

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

**Технологія**  
**машинобудування**  
**Практичні та лабораторні роботи**

**Навчально-методичний посібник**

Житомир  
2023

Рекомендовано до друку **Вченою радою** Державного університету «Житомирська політехніка» МОН України (протокол № 7 від 02 червня 2023 р.)

**Рецензенти:**

**О.А. Охріменко**, докт. техн. наук, професор,  
завідувач кафедри технології машинобудування  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
**М.С. Степанов**, докт. техн. наук, професор, професор  
кафедри технології машинобудування та металорізальних  
верстатів Національного технічного університету  
«Харківський політехнічний інститут»  
**Я.А. Степчин**, канд. техн. наук, доцент,  
заст. завідувача кафедри механічної інженерії  
Державного університету «Житомирська політехніка»

Технологія машинобудування. Практичні та лабораторні роботи: Навчально-методичний посібник / Н.О. Балицька, Л.Є. Глембоцька, О.А. Громовий, В.М. Колеснік, Г.П. Кремнев, О.Л. Мельник, П.П. Мельничук, В.М. Ночвай, О.М. Пилипенко, Л.Г. Полонський, В.А. Яновський. – Житомир: «Житомирська політехніка», 2023. – 171 с.

**ISBN**

У посібнику наведені методичні матеріали і рекомендації, необхідні студентам для підготовки та виконанні практичних і лабораторних робіт під час вивчення навчальних дисциплін «Теоретичні основи технології машинобудування» та «Технологія виготовлення типових деталей», а також методичні рекомендації стосовно вирішення питань, які виникають при проектуванні технологічних процесів механічної обробки деталей.

Посібник призначений для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування» та може бути корисним при виконанні самостійних, курсових і кваліфікаційних робіт.

УДК 621.91.002

**ISBN**

© Н.О. Балицька, 2023

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	4
<b>1. ОХОРОНА ПРАЦІ</b>	
<b>І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ</b> .....	5
1.1. Загальні вимоги .....	5
1.2. Спеціальні вимоги при роботі на металорізальному обладнанні та складально-розбірних стендах .....	5
<b>2. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (практичні роботи)</b> .....	7
2.1. Технологічний аналіз креслення деталі .....	7
2.2. Методи досягнення точності та шорсткості поверхонь при механічній обробці .....	13
2.3. Розрахунок припусків і проміжних розмірів (табличний метод) .....	20
2.4. Розрахунок припусків і проміжних розмірів (аналітичний метод) .....	27
2.5. Дослідження продуктивності та економічності методів відрізки прокату .....	35
2.6. Дослідження методів лиття по дерев'яних і металевих моделях ...	41
2.7. Визначення режимів різання при механічній обробці .....	47
2.8. Визначення норми часу на операцію фрезерування .....	56
2.9. Обґрунтування доцільності вибору механізованого пристосування .....	64
2.10. Дослідження зношування інструментів і пристосувань та розрахунок їх необхідності .....	67
2.11. Аналіз заводського технологічного процесу механічної обробки типової деталі .....	73
2.12. Аналіз заводської документації на технологічну операцію механічної обробки .....	84
2.13. Економічний аналіз варіанта технологічного процесу (операції, методи обробки) .....	95
2.14. Вибір найбільш економічного варіанту технологічного процесу (операції) .....	102
2.15. Проектування дільниці механічного цеху .....	108
<b>3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (лабораторні роботи)</b> .....	117
3.1. Дослідження точності малих отворів при свердлінні на універсальних верстатах .....	117
3.2. Дослідження основних показників процесу шліфування .....	124
3.3. Дослідження постійності розмірів у партії типу тіл обертання при обробці на роботизованому технологічному комплексі (РТК) .....	129
3.4. Програмування токарно-гвинторізного верстата мод. 16К20Ф30 з оперетивною системою (ОС) ЧПК 2Р22 .....	132
3.5. Обробка отворів і розробка керуючої програми для свердлильного верстата з ЧПК мод. 2Р135Ф2 .....	154
<b>ЛІТЕРАТУРА</b> .....	170

## **ВСТУП**

Методичний посібник з курсу «Технологія машинобудування» розроблено відповідно до вимог із формування у студентів умінь і навичок практичної роботи.

Зміст робіт відповідає окремим темам курсу, особливо тим, що викликають деякі складнощі для засвоєння та розуміння матеріалу, а також темам – основним у подальшій інженерній практиці.

Кожна робота містить мету, завдання, загальні положення теоретичної частини курсу, завдання у декількох варіантах, порядок виконання роботи, приклад рішення або дослідження задач одного варіанта завдання, висновки, зміст звіту і список літератури. Наприкінці роботи наведені питання для самоперевірки знань, отриманих студентом.

Всі роботи побудовані так, щоб за дві академічні години студент міг отримати результат. Деякі роботи, обсяг яких перевищує дві години, можуть бути розділені на декілька частин, при цьому кожна з них має свій проміжний результат.

Оформлення протоколів робіт під час заняття бажане, але не завжди реалізується, тому студенти етап оформлення повинні виконати самостійно і здати готовий протокол керівнику на наступному занятті.

Для підготовки магістрів у даному переліку є декілька робіт дослідницького плану, наприклад: «Дослідження продуктивності і економічності методів відрізання прокату», «Дослідження методів лиття по дерев'яних і металевих моделях», «Дослідження зношування інструментів та пристосувань і розрахунок їхньої необхідності» тощо. Автори вважають, що така спрямованість цих робіт не погіршує підготовку фахівців, а навпаки – розширює її рамки та глибину засвоєння.

За загальним обсягом склад перевищує нормативну кількість годин, але це дає можливість викладачу варіювати завданнями на лабораторно-практичному занятті з однієї теоретичної теми.

Наприклад, по розділу «Обґрунтування вибору заготовок» цей підхід можна реалізувати на прикладі заготовок із прокату, заготовок-відливок або заготовок-поковок.

По розділу «Припуски» може бути обґрунтований метод їх розрахунку за таблицями або аналітичний і т. д.

# **1. ОХОРОНА ПРАЦІ І ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ПРИ ВИКОНАННІ РОБІТ**

## **1.1. Загальні вимоги**

До початку роботи студенти повинні:

1. Ознайомитись з правилами техніки безпеки, пройти інструктаж і розписатись в журналі.
2. Ознайомитись з завданням і лабораторним обладнанням, на якому виконуватиметься робота.
3. Категорично забороняється вмикати і вимикати обладнання, на якому не виконуватиметься дана лабораторна робота.
4. Не дозволяється торкатись електрообладнання, клем, електричних дротів, арматури загального освітлення і відчиняти дверцята електрошаф.
5. Забороняється без дозволу викладача розпочинати виконання роботи.
6. Забороняється працювати в лабораторії самому. Обов'язкова присутність другої особи необхідна для надання допомоги працюючому в разі нещасного випадку.
7. В разі нещасного випадку необхідно вимкнути обладнання, негайно надати першу медичну допомогу потерпілому, оповістити викладача і доставити потерпілого до медичного закладу.
8. По завершенню роботи необхідно знеструмити верстат і привести робоче місце в належний стан.

## **1.2. Спеціальні вимоги при роботі на металорізальному обладнанні та складально-розбірних стендах**

Перед початком роботи необхідно:

1. Привести до ладу робочий одяг: застібнути рукава халата, одягнути головний убір для уникнення затягування одягу та волосся рухомими частинами верстата.
2. Перевірити наявність на верстаті огорож, заземлення та їхню неушкодженість.
3. Оглянути і перевірити працездатність допоміжного та різального інструменту. Гайкові та патронні ключі повинні точно відповідати розмірам гайок і голівок болтів.
4. Перевірити дію та справність блокувальних та сигнальних пристроїв станції керування верстатами.
5. За допомогою кнопок і перемикачів верстатів і пристроїв ЧПК перевірити чіткість спрацьовування магнітних пускачів і реле.
6. Встановити заготовку та різальний інструмент.

7. Перед виконанням складально-розбірних робіт перевірити міцність закріплення складальної одиниці в пристосуванні або у лещатах.

8. Дозволяється працювати тільки справним інструментом. Молоток повинен бути міцно насадженим на держак і розклиненим.

9. У випадку заїдання гайки не можна бити молотком по ключу, а також нарощувати ключ іншим ключем або трубою.

Під час роботи необхідно:

1. Слідкувати за тим, щоб усі рухомі частини верстата були огорожені кожухами, екранами та іншими захисними пристосуваннями.

2. Користуватись захисними окулярами.

3. Не видаляти стружку руками.

4. Не проводити вимірювання деталі на ходу верстата.

5. Працювати на верстатах тільки під керівництвом лаборанта.

Після завершення роботи необхідно:

1. Вимкнути верстати та інше лабораторне обладнання, вимкнути подачу електроенергії.

2. Привести до нормального стану робоче місце: очистити верстати від стружки і змастити їх, протерти пристосування та інструменти, розкласти на свої місця.

3. Здати робоче місце викладачу або лаборанту.

## 2. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

### 2.1. Технологічний аналіз креслення деталі

**Мета роботи:** ознайомити студентів з інформацією на кресленні деталі; навчити використовувати цю інформацію на подальших етапах виготовлення або ремонту деталі.

#### 1. Загальні відомості

1. Продукція машинобудування – це вироби, що можуть бути у вигляді машин, механізмів, установок тощо.

Вироби можуть бути простими, складними та комплексними.

Прості вироби складаються з деталей або деталей і складальних одиниць.

**Деталь** – це частина виробу, що не піддається складанню.

**Складальна одиниця** – це частина виробу, що піддається складанню. У свою чергу, складальна одиниця є одиницею 1-го порядку, якщо вона складається тільки з деталей, та 2-го і більш високих порядків, якщо до неї входять деталі, інші складальні одиниці та покупні вироби (тобто, ті, що не виготовляються на підприємстві, а є придбаними).

Складні вироби складаються з деталей, складальних одиниць різного порядку та груп.

**Група** – це складальна одиниця, для випуску якої необхідне організоване виробництво. Група може складатися з деталей, складальних одиниць та інших груп.

