтовим зубом</p>		$T_m = \frac{\tau \cdot z}{60},$ <p>де <math>\tau</math> - час обробки, який визначається кінематичним налаштуванням верстака, с;  <math>z</math> - кількість зубів нарізуваного колеса.</p>

Продовження додатка В

<p>Нарізання циліндричних зубчастих коліс дисковим довб'яком</p>		$T_m = \frac{h}{s_p \cdot n} + \frac{\pi \cdot M \cdot z}{s_{kp} \cdot n} \cdot k_1, \text{ мм};$ <p>де <math>k_1</math> - кількість проходів (обкатів);  <math>s_p</math> - радіальна подача на подвійний хід                  довб'яка, мм;  <math>s_{kp}</math> - кругова подача на подвійний хід                  довб'яка, мм.  <math>n</math> - кількість подвійних ходів довб'яка за                  ХВ.;  <math>h</math> - глибина впадини, яка нарізається між                  зубами, мм;  <math>M</math> - модуль колеса, яке нарізається, мм;  <math>n_1, n_2</math> * - перебіги довб'яка на початку і в                  кінці робочого ходу, мм</p>
<p>*<math>n_1 + n_2</math> приймається при нарізанні зубчастих коліс з прямим зубом до <math>M=2 - 5</math>мм, більше <math>M=2 - 6</math>мм; з косим зубом до <math>M=26</math>мм, більше <math>M=8</math> до <math>M=8</math> від 6 до 12мм.</p>		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. А. Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 320 с.
2. Абразивные материалы и инструменты: Каталог-справочник / Под ред. В. А. Рыбакова. – М.: НИИМаш, 1976. – 242 с.
3. Адамчук, В. В. Организация и нормирование труда : учебное пособие для вузов / В. В. Адамчук. – М. : Кнорус, 2009. – 256 с.
4. Боровский Г. В., Григорьев С. Н., Маслов А. Р. Справочник инструментальщика: Под общей ред. А. В. Маслова. Изд. 2-е. исп. – М.: Машиностроение, 2007. - 464 с.: ил.
5. Бородина, В. В. Нормирование труда: учеб. пособие / В. В. Бородина. – М. : Новое знание, 2009. – 192 с.
6. Быгин, В. Б. Нормирование труда на предприятии : учебное пособие / В. Б. Быгин, С. В. Малинин. – М. : Финансы и статистика, 2010. – 325 с.
7. Васильева, М. Н. Нормирование труда : учеб. пособие. / М. Н. Васильева. – Чебоксары : Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – 95 с.
8. Данилевский, В. В. Технология машиностроения (общий курс): учебник для машиностроительных техникумов / В. В. Данилевский. – М.: Высшая школа, 1963. – 506 с.
9. Егоров, М. Е. Технология машиностроения: учебник для вузов [Текст] / М. Е. Егоров, В. И. Дементьев, В. Л. Дмитриев. – Изд. 2-е, доп. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.
10. Зубкова, А. Ф. Организация нормирования труда на предприятиях : учебное пособие / А. Ф. Зубкова, Г. Э. Слезингер. – М. : Экономика, 2009. – 408 с.
11. Общемашиностроительные нормативы времени вспомогательного, обслуживания рабочего места и подготовительно-заключительного на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Среднесерийное и крупносерийное производство. – М.: НИИТруда, 1984. – 382 с.
12. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. – М.: Экономика, 1990. – Ч. II. Нормативы режимов резания. – 311 с.

13. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: Справочник: В 3-х частях: Ч. 1. Токарные, карусельные, токарно-револьверные, алмазно-расточные, сверлильные, строгальные, долбежные и фрезерные станки – М.: Машиностроение; 1974. – 325 с.

14. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках: Справочник: В 3-х частях. Ч. 3. Протяжные, шлифовальные и доводочные станки. – М.: Машиностроение, 1978. – 273 с.

15. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т. / А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991, Т. 1. – 640 с.

16. Общемашиностроительные нормативы режимов резания: Справочник: В 2-х т. / А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. – М.: Машиностроение, 1991, Т. 2. – 304 с.

17. Организация, нормирование и оплата труда на предприятиях отрасли: учеб. пособие / Е. А. Кобец, М. Н. Корсаков. – Таганрог : Изд-во ТРТУ, 2008. – 275 с.

18. Палей М. М. Технология производства металлорежущих инструментов: Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты. Изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Машиностроение. 1982. – 256 с.: ил.

19. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення валів / Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. - Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2016. – 198 с.

20. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення зубастих коліс / Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. - Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2016. – 136 с.

21. Расчет режимов резания. Учебное пособие / Безязычный В. Ф., Аверьянов И. Н., Кордюков А. В. – Рыбинск: РГАТА, 2009. – 185 с.

22. Смазочно-охлаждающие технологические средства и их применение при обработке резанием: Справочник / Л. В. Худобин, А. П. Бабичев, Е. М. Булышев и др. / Под ред. Л. В. Худобина. – М.: Машиностроение, 2006. – 544 с.

23. Справочник нормировщика / А. В. Ахумов, Б. М. Генкин, Н. Ю. Иванов и др. – Л.: Машиностроение. Ленинградское отд-е, 1986. – 456 с.

24. Справочник технолога машиностроителя: в 2-х т.; справочник / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. Изд. 5-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2003. – Т. 1. – 912 с. Т. 2. – 944 с.

25. Справочник токаря универсала / Под ред. М. Г. Шеметова и В. Ф. Безъязычного Изд. 2-е. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2007. – 576 с.

26. Справочник шлифовщика / Л. М. Кожеуров, А. А. Панов, Э. И. Ремизовский, П. С. Чистосердова. – Минск: Высшая школа, 1981. – 327 с.

27. Суетина, Л. М. Методы изучения затрат рабочего времени : учебное пособие / Л. М. Суетина. – М. : Экзамен, 2009. – 320 с.

28. Техническое нормирование операций механической обработки деталей: Учебное пособие. Компьютерная версия. – 2-е изд., перераб. М. М. Мороз, И. И. Гузеев, С. А. Фадюшин. – Челябинск: Изд. ЮУрГУ, 2005. – 65 с.





Навчально-методична література

Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я.

# **ІНСТРУМЕНТАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНІЧНЕ НОРМУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ**

Навчально-методичний посібник

Комп'ютерне макетування та верстка *А. П. Катрич*

Формат 60x90/16. Обл. вид. арк. 6,4. Тираж 15 прим. Зам. № 3214.

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя.

46001, м. Тернопіль, вул. Руська, 56.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4226 від 08.12.11.