#### 1.2. Вміст креслення деталі.

Вміст креслення деталі визначається інформацією у графічній або текстовій його частинах.

##### 1.2.1. Графічна частина.

В цій частині на проекціях, розрізах, перетинах або видах показані елементи деталі, їх розміри, допуски, взаємне розташування, вимоги до шорсткості поверхонь, особливі вимоги до якості або точності.

Для систематизації роботи зі збору та обробки інформації поверхні креслення деталі в цій частині шифрують цифрами у визначеному порядку (за годинниковою стрілкою або проти), наприклад,  $\varnothing 50h7 = \textcircled{5}$ .

##### 1.2.2. Текстова частина.

У цій частині креслення в штампі або над ним (у технічних вимогах) дається інформація по шифру деталі; матеріалу; масі; вимогах твердості; міцності; точності та відхиленнях від точності; маркуванню; покриттях тощо.

Від повноти цієї інформації багато в чому залежать кінцеві характеристики деталі та її вартість.

Для проведення аналізу кожному студенту видається креслення деталі – типового представника того або іншого класу деталей, і студент повинен визначити місце цієї деталі у складальній одиниці або у машині в цілому та хоча б орієнтовно визначитись з функціями цієї деталі у відповідній структурі. Оскільки студенти вже освоїли курс «Деталі машин», вони знають конструкцію та призначення валів, зубчастих коліс, фланців, кришок і корпусів, наприклад, стандартних редукторів. На прикладі цих деталей і буде побудована подальша робота у ході заняття.

**Методичні вказівки.** Викладач видає групі студентів набір креслень валів, зубчастих коліс, кришок, втулок, циліндрів тощо і кожен студент на своєму об'єкті проводить аналіз у такому порядку (для прикладу взято креслення зубчастого колеса – дод. № 2.1).

**1.3.** У штампі креслення знаходимо:

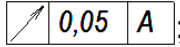
- шифр деталі: КК.002.087.007;
- найменування деталі: «Шестерня»;
- завод-виробник (проектант): СКБ СВ;
- маса деталі: 0,9 кг;
- матеріал: сталь 40Х (ДСТУ 7806:2015).

**1.4.** Над штампом знаходимо:

- всі розміри на кресленні без позначення допусків: для охоплених поверхонь –  $h14$ , охоплюючих –  $H14$ , інших –  $\pm\frac{1}{2}H14$ ;
- твердість:  $HRC_e 56$ ;
- зовнішня поверхня має покриття: хімічне оксидування;
- номер деталі 007 слід нанести на бирці форми 003 і закріпити на деталі.

**1.5.** На графічному зображенні помітимо всі поверхні від № 1 до № 52 і знайдемо:

– габарити деталі –  $\varnothing 74 \times L36$  (відзначимо, що  $d$  (діаметр, мм) /  $L$  (довжина, мм) мають співвідношення  $36 / 74 < 1$ , тобто, деталь є довгою і тому нестійкою на циліндрі);

- найточніша поверхня –  $\varnothing 28h7$ ;
- поверхня з мінімальною шорсткістю –  $\varnothing 28h7, Ra 0,63$  мкм;
- найменше відхилення розташування – ;
- базова поверхня –  $\varnothing 28h7$  (має знак ▲).

**1.6.** У правому верхньому куті креслення наведено індекс  $\sqrt{10}$ , який означає, що шорсткість поверхонь, не вказана на графічній частині, становить  $Ra 10$  мкм.



**1.7.** Отримавши весь набір інформації, вказаної у пп. 2.1–2.4, який називається конструкторським, проведемо її аналіз із точки зору технолога-виробника цієї деталі.

**1.7.1.** Найменування деталі – «Шестерня» – вказує на те, що це представник класу деталей «зубчасті колеса», який має певну функцію. У даному випадку – передача крутних моментів або сигналів керування в якомусь механізмі.

Назва підприємства-виробника (проектанта) – СКБ СВ (спеціалізоване конструкторське бюро спеціальних верстатів) – дає уявлення про галузь машинобудування та про обсяги виробництва. У нашому випадку – це верстатобудування з випуском верстатів серіями, а деталей – партіями.

Маса – 0,9 кг – дозволяє зрозуміти, що деталь легка і людина може маніпулювати нею руками (обмеження – до 12 кг для жінок і до 16 кг для чоловіків).

Матеріал – сталь 40Х – інформація повідомляє, що деталь виготовляється з легованої сталі підвищеної міцності, а, отже, її обробка може бути ускладнена.

**1.7.2.** Твердість  $HRC_e 56$  – повідомляє про необхідність термообробки: гартування, гартування з відпуском тощо, тобто, у технологічному процесі необхідно буде передбачити додаткову термічну операцію, яку звичайно виконують у спеціалізованих умовах термічного цеху або дільниці.

Покриття – хімічне оксидування – вказує на необхідність виконання додаткової операції – гальванічної, хіміко-термічної або іншої після виконання всіх операцій обробки.


Номер 007 на бирці говорить про необхідність додаткової операції клеймування, маркування або слюсарної обробки після всіх операцій, щоб деталь можна було легко ідентифікувати.

**1.7.3.** Габарити деталі (крім стійкості на циліндрі, про яку вже йшла мова) вказують на потенційні розміри робочої зони верстата або пристосування. У нашому випадку габарити –  $\varnothing 74 \times 36$  мм (менше 500 мм по довжині і менше 100 мм по діаметру) – допускають використання верстатів нормальних розмірів, а не, наприклад, подовжених.

Точність  $\varnothing 28 h7$  і шорсткість  $Ra 0,63$  мкм потенційно повідомляють про складність їх забезпечення. За наведеним прикладом потрібно виконати декілька етапів обробки, щоб отримати  $h7$  та  $Ra 0,63$  мкм, тобто, технологічний процес буде багатоетапним.

Загальновідомо, що після попередньої (чорнової) обробки точність буде  $h12$ , після чистової –  $h9-h10$ , після фінішної –  $h7-h8$ .

Відхилення 

	0,05	A
---	------	---

 говорить про биття поверхні, до якої спрямована стрілка знаку, по відношенню до базової. Навіть, якщо допуск цієї поверхні

буде значно більшим 0,05 мм, нам доведеться його робити якнайменшим, тобто, ускладниться процес виготовлення.

Знак ▲ – на думку конструктора – це поверхня, через яку деталь приєднуватиметься до машини, тобто, основна конструкторська база. Наявність таких знаків підказує технологю вибір однієї або декількох поверхонь для установки деталі на верстат або у пристосування (так звані технологічні бази).

**1.7.4.** Наявність знаку *Ra* 10 мкм на більшій частині поверхонь говорить про відносно прості і доступні методи їх обробки для забезпечення необхідної шорсткості.

Таким чином, технологічний аналіз креслення дає уявлення про ті складнощі, які очікуються при проектуванні технологічного процесу, і можливі контрзаходи щодо їх усунення або зменшення.

## 2. Порядок виконання роботи

2.1. Отримати завдання у викладача.

2.2. Позначити всі поверхні деталі порядковими номерами від 1 і до кінця.

2.3. Знайти інформацію за аналогією до «Методичних вказівок» (див. с. 5–8).

2.4. Занести інформацію до табл. 2.1.1.

2.5. Дати якісну характеристику деталі та її особливостям.

Таблиця 2.1.1

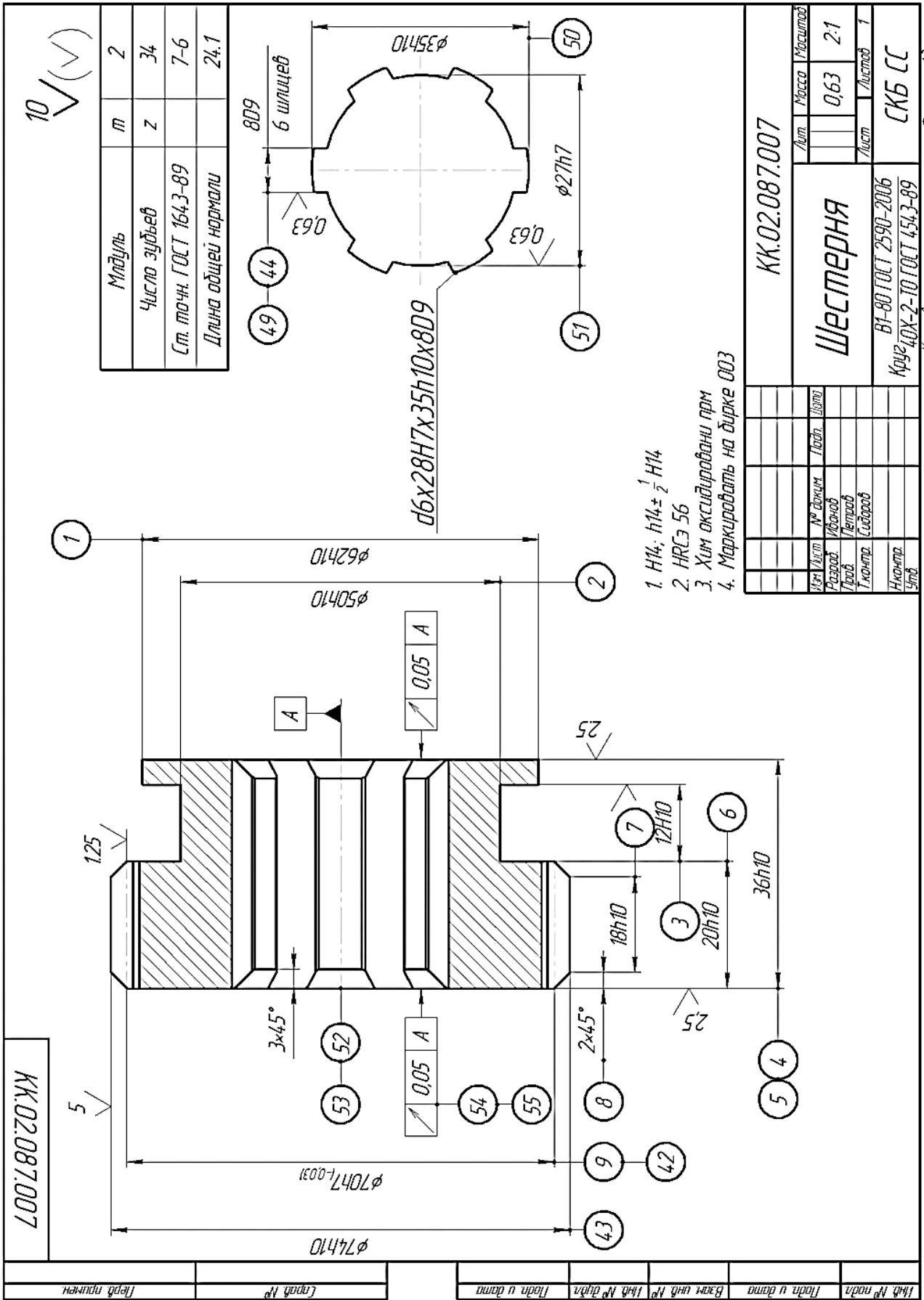
**Робоча таблиця**

№ з/п	Розмір, мм	Квалітет точності поверхні	Шорсткість поверхні <i>Ra</i> , мкм	Відхилення форми або розміру	Інші відомості
1	Ø62	<i>h</i> 10	2,5	–	–
2	Ø50	<i>h</i> 10	2,5	–	–
3	12	<i>H</i> 10	2,5	–	–
4	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...

## 3. Зміст звіту

Звіт складається з креслення деталі, табл. 2.1.1 і текстової характеристики деталі.

**4. Література:** [1, 7–8, 10–11].



## **5. Запитання для самоконтролю**

### **5.1. Інформація про матеріал деталі подається:**

- 1) у відомостях процесу;
- 2) у кутовому штампі креслення;
- 3) у кресленні складальної одиниці;
- 4) на полі креслення;
- 5) у правому верхньому куті креслення.

### **5.2. Деталь – це частина машини, отримана:**

- 1) без застосування складальних операцій;
- 2) без термічного впливу;
- 3) без нагрівання;
- 4) без проведення Y-контролю;
- 5) без зварювання.

### **5.3. Інформація про твердість деталі знаходиться:**

- 1) у кутовому штампі креслення;
- 2) у технічних вимогах креслення;
- 3) у складальному кресленні;
- 4) у паспорті машини;
- 5) у технічному описі.

## 2.2. Методи досягнення точності і шорсткості поверхонь при механічній обробці

**Мета роботи:** ознайомити студента з деякими варіантами досягнення точності і шорсткості поверхні при механічній обробці; навчити вибирати їх відповідно до завдання.

### 1. Загальні відомості

Відомо, що різноманіття деталей машин будується на тому, що будь-яка деталь складається з набору поверхонь. У деталях застосовують поверхні, різні за походженням, за точністю і параметрами якості, за виконуваними функціями.

За походженням поверхні можуть бути: зовнішніми циліндричними (індекс 1), внутрішніми циліндричними – отворами (2), зовнішніми конічними (3), внутрішніми конічними (4), плоскими (5), різьбовими (6), фасонними (7).

З теорії різання відомо, що отримати такі поверхні можна шляхом переміщення прямої за певними траєкторіями. Наприклад, зовнішній циліндр отримують шляхом обертання на  $360^\circ$  однієї прямої по відношенню до нерухомої іншої прямої так, щоб маса перебувала всередині отриманого циліндра і т. д.





За функціями поверхні поділяють на виконавчі, основні, допоміжні та вільні.

За точністю поверхні можуть бути грубими, якщо їхні допуски лежать у межах  $IT14$ – $IT12$ , нормальними –  $IT12$ – $IT9$ , точними –  $IT8$ – $IT6$ , особливо точними – менше  $IT6$ .

Основна маса поверхонь деталей (до 75%) виготовляється за  $IT10$ – $IT14$  і лише близько 25 % мають більш високу точність.

Крім номінальної точності, тобто, допуску на розмір поверхні, ця поверхня може бути пов'язана по точності з іншими поверхнями (по паралельності, перпендикулярності, співвісності, биттю тощо).

На кресленнях ці зв'язки позначають так:

	0,1	A	– биття поверхні, до якої направлена стрілка, по відношенню до базової А не більше 0,1;
	0,1	A	– відхилення від паралельності;
	0,1	A	– відхилення від перпендикулярності;
	0,1	A	– відхилення від симетричності.

Може бути зроблене і словесне позначення таких зв'язків у технічних умовах креслення, наприклад:

1. Биття поверхні Б по відношенню до базової А не більше 0,1 мм тощо.

За показниками якості (частіше всього під цими показниками маємо на увазі шорсткість) поверхні можуть бути грубої ( $Ra > 5-10$  мкм), нормальної ( $Ra 1,25 \dots 5,00$  мкм) та малої шорсткості ( $Ra$  менша 1,25 мкм).

Якщо на кресленні наведено значення шорсткості поверхні  $Rz$  (мкм), то з деякою похибкою можна вважати, що  $4Ra = Rz$  і користуватися цим співвідношенням для порівняння.

За нормальних вимог до точності та якості поверхні допуск  $IT$  і шорсткість  $Ra$  повинні приблизно відповідати один одному (табл. 2.2.1).

Таблиця 2.2.1

### Зв'язок точності і шорсткості поверхні

Перехід			
Остаточний		Попередній	
Квалітет точності	Шорсткість $Ra$ , мкм	Квалітет точності	Шорсткість $Ra$ , мкм
5	0,16	8	0,63
6	0,32	11	1,25
8	1,25	13	2,5
8	0,63	13	5
11-13	4-5	14-16	10
11-14	10	14-16	20

У табл. 2.2.2–2.2.6 наведені довідникові дані з економічно доцільної точності і шорсткості поверхонь певного походження. Економічно доцільними вважають такі точність і якість, яких можна досягти з найменшими витратами.

Таблиця 2.2.2

### Економічна точність та шорсткість зовнішніх циліндричних поверхонь при різних методах обробки поверхонь (код 1, 3)

№ з/п	Перехід МОП	Квалітет точності	Шорсткість поверхні $Ra$ , мкм
1	2	3	4
1	Обточування одноразове	12	1-05
2	Те ж саме попереднє Те ж саме чистове	11-10	5,0-2,5
3	Те ж саме одноразове Шліфування одноразове	10-9	2,50-0,63
4	Обточування попереднє Те ж саме чистове Шліфування одноразове	9-7	1,25-0,63
5	Обточування попереднє Те ж саме чистове Те ж саме тонке	8-7	0,63-0,32

1	2	3	4
6	Обточування одноразове Шліфування попереднє Те ж саме чистове	8–6	0,63–0,32
7	Обточування попереднє Те ж саме чистове Шліфування попереднє Те ж саме чистове	6	0,63–0,32
8	Обточування попереднє Те ж саме чистове Шліфування попереднє Те ж саме тонке	7–5	0,32–0,16

Таблиця 2.2.3

**Економічна точність та шорсткість внутрішніх циліндричних поверхонь при різних методах обробки поверхонь (код 2, 4)**

№ з/п	Перехід МОН	Квалітет точності	Шорсткість поверхні <i>Ra</i> , мкм
1	2	3	4
<b>У СУЦІЛЬНОМУ МАТЕРІАЛІ</b>			
1	Свердління	12	40–20
2	Свердління та зенкерування	11	10,0–2,5
3	Свердління та розвертання	9	5,00–1,25
4	Свердління та протягування	9	2,50–0,32
5	Свердління, зенкерування та розвертання	9	2,50–0,63
6	Свердління та дворазове розвертання	8–7	2,50–0,32
7	Свердління, зенкерування та дворазове розвертання	8–7	1,25–0,32
8	Свердління, зенкерування та шліфування	8–7	1,25–0,32
9	Свердління, протягування та калібрування	8–7	1,25–0,32
<b>У ПОПЕРЕДНЬО СФОРМОВАНОМУ ОТВОРІ</b>			
1	Зенкерування або розточування	12	10,0–2,5
2	Розсвердлювання	12	40–5
3	Двократне зенкерування або дворазове розточування	11	20–5
4	Зенкерування або розточування та розвертання	9	5,00–1,25
5	Зенкерування та розточування	9	10,00–1,25
6	Двократне зенкерування та розвертання або дворазове розточування та розвертання	9	2,50–0,63

Закінчення табл. 2.2.3

1	2	3	4
7	Зенкерування або розточування та дворазове розвертання	8–7	1,25–0,16
8	Зенкерування або дворазове розточування та дворазове розвертання або тонке розточування	8–7	1,25–0,16
9	Прогресивне протягування та шліфування	8–7	0,32–0,04
10	Зенкерування або дворазове розточування та хонінгування	8–7	0,32–0,04
11	Зенкерування та розточування, тонке розточування та хонінгування	8–7	0,16–0,02

Таблиця 2.2.4

**Економічна точність та шорсткість плоских поверхонь  
при різних методах обробки поверхонь (код 5)**

№ з/п	Перехід МОП	Квалітет точності	Шорсткість поверхні <i>Ra, мкм</i>
1	Стругання або фрезерування циліндричними та торцевими фрезами: – чорнове – напівчистове та одноразове – чистове – тонке	14–11	20,00–1,25
		12–11	5,00–1,25
		10	2,50–0,63
		9–7	2,50–0,16
2	Протягування: – чорнове відлитих і штампованих поверхонь – чистове	11–10	5,00–0,63
		9–7	2,50–0,32
3	Шліфування: – одноразове – попереднє – чистове – тонке	9–8	2,50–0,16
		9	2,50–0,32
		8	0,63–0,08
		7	0,32–0,04

Примітки:

1. Відомості у таблиці мають відношення до обробки жорстких деталей габаритами не більше 1000 мм при базуванні по чисто обробленій поверхні та використанні її в якості вимірювальної бази.

2. Тонке фрезерування виконують тільки торцевими фрезами.



Таблиця 2.2.5

**Економічна точність та шорсткість різьбових поверхонь  
при різних методах обробки поверхонь (код 6)**

№ з/п	Перехід МОП	Поле допуску для різей (ДСТУ ГОСТ 16093:2018)		Шорсткість поверхні <i>Ra</i> , мкм
		зовнішніх	внутрішніх	
1	Круглими плашками	8g	–	–5
2	Мітчиками	–	6H	10,0–2,5
3	Фрезерування: – дисковими фрезами	6g	–	10,00–1,25
	– гребінчастими фрезами	6g	–	10,0–2,5
4	Точіння: – різцями	4h	4H; 5H	5,00–0,63
	– гребінками	6g	–	10,00–0,63
	– вихровим методом	6g	6H	5,00–1,25
5	Саморозкривними голівками	4h	–	10,00–1,25
6	Накатування: – плоскими плашками	6g	–	1,25–0,32
	– різенакатними роликками	4g–6g	–	1,25–0,32
		–	–	1,25–0,16

Таблиця 2.2.6

**Економічна точність та шорсткість поверхні зубів зубчастих коліс  
при різних методах обробки поверхонь (код 7)**

№ з/п	Перехід МОП	Ступінь точності (ДСТУ ГОСТ 30803:2018)	Шорсткість поверхні <i>Ra</i> , мкм
1	Фрезерування: – попереднє	9–10	20,0–2,5
	– чистове дисковими фрезами	8–9	10–5
	– чистове черв'ячними фрезами	7–8	10–5
2	Довбання чистове	6–8	5,00–0,63
3	Стругання чистове	5–7	3,50–0,63
4	Протягування	6–7	5,00–0,63
5	Шевінгування	6–7	2,50–0,32
6	Шліфування	4–5	1,25–0,16

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Кожен студент на попередніх заняттях здійснював технологічний аналіз креслення деталі та аналіз її технологічності, для чого була проведена нумерація поверхонь та складена таблиця, в якій остання колонка (метод обробки) була залишена резервною.

Цю колонку розділимо на дві частини (код поверхні та варіант методів її обробки (МОП)) і, користуючись табл. 2.2.2–2.2.6, заповнимо інформацією.

На прикладі поверхонь деталі – «Шестерня» КК 002.087.007 – покажемо декілька етапів роботи по заповненню робочої табл. 2.2.7.

Таблиця 2.2.7

**Робоча таблиця**

№ з/п	Поверхня	Характеристика		Методи обробки	
		Квалітет	<i>Ra, мкм</i>	код	склад МОП
1	$\varnothing 62h10$	10	10	1	Точіння чорнове Точіння чистове
4	$\varnothing 36h10$	10	2,5	5	Точіння чорнове Точіння чистове
5	$\varnothing 36h10$	10	2,5	5	Точіння чорнове Точіння чистове
9 – 51	$t = 2 \text{ мм}$	7	1,25	7	Довбання чорнове та чистове
52	$\varnothing 28h7$	7	0,63	2	Зенкерування дворазове, Розвертання

У табл. 2.2.4 наведено інший набір МОП обробки плоских поверхонь, але пропонуємо прийняти той, за яким зовнішній контур і торці можуть бути оброблені на токарних верстатах, тобто одним методом.

На кресленні деталі наявність зв'язаних точністю поверхонь дозволяє надати наступні технологічні рекомендації:

1. Обробку поверхні ведуть на базі завдань, наприклад, наступним чином:

↗	0,05	A
---	------	---

 – це реалізується шляхом обточування поверхні (4) на технологічній базі – отвір  $\varnothing 28h7$  – (52).

2. Обидві пов'язані поверхні обробляють одночасно з однієї установки одним МОП, тобто, в прикладі п. 1 плоску поверхню (4) та отвір (52) можна обробити методом точіння та розточування з однієї установки.

У табл. 2.2.2–2.2.6 на один варіант точності та шорсткості поверхні одного коду може бути декілька наборів МОП, тому при виборі МОП для поверхонь з одним кодом бажано його повторювати для уніфікації операцій.

З урахуванням цих рекомендацій слід проаналізувати записи у табл. 2.2.7 і внести, якщо необхідно, корективи.

Після заповнення інформації у табл. 2.2.7 порядок роботи такий:

Запишемо код деталі по набору поверхонь: 1–1 ... 2–2 ... 3–3 ... 4–4 ... 5–5 ... 6–6 ... 7–7. У нашій деталі («Шестерня») – коду 6 немає, а поверхня з кодом 7 повторюється 34 рази (оскільки шестерня має 34 зуби).

### **3. Зміст звіту**

**3.1.** Завданням є креслення деталі середньої складності на 25–50 поверхонь з наявністю однієї або декількох точних поверхонь по  $h6-h8$ .

**3.2.** В звіті наводиться: код деталі, заповнену інформацією табл. 2.2.7 і висновок про складність або простоту виготовлення деталі.

**4. Література:** [1–5, 8, 12–14].

### **5. Питання для самоконтролю**

**5.1. Які поверхні з наведених нижче виконують функції:**

- 1) габаритні;
- 2) виконавчі;
- 3) перехідні;
- 4) зовнішні;
- 5) внутрішні.

**5.2. Якщо деталь приєднується до іншої деталі (т. зв. конструкторська база), то якою поверхнею:**

- 1) основною;
- 2) габаритною;
- 3) зовнішньою;
- 4) внутрішньою;
- 5) бічною.

**5.3. Чи впливає точність поверхні на кількість виконуваних МОП:**

- 1) не впливає;
- 2) впливає;
- 3) вони не пов'язані;
- 4) впливають інші фактори;
- 5) невідомо.

## 2.3. Розрахунок припусків та проміжних розмірів (табличний метод)

**Мета роботи:** навчити студента визначати величину проміжних припусків розрахунково-аналітичним методом, розраховувати міжопераційні розміри з допусками та встановлювати параметри шорсткості при обробці заданої поверхні розглянутої деталі за наміченим планом технологічного процесу.

### 1. Загальні відомості

Категорія припуску (позначається індексом)  $Z$  є найважливішою техніко-економічною категорією технологічного процесу (ТП), від її величини залежить витрати матеріалу, час обробки, витрата інструментів, електроенергії, амортизація верстата та ін.

Прийнято вважати: припуск на кожен технологічний перехід повинен бути мінімальним, але достатнім для здійснення обробки.

На практиці технологи-машинобудівники використовують 2 методи розрахунку припусків – табличний та розрахунково-аналітичний. У даній роботі розглянемо табличний метод.

Вихідними даними для ведення роботи служать:

- а) креслення деталі;
- б) витяги з маршрутного або маршрутно-операційного технологічного процесу обробки деталі або її поверхні (послідовність операцій або її переходів, схема базування заготовки, тип пристосувань та устаткування);
- в) креслення вихідної заготовки (допускається її ескіз);
- г) тип виробництва.

**Аналіз вихідних даних.** При аналізі креслення деталі з'ясовують: найменування деталі; конструкцію, матеріал, масу, технологічні властивості матеріалу; тип виробництва; розміри, форму, точність та якість поверхонь, для яких визначають припуски.

При аналізі креслення заготовки – її вид, спосіб виготовлення, масу, розміри та допуски поверхні, та їх шорсткість. Тут же можна знайти загальні припуски на обробку:  $Z_{\Sigma} = D - d$ , де  $D$  – номінальний розмір заготовки, мм;  $d$  – номінальний розмір деталі, мм.

Зміст операцій або переходів повинен мати відомості про пристосування або спосіб базування та обладнання, а також дані про точність та шорсткість поверхні на кожному з етапів. Ці дані заносять до табл. 2.3.1.

Таблиця 2.3.1

**Відомості про технологічний процес**

№ операції або переходу	Послідовність обробки поверхні	Квалітет або поле допуску	Величина допуску, мкм	Шорсткість, мкм

Вибір здійснюють за таблицями з технологічних довідників або відомих керівних технічних матеріалів. Для обробки зовнішніх циліндрів ці таблиці наведені у додатку до роботи (табл. 2.3.7–2.3.9).

У багатьох джерелах відсутні відомості про величини припуску на першу операцію або перехід  $Z_{10}(Z_1)$ . Цю величину можна отримати розрахунком.

$Z_{10}(Z_1) = Z_{\Sigma} - (Z_{20(2)} + Z_{30(3)} \dots)$ , де  $Z_{20}$ ,  $Z_{30}$  і т. д. – припуски за першою операцією або переходом на наступні, мм.

Отримані значення припусків заносять до табл. 2.3.2.

Таблиця 2.3.2

### Значення проміжних припусків

№	Загальний припуск $Z_{\Sigma}$ , мм	Проміжний припуск				Загальний припуск, мм	
		Позначення	$Z_{10}(Z_1)$	$Z_{20}(Z_2)$	$Z_{30}(Z_3)$		$Z_{40}(Z_4)$
		Величина, мм					

### Розрахунок проміжних номінальних розмірів

Вихідною величиною для розрахунку проміжних (міжопераційних) розмірів при обробці заданої поверхні є розмір цієї поверхні по робочому кресленню із зазначенням поля допуску та шорсткості поверхні. За вихідний розрахунковий розмір приймають при обробці зовнішніх поверхонь обертання – найбільший граничний розмір (номінальний), а при обробці отворів – найменший (номінальний). Решту проміжних розмірів отримують шляхом послідовного додавання до вихідного розміру проміжних припусків в порядку, зворотному ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні.

Якщо припустити, що зовнішня циліндрична поверхня буде оброблена за 4 операції (переходи), то:

$$d_4 = d_{\text{виробу}}; d_3 = d_4 + z_4; d_2 = d_3 + z_3; d_1 = d_2 + z_2 \text{ і } d_{\text{заг}} = d_1 + z_1,$$

де  $(d_4 - d_3)$  – проміжні розміри у, мм;  $(z_4 - z_3)$  – припуски у, мм.

Для внутрішніх поверхонь при тих самих 4-х операціях (переходах):

$$d_4 = d_{\text{виробу}}; d_3 = d_{\text{виробу}} - z_4; d_2 = d_3 - z_3; d_1 = d_2 - z_2; d_{\text{заг}} = d_1 - z_1,$$

До кожного проміжного розміру дописують поле допуску (квалітет) та цифрове його значення, а також параметр шорсткості поверхні, наведені у табл. 2.3.1, та заповнюють табл. 2.3.3.

Таблиця 2.3.3

### Проміжні розміри та допуски

№ операції (переходу)	Розмір поверхні та припуск	Позначення розміру та припуску	Проміжний розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм

## 2. Порядок виконання роботи

Перед початком заняття студенти отримують креслення деталі – вала, з яким будуть працювати по призначенню припусків. Хід виконання роботи покажемо на прикладі завдання № 1 (рис. 2.3.1).

Маємо реальний об'єкт – деталь (рис. 2.3.1). Тип виробництва – серійне.

Вал редуктора виготовлений зі сталі 40Х твердістю  $HRC_e 30\dots35$ , масою 15,9 кг. Він має співвідношення  $l/d < 10$ , наприклад, для шийки  $\varnothing 64$  мм це співвідношення буде  $\frac{415}{64} \cong 6,5$ , тобто, це жорсткий вал. Він характерний тим, що має низку точних поверхонь за 6, 8, 9 квалітетами і вільних по  $H14$ .

Шийки зменшуються з обох боків вала, доступ до них, до паза та канавок вільний, габарити вала:  $L_{заг} = 415$  мм;  $d_{max} = 95$  мм.

В якості прикладу розрахунку припусків візьмемо одну поверхню  $\varnothing 80$  мм ( $Ra 0,63$  мкм) довжиною 132 мм.

У відповідності з рекомендаціями ця циліндрична поверхня обробляється за 4 етапи – операції та відомості про це наведені у табл. 2.3.4.

Таблиця 2.3.4

### Відомості про технологічний процес

№ операції	Послідовність обробки поверхні	Квалітет і поле допуску	Величина допуску, мм	Шорсткість $Ra$ , мкм
10	Токарна попередня	12( $h12$ )	-0,35	20
20	Токарна чистова	9( $h9$ )	-0,087	5
30	Токарна чистова	9( $h9$ )	-0,087	5
40	Шліфувальна чистова	6( $m6$ )	+0,030 +0,011	0,63

Примітка: Спосіб базування при точінні та шліфуванні – в центрах.

Заготовка вала – штамповка на молотах масою 18,95 кг. Розміри основних шийок:  $\varnothing 86,6_{-0,7}^{+1,3}$ ;  $\varnothing 101_{-0,7}^{+1,3}$ ;  $\varnothing 86,6_{-0,7}^{+1,3}$ ;  $\varnothing 70_{-0,5}^{+1,2}$  (мм). Шорсткість поверхні  $Ra = 60$  мкм. Коефіцієнт використання матеріалу  $K_{вм} = M_0 / M_3 = 15,9 / 18,95 \approx 0,84$ , що є цілком прийнятним.

Загальний припуск на шийку  $\varnothing 80m6$  визначаємо так:

$$Z_{\Sigma} = d_{заг\ ном} - d_{дет\ ном} = 86,6 - 80 = 6,6 \text{ мм.}$$

За табл. 2.3.7 визначимо припуск на чистове точіння до термообробки: діапазон  $\varnothing 80$ :  $120 - Z_{20} = 1,5$  мм; а за табл. 2.3.8 – на шліфування після термообробки:  $t_{30} = 0,3$  мм, а  $Z_{40} = 0,2$  мм. Заповнюємо табл. 2.3.5. При цьому:

$$Z_{10} = Z_{\Sigma} - (Z_{20} + Z_{30} + Z_{40}) = 6,6 - (1,5 + 0,3 + 0,2) = 4,6 \text{ мм.}$$

Таблиця 2.3.5

## Значення проміжних припусків

№ поверхні	Загальний припуск $Z_{\Sigma}$ , мм	Проміжний припуск				Загальний припуск, мм
		$Z_{10}$ , мм	$Z_{20}$ , мм	$Z_{30}$ , мм	$Z_{40}$ , мм	
Ø80m6	6,6	4,6	1,5	0,3	0,2	6,6

Після встановлення проміжних припусків визначимо міжопераційні розміри та складемо табл. 2.3.6.

Таблиця 2.3.6

## Проміжні розміри та допуски

№ операції	Найменування розміру та припусків	Позначення розміру та припуску	Проміжний розмір, мм	Шорсткість $Ra$ , мкм
40	Діаметр шийки готової деталі	$d_{крес} = d_{дет}$	$80m6^{(+0,03}_{+0,011})$	0,63
	Вихідний розрахунковий розмір. Припуск під чистове шліфування	$d_{вих}$  $Z_{40}$	80,03  +0,2	–  –
30	Діаметр шийки після шліфування. Припуск на чорнове шліфування	$d_{розр}$  $Z_{30}$	$80,23h7(-0,035)$  +0,3	1,25  –
20	Діаметр шийки після чистового точіння. Припуск на чистове точіння	$d_{розр}$  $Z_{20}$	$80,53(-0,087)$  +1,5	5  –
10	Діаметр шийки після попереднього точіння. Припуск на попереднє точіння	$d_{розр}$  $Z_{10}$	$82,03(-0,35)$  +4,6	20  –
0	Діаметр заготовки-штамповки	$d_{розр}$	$86,63^{*+1,3}_{-0,7}$	60
*	Відкоригуємо розмір так, щоб знаки в цифрах допусків і припусків співпадали	$d_{розр}$	$86,6^{+1,3}_{-0,7}$	60

## 3. Зміст звіту

3.1. Найменування роботи.

3.2. Ескіз деталі (рис. 2.3.1), аналіз її параметрів і початкових умов.

3.3. Табл. 2.3.7–2.3.9 із цифровими значеннями припусків і розмірів.

3.4. Висновки та пропозиції.

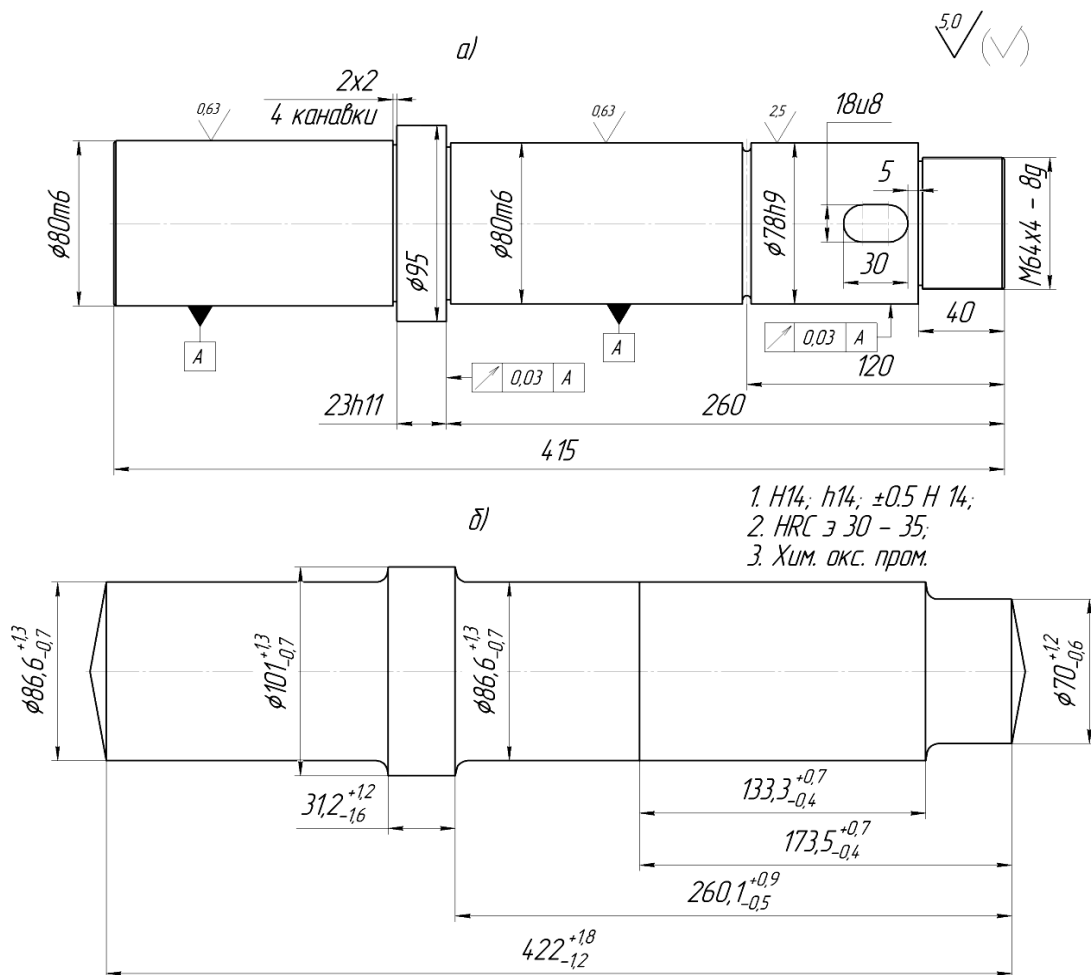


Рис. 2.3.1 Вал (а) та його заготовка (б)

Таблиця 2.3.7

### Зовнішнє обточування деталей

Діаметр, мм	Припуск Z на діаметр, мм						Всі довжини	
	Чорнове обточування термічно необроблених і оброблених		Чистове обточування				Допуск на діаметр, мм	
			Термічно необроблених		Термічно оброблених		Грубе обточування (14 квалітет)	Чорнове обточування (12 квалітет)
	Довжини, мм							
	до 200	> 200 < 400	до 200	> 200 < 400	до 200	> 200 < 400		
Від 3 до 6	—	—	0,5	—	0,8	—	-0,30	-0,16
Від 6 до 10	1,5	1,7	1,0	1,0	1,0	1,3	-0,36	-0,20
Від 10 до 18	1,5	1,7	1,0	1,3	1,3	1,5	-0,43	-0,24
Від 18 до 30	2,0	2,2	1,3	1,3	1,3	1,5	-0,52	-0,28
Від 30 до 50	2,0	2,2	1,4	1,5	1,5	1,9	-0,62	-0,34
Від 50 до 80	2,3	2,5	1,5	1,8	1,8	2,0	-0,74	-0,40
Від 80 до 120	2,5	2,8	1,5	1,8	1,8	2,0	-0,87	-0,46
Від 120 до 180	2,5	2,8	1,8	2,0	2,0	2,3	-1,00	-0,53
Від 180 до 260	2,8	3,0	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,15	-0,60
Від 260 до 360	3,0	3,3	2,0	2,3	2,3	2,5	-1,35	-0,68

Примітка. При обточуванні деталей з уступами припуск призначається в залежності від загальної довжини деталі та найбільшого діаметра.



Таблиця 2.3.8

## Зовнішнє шліфування деталей після чистового обточування

Діаметр, мм	Припуск Z на діаметр, мм					Допуск на діаметр, мм	
	1-й варіант	2-й варіант		3-й варіант		Чистове обточування під остаточне шліфування 1-го варіанту і чорнове шліфування 3-го варіанту (10 квалітет)	Чорнове шліфування 2-го варіанту (8 квалітет)
	Остаточне термічно необроблених та оброблених	Після термообробки		Чорнове до термообробки	Чистове після термообробки		
	чорнове	чистове					
Від 3 до 6	0,2	0,15	0,05	–	–	– 0,08	– 0,025
Від 6 до 10	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	– 0,10	– 0,030
Від 10 до 18	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	– 0,12	– 0,035
Від 18 до 30	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	– 0,14	– 0,045
Від 30 до 50	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	– 0,17	– 0,05
Від 50 до 80	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	– 0,20	– 0,06
Від 80 до 120	0,5	0,3	0,2	0,3	0,5	– 0,23	– 0,07
Від 120 до 180	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	– 0,26	– 0,08
Від 180 до 260	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	– 0,30	– 0,09
Від 260 до 360	0,8	0,5	0,3	0,5	0,8	– 0,34	– 0,10

Таблиця 2.3.9

## Шліфування валів на безцентрових верстатах

Діаметр, мм	Припуск Z на діаметр, мм								Допуск на діаметр, мм			
	1-й варіант				2-й варіант	3-й варіант		4-й варіант		Чистове обточування під остаточне шліфування та чорнове 4-го варіанту (10 квалітет)	Чорнове шліфування 3-го варіанту (8 квалітет)	
	Остаточне пруткового матеріалу без обточування					Після термообробки	Чорнове до термообробки	Чистове після термообробки				
	Термічно необроблених		Термічно оброблених		Остаточне термічно оброблених та необроблених				чорнове	Чистове		
холодно-тягнені	гаряче-катані	холодно-тягнені	гаряче-катані									
Від 3 до 6	0,3	0,5	0,3	0,5	0,2	0,15	0,05	0,1	0,2	– 0,08	– 0,025	
Від 6 до 10	0,3	0,6	0,3	0,7	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	– 0,10	– 0,030	
Від 10 до 18	0,5	0,8	0,6	1,0	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	– 0,12	– 0,035	
Від 18 до 30	0,6	1,0	0,8	1,3	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	– 0,14	– 0,045	
Від 30 до 50	0,7	–	1,3	–	0,4	0,3	0,1	0,3	0,4	– 0,17	– 0,050	
Від 50 до 80	–	–	–	–	0,4	0,3	0,1	0,3	0,5	– 0,20	– 0,060	

#### 4. Література: [1–2, 4–5]

#### 5. Запитання для самоконтролю

##### 5.1. Припуск – це шар матеріалу, в якому містяться

- 1) дефекти;
- 2) тріщини;
- 3) раковини;
- 4) окалина;
- 5) пісок.

##### 5.2. Припуск на обробку можна визначити з виразу:

- 1)  $H_i = H1 + H2 + H3 + H4$ ;
- 2)  $Z_i = Z1 + Z2 + Z3 + Z4$ ;
- 3)  $A_i = A1 + A2 + A3 + A4$ ;
- 4)  $B_i = B1 + B2 + B3 + B4$ ;
- 5)  $X_i = X1 + X2 + X3 + X4$ .

##### 5.3. Припуск повинен бути:

- 1) максимальним;
- 2) мінімальним;
- 3) оригінальним;
- 4) стандартним;
- 5) вільним.

##### 5.4. Які з перелічених параметрів враховуються при розрахунку припусків:

- 1)  $t$ , мм;
- 2)  $R_z$ , мкм;
- 3)  $S$ , мм/об;
- 4)  $L$ , мм;
- 5)  $T_d$ , мкм.

## 2.4. Розрахунок припусків та проміжних розмірів (аналітичний метод)

**Мета роботи:** навчити студента визначати величину проміжних припусків розрахунково-аналітичним методом, розраховувати міжопераційні розміри з допусками та встановлювати параметри шорсткості при обробці заданої поверхні деталі, яка розглядається, за встановленим планом технологічного процесу.

### 1. Загальні відомості

Правильне визначення величини операційних та проміжних припусків  $Z_i$  дуже важливо, оскільки від цього залежать багато техніко-економічні показники технологічного процесу (витрати металу, точність та якість обробленої поверхні, час обробки, витрати на різальний інструмент, електроенергію, амортизацію верстата тощо).

У сучасній технології машинобудування необхідно, щоб припуск на кожен технологічний перехід був мінімальним, але достатнім для здійснення необхідної обробки.

В практиці технологів-машинобудівників використовують два методи виконання роботи по визначенню величини операційних припусків: табличний та розрахунково-аналітичний. В роботі буде розглянуто другий метод.

Після визначення величини операційних припусків з'являється можливість розрахувати міжопераційні (проміжні) розміри, які вносять в технологічну документацію для кожного виконавця.

Вихідні матеріали та дані для розрахунку такі: робоче креслення або ескіз деталі з технічними вимогами, витримка з маршрутного або маршрутно-операційного процесу обробки деталі або її поверхні (послідовність операцій або її переходів, схема установки заготовки, тип пристосувань та обладнання, яке використовується).

Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом ведеться у такій послідовності.

**Визначення величин проміжних припусків.** Визначення величин проміжних припусків виконують розрахунково-аналітичним методом за технологічними довідниками, в яких наводяться дані та пояснення по виконанню цього розрахунку.

Розрахунок величини операційного номінального припуску здійснюється за наступними формулами:

для обробки поверхні обертання, крім випадку встановлення в центрах:

$$2z_{i \text{ ном}} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1 \text{ деп}}) + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} + T_{i-1} - T_i; \quad (1)$$

для обробки поверхні обертання зі встановленням в центрах:

$$2z_{i\text{ ном}} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1\text{ деф}} + \rho_{i-1}) + T_{i-1} - T_i; \quad (2)$$

для обробки плоскої поверхні:

$$z_{i\text{ ном}} = Rz_{i-1} + h_{i-1\text{ деф}} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i + T_{i-1} - T_i. \quad (3)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей, які залишилися на поверхні від попереднього суміжного переходу;  $h_{i-1\text{ деф}}$  – товщина (глибина) дефектного поверхневого шару, отриманого на попередньому суміжному переході (ливарна кірка, знеуглецьований або наклепаний шар). Ці складові не враховуються, якщо деталі чавунні, починаючи з 2-го переходу, або пройшли термічну обробку;  $\rho_{i-1}$  – сумарне значення просторових відхилень взаємопов'язаних поверхонь від правильної форми (колоблення, ексцентричність тощо), які залишилися після виконання попереднього переходу:

$$\rho_{i-1} = \sqrt{\rho_a^2 + \rho_b^2 + \rho_c^2}, \quad (4)$$

де  $\rho_a$ ,  $\rho_b$ ,  $\rho_c$  – окремі просторові відхилення. Сумарне значення просторових відхилень зменшується з кожним наступним переходом. Розрахунки проводимо за формулами:  $\rho_1 = 0,06\rho_0$ ;  $\rho_2 = 0,05\rho_1$ ;  $\rho_3 = 0,04\rho_2$ . (при нежорсткому закріпленні заготовки або інструмента (наприклад, плаваюча державка, консольне закріплення тощо));  $\rho_{i-1} = 0$ ;  $\varepsilon_1$  – похибка установки заготовки на верстаті при виконанні переходу. Розраховується за формулою:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_{\text{баз}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2 + \varepsilon_{\text{прис}}^2}, \quad (5)$$

де  $\varepsilon_{\text{баз}}$ ,  $\varepsilon_{\text{закр}}$ ,  $\varepsilon_{\text{прис}}$  – відповідно, похибки базування, закріплення та пов'язані з неточностями пристосування. При установці в центрах  $\varepsilon_i = 0$ . Похибка встановлення при обробці на багатопозиційних операціях визначається із врахуванням похибки індексації ( $\varepsilon_{\text{інд}} = 50 \text{ мкм}$ ) за формулою:

$$\varepsilon_i = 0,06 \varepsilon_{i-1} + \varepsilon_{\text{інд}}, \quad (6)$$

де  $T_{i-1}$  – допустиме відхилення розміру заготовки, отриманого на попередньому суміжному переході.

При визначенні номінального припуску для першого (чорнового) переходу величину допуску вихідної заготовки приймають частково, при обробці зовнішніх поверхонь – тільки його від'ємну частину, а при обробці внутрішніх поверхонь – тільки додатну частину.

Для визначення проміжних припусків необхідно підібрати значення всіх складових в наведені вище формули. Ці значення заносяться до табл. 2.4.1.

Таблиця 2.4.1

### Складові припуску

№	Послідовність обробки та спосіб встановлення заготовки (приклад)	Квалітет і позначення поля допуску	Елементи проміжного припуску, мкм				
			Параметр шорсткості $Rz_i$	Товщина дефектного шару $T_{i\text{деф}}$	Сума просторових відхилень $\rho_i$	Похибка установки $\varepsilon_i$	Допуск розміру $T_i$
1	Поверхня вихідної заготовки	$JT16...JT15$	$Rz_0 =$	$h =$	$\rho_0 =$	$\varepsilon_0 =$	$T_0 =$
2	Точити поверхню начорно тощо	$JT14(h14)$	$Rz_1 =$	$T_{1\text{деф}} =$	$\rho_1 =$	$\varepsilon_1 =$	$T_1 =$

Розрахунок кожного проміжного значення номінального припуску виконується за відповідними формулами та заноситься до табл. 2.4.2.

Таблиця 2.4.2

### Величина припуску

№ з/п	Найменування припуску	Формула для визначення номінального проміжного припуску	Величина $2z_{i\text{ном}}$ , мм
1	Припуск на чорнове точіння	$2z_{i\text{ном}}$	...
2	...	...	...

Розрахунок міжопераційних номінальних розмірів виконують за методикою, викладеною вище, з оформленням відповідної таблиці.

У графічній частині роботи необхідно виконати операційні ескізи обробки заготовки із вказівкою схеми базування заготовки, розмірів оброблюваної поверхні та її шорсткості після кожного етапу обробки, а також скласти схему полів допусків та припусків оброблюваної поверхні по етапах обробки.

Проаналізувати розподіл загального припуску по етапах у відсотковому співвідношенні.

По ходу проведення робіт уточнити розміри поверхні вихідної заготовки, та, за можливості, запропонувати її варіант, більш економічний з точки зору витрат матеріалу.

## 2. Порядок виконання роботи

Задається реальним об'єктом – деталь «Вал» (див. роботу № 2.3) та всіма вихідними даними для тієї ж роботи. На прикладі поверхні  $\varnothing 80h6$  розглядається хід подальшої реалізації процесу. Таким чином, послідовність обробки поверхні заготовки  $\varnothing 80h6$  буде такою: точіння чорнове, точіння чистове, шліфування попереднє та шліфування тонке.

Оскільки вал встановлений в центрах, то:

$$2z_{i\text{ ном}} = 2(2z_{i-1} + 2h_{i-1\text{ деф}} + \rho_{i-1}) + T_{i-1} - T_i;$$

Значення всіх параметрів знаходять після збирання вихідних даних.

Збирання вихідних даних про складові припуску виконують за джерелами, дані заносяться до табл. 2.4.3, дані про зміну точності, шорсткості та товщини дефектного шар.

Сумарне просторове відхилення вихідної заготовки розраховують за формулою:

$$\rho_0 = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{ч}}^2}, \quad (7)$$

де для нашого випадку  $\rho_{\text{кор}} = 1$  мм.

$$\rho_{\text{ч}} = 0,25\sqrt{T_0^2 + 1} = 0,25\sqrt{2^2 + 1} = 0,25 \cdot 2,236 = 0,56 \text{ мм.}$$

$$\rho_0 = \sqrt{1^2 + 0,56^2} = \sqrt{1 + 0,3136} = 1,146 \text{ мм.}$$

Просторові відхилення механічної обробки розраховують за формулами:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_0 = 68 \text{ мкм}; \quad \rho_2 = 0,05 \cdot \rho_1 = 3,4 \text{ мкм};$$

$$\rho_3 = 0,04 \cdot \rho_2 = 0,04 \cdot 3,4 = 0,136 \text{ мкм},$$

приймаємо  $\rho_3 = 0$ ;  $\rho_4 = 0$ .

Розрахунок величини номінальних проміжних припусків на кожен технологічний перехід по обробці поверхні, яка розглядається, виконаний за формулами для випадку встановлення заготовки в центрах:

$$2z_{1\text{ ном}} = 2(Rz_0 + h_{0\text{ деф}} + \rho_0) + T_0 - T_1$$

$$2z_{1\text{ ном}} = 2(240 + 250 + 1146) + 700 - 350 = 3,622 \text{ мм};$$

$$2z_{2\text{ ном}} = 2(Rz_1 + h_{1\text{ деф}} + \rho_1) + T_1 - T_2;$$

$$2z_{2\text{ ном}} = 2(60 + 50 + 68) + 350 - 87 = 0,619 \text{ мм};$$

$$2z_{3\text{ ном}} = 2(Rz_2 + h_{2\text{ деф}} + \rho_2) + T_2 - T_3;$$

$$2z_{3\text{ ном}} = 2(20 + 25 + 3,4) + 87 - 35 = 0,149 \text{ мм};$$

$$2z_{4\text{ ном}} = 2(Rz_3 + h_{3\text{ деф}} + \rho_3) + T_3 - T_4;$$

$$2z_{4\text{ ном}} = 2(6,3 + 20) + 35 - 11 = 0,077 \text{ мм};$$

$$2z_{\text{заг. ном}} = 4,467 \text{ мм}; \quad 2z_{\text{заг. ном}} = 4,5 \text{ мм}.$$

Таблиця 2.4.3

### Складові припуску

№	Найменування переходу	Квалітет і поле допуску	Позначення та величини елементів у формулі $2Z_{\text{ном}}$ , мкм				
			Шорсткість, $Rz / Ra$	Товщина дефектного шару, $h_{i\text{ деф}}$	Товщина дефектного шару, $\rho_i$	Похибка встановлення, $\varepsilon_i$	Допуск розміру, $T_i$
0	Вихідна заготовка штампована	+1,3 -0,7 (~IT16)	$Rz / Ra = 240 / 60$	$h_{0\text{ деф}} = 250$	$\rho_0 = 1146$	—	$T_0^{+1300}_{-700} = 2000$
1	Точити поверхню 1 попередньо	$h12$	$Rz_1 / Ra_1 = 60 / 15$	$h_{1\text{ деф}} = 50$	$\rho_1 = 68$	$\varepsilon_1 = 0$	$T_1 = 350$
2	Точити поверхню 1 під шліфування	$h9$	$Rz_2 / Ra_2 = 20 / 5$	$h_{2\text{ деф}} = 25$	$\rho_2 = 3,4$	$\varepsilon_2 = 0$	$T_2 = 87$
3	Шліфувати поверхню 1 попередньо	$h7$	$Rz_3 / Ra_3 = 6,3 / 1,25$	$h_{3\text{ деф}} = 20$	$\rho_3 = 0$	$\varepsilon_3 = 0$	$T_3 = 35$
4	Шліфувати поверхню 1 остаточно	$h6$	$Rz_4 / Ra_4 = 2,5 / 0,63$	$h_{4\text{ деф}} = 15$	$\rho_4 = 0$	$\varepsilon_4 = 0$	$T_4 = 19$

Після визначення всіх номінальних розмірів знаходять значення розмірів і допусків поверхонь по переходах (або операціях). Дані заносяться до табл. 2.4.4.

Таблиця 2.4.4

## Значення припусків, розмірів та допусків

№	Найменування розміру та припуску	Позначення розміру та припуску	Проміжний розмір, мм	Шорсткість, Ra, мкм
1	– Діаметр шийки деталі (за робочим кресленням), тобто, діаметр після чистового шліфування. – Вихідний розрахунковий розмір. – Припуск на діаметр на чистове шліфування.	$d_{кресл} = d_0$	$80m6^{(+0,030)}_{(+0,011)}$	0,63
		$d_{вих}$	80,030	–
		$+2Z_4$	+0,077	–
2	– Діаметр шийки після попереднього шліфування. – Припуск на діаметр під шліфування попереднє.	$d_{3 розр}$	$80,107h7_{(-0,035)}$	1,25
		$+2Z_3$	+0,149	–
3	– Діаметр шийки після точіння під шліфування. – Припуск на діаметр на точіння під шліфування.	$d_{2 розр}$	$80,256h9_{(-0,087)}$	5
		$+2Z_3$	+0,149	–
4	– Діаметр шийки після чорнового точіння. – Те ж саме, після округлення. – Припуск на діаметр на чорнове точіння.	$d_{1 розр}$	$80,879h12_{(-0,035)}$	5
		$2Z_1$	$80,86h12_{(-0,035)}$	5
			+3,622	–
5	– Перевірка розрахунку (діаметр поверхні поковки штампованої). – Те ж саме, після округлення.	$d_{0 розр}$	$84,502^{+1,3}_{-0,7}$	60
		$d_0$	$84,5^{+1,3}_{-0,7}$	60

Послідовність та порядок розрахунку проміжних розмірів з допусками та параметрами шорсткості, які потрібні для оформлення карт ескізів (КЕ) та операційних карт (ОК) для всіх операцій по обробці поверхні, яка розглядається, наведені у табл. 2.4.4.

Розподіл загального припуску по етапах наведено у табл. 2.4.5 і 2.4.6.

Таблиця 2.4.5

## Складові загального припуску (табличний розрахунок)

Загальний припуск	Проміжні припуски на діаметр (на перехід)			
	$2z_1$	$2z_2$	$2z_3$	$2z_4$
$2Z_{заг}$				
6,57 мм	4,87	1,2	0,35	0,15
100 %	74,13	18,26	5,34	2,27



Аналіз табл. 2.4.5 показує, що припуск на 1-й технологічний перехід складає ~74,2 % загального припуску, а далі з кожним наступним переходом зменшується приблизно в 4, у 3,5 та у 2,5 рази, а, відтак, зменшуються навантаження в системі «верстат – пристосування – інструмент – деталь» та зростає точність обробки.

Приблизно так само розподіляється загальний припуск на механічну обробку при розрахунково-аналітичному методі (табл. 2.4.6).

Таблиця 2.4.6

Загальний припуск	Проміжні припуски на діаметр (на перехід)			
	$2z_1$	$2z_2$	$2z_3$	$2z_4$
$2Z_{заг}$				
4,5 мм	3,65	0,62	0,15	0,08
100%	81,1	13,8	3,3	1,8

З виконанням кожного наступного переходу точність розміру збільшується різко – у 5,7 раз, потім – в 4 рази, у 2,5 рази і, нарешті, в 1,8 раз. Одночасно з цим зменшується шорсткість – спочатку в 4, потім – у 3 та 2 рази.

При розрахунково-аналітичному методі вибору припуску він зменшиться на діаметр на 2,1 мм ( $6,6 - 4,5 = 2,1$ ) (на сторону – на 1,05 мм).

Середній діаметр поковки:

$$d_{0\text{сер}} = \frac{(d_1 l_1 + d_2 l_2 + d_3 l_3 + d_4 l_4)}{\Sigma l_i},$$

$$d_{0\text{сер}} = \frac{(89,26 \cdot 216,8 + 101,65 \cdot 74,39 + 74,39 \cdot 133,3 + 62,05 \cdot 40,2)}{422,9} = 82,6 \text{ мм.}$$

Зекономлений метал являє собою порожнинний циліндр із діаметрами 82,6 мм та 80,5 мм і довжиною 422,9 мм. Маса його визначається за формулою:

$$\Delta M_0 = \frac{\pi(82,6^2 - 80,5^2)}{4 \cdot 1000} 422,9 \cdot 7,85 = 0,893 \text{ кг.}$$

Тут  $\Delta M_0 = 0,893 \text{ кг}$ , або 4,71 % від маси заготовки, тобто, це суттєвий резерв економії.

### **3. Зміст звіту**

**3.1.** Найменування роботи.

**3.2.** Вихідні дані, опис і аналіз деталі та вихідної заготовки.

**3.3.** Звіт про виконання роботи з рисунками, схемою полів допусків і припусків по етапах обробки.

**4. Література:** [1–3, 5, 8,10].

### **5. Запитання для самоконтролю:**

**5.1. Припуск на обробку можна визначити з виразу:**

1)  $H_i = H_1 + H_2 + H_3 + H_4;$

2)  $Z_i = Z_1 + Z_2 + Z_3 + Z_4;$

3)  $A_i = A_1 + A_2 + A_3 + A_4;$

4)  $B_i = B_1 + B_2 + B_3 + B_4;$

5)  $X_i = X_1 + X_2 + X_3 + X_4.$

**5.2. Припуск має бути:**

1) максимальним;

2) мінімальним;

3) оригінальним;

4) стандартним;

5) вільним.

**5.3. Які параметри враховуються при розрахунку припусків:**

1)  $t$ , мм;

2)  $Rz$ , мкм;

3)  $S$ , мм/об;

4)  $L$ , мм;

5)  $T_d$ , мкм.

## 2.5. Дослідження продуктивності та економічності методів відрізки прокату

**Мета роботи:** дослідити різні методи розділення прокату на мірні заготовки; навчити оцінювати метод відрізування та його ефективність.

### 1. Загальні відомості

Металевий прокат може бути різноманітним (табл. 2.5.1), частіше використовують сортовий прокат.

Таблиця 2.5.1

### Сортовий прокат, профілі, область застосування

№	Вид прокату або профіля	ДСТУ	Область застосування
<b>1.</b>	<b>Сортовий:</b>		
	– круглий гарячекатаний нормальної та підвищеної точності;	4738:2007	Гладкі та ступінчасті вали з невеликим перепадом діаметрів, стакани діаметром до 50 мм, втулки з зовнішнім діаметром до 25 мм
	– круглий калібрований	8608:2015	
	– квадратний, шестигранний, штабовий	–	Кріплення, невеликі деталі типу важелів, тяг, планок і клинів
	– гарячекатаний	4746:2007	
	– звичайної точності	4747:2006	
	– квадратний, шестигранний	ГОСТ 8559-89*	
– калібрований	8971:2019		
<b>2.</b>	<b>Листовий:</b>		
	– товстолистовий гарячекатаний	8540:2015	Фланці, кільця, плоскі деталі різної форми, циліндричні порожнинні втулки
	– тонколистовий гарячекатаний		
– холоднокатаний	8971:2019		
<b>3.</b>	<b>Труби</b>		
	– сталеві безшовні гарячекатані	8938–2019	Циліндри, втулки, гільзи, шпинделі, стакани, барабани, ролики, вали
– холоднокатані	8039-2019		
<b>4.</b>	<b>Періодичний поздовжній</b>	ГОСТ 8319-89**	Ступінчасті вали крупносерійного та масового виробництва

Примітки:

1. Періодичний, поздовжній та поперечно-гвинтовий прокат має змінний перетин по довжині, решта – постійний.

2. \*ГОСТ 8559–89 – не діючий в Україні з 2019 р., \*\*ГОСТ 8319–89 – не діючий в Україні з 2018 р.

Методи розділення стандартного прокату на частини – відрізання, досить різноманітні: на токарних та фрезерних верстатах, шліфувальних тощо.

В залежності від розмірів вихідного прутка (листа, труби) кожен метод має свої особливості, складності та показники. На перший погляд найкращим буде той метод, який забезпечує мінімальний об'єм втрат та відходів металу, найменший час на розділку та мінімальні витрати, але такого збігу немає і необхідно виконувати аналіз кожного методу за витратами матеріалу – масі заготовки та відходів  $M_z$  та  $M_{відх}$ , трудомісткості – штучному –  $T_{шт}$  або штучно-калькуляційному часу  $T_{шт-к}$  – та собівартості  $C_m$ .

У даній роботі порівняємо два найбільш розповсюджених методи розрізання прокату на токарно-відрізних верстатах та фрезерно-відрізних або кругловідрізних автоматах. Для прокату діаметром до 80 мм цю роботу можна виконати на верстатах 8А631 та 8А641 (табл. 2.5.2). Установка прутка (круга) ведеться вручну у самоцентрувальних патронах.

Для порівняння з токарним методом розглянемо відрізу металевого прокату на стрічкопилкових верстатах.

Продуктивність технологічної операції  $Q$  можна оцінити:

$$Q = \frac{N}{T} \text{ (шт/хв)}, \quad (1)$$

де  $N$  – вироблена продукція, шт;  
 $T$  – час виготовлена продукції, хв.

$Q$  тим більша, чим менший час  $T$  при однаковому випуску продукції.

У нашому випадку для оцінки процесів розрізання прокату в умовах масового виробництва використовується  $T_{шт}$ , хв:

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{орг} + T_{обсл} + T_{відп} = (T_o + T_{дон}) \cdot (1 + \alpha + \beta + \gamma), \quad (2)$$

де  $T_o$  – основний час, хв.

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot i. \quad (3)$$

$T_{дон}$  – допоміжний час, хв:

$$T_{дон} = T_{дон1} + T_{дон2} + T_{дон3}, \quad (4)$$

$T_{орг}$  і  $T_{обсл}$  – час на організаційне та технічне обслуговування, хв;

$T_{відп}$  – час на відпочинок та природні потреби;

$L_o$  – довжина обробки, мм;

$n$  – частота обертання, *об/хв*;

$S$  – подача, *мм/об*;

$T_{дон1}$  – час на установку, закріплення та зняття заготовки у пристосуванні, *хв*;

$T_{дон2}$  – час на керування верстатом, *хв*;

$T_{дон3}$  – час на вимірювання довжини обробки, *хв*.

Довжина обробки  $L_o = L_d + l_1 + l_2$ , де  $L_d$ ,  $l_1$  і  $l_2$  – довжина деталі, шлях врізання та перебігу відповідно.

Собівартість  $C_m$  визначається:

$$C_m = A \cdot T_{ум}, \quad (5)$$

де  $A$  – вартість 1 *хв* роботи обладнання, *грн/хв*.

Найкращим із 2-х варіантів буде той, у якого будуть меншими  $T_{ум}$  і  $C_m$ . Витрати матеріалів на відрізування в обох варіантах однакові – ширина різку  $h$  – до 4 *мм* (табл. 2.5.1), тому цей показник не розглядаємо.

## 2. Порядок виконання роботи

Вибираємо реальний об'єкт – заготовка-порізка з прокату, яка підлягає виготовленню.

**2.1.** Студенти отримують завдання з табл. 2.5.3.

**2.2.** Визначимо для заданих умов  $T_0$  за формулою (3).

Для умов обох процесів задаємо значення  $l_1$  та  $l_2$ :

– токарна розрізка:  $l_1 = 2$  *мм*;  $l_2 = 3$  *мм*;

– розрізання пилкою:  $l_1 = 3$  *мм*;  $l_2 = 5$  *мм*.

**2.3.** Визначимо витрати допоміжного часу, на організаційно-технічне обслуговування та відпочинок, скористаємося табл. 2.5.4 та 2.5.5, а також значеннями  $\alpha + \beta + \gamma = 8\%$  або 0,08 для обох варіантів.

**2.4.** Визначимо величину собівартості  $C_m$  використовуючи величини  $A$  для токарної – 1,5 *грн/хв*, а для розпилювальної – 0,70 *грн/хв* та порівняємо значення  $C_{m1}$  та  $C_{m2}$ .

**2.5.** Визначаємо очікувану економію від застосування варіанта на річну програму заготовок  $N = 100000$  *шт.*:

$$E = (C_{m1} - C_{m2}) \cdot N \text{ (грн)}.$$

**2.6.** Наведемо приклад цифрового розрахунку для завдання № 1.

**2.6.1.** Відрізування на токарних верстатах. Заготовка  $\varnothing 68 \times 200$  *мм*:

$$T_o = \frac{L_d + l_1 + l_2}{n \cdot S} = \frac{\frac{68}{2} + 2 + 3}{315 \cdot 0,1} = 1,24 \text{ (хв)},$$

$$T_{ум} = (T_o + T_{дон1} + T_{дон2}) \cdot 1,08 \text{ (хв)}. \quad (6)$$

У наших розрахунках  $T_{дон1}$  – час на вимірювання – дорівнює 0, оскільки обробка відбувається на налагодженому верстаті. Значення  $T_{дон1}$  і  $T_{дон2}$  – згідно табл. 2.5.5.

$$T_{ум} = (1,24 + 0,12 + 0,01 + 0,025 + 0,01) \cdot 1,08 = 1,52 \text{ (хв)},$$

де 0,12 – час на установку у патроні деталі масою 5 кг (у нас – 5,7 кг); 0,01; 0,025; 0,01 – час на вмикання, підведення супорта та на вимикання верстата відповідно.

$$C_m = 1,5 \cdot 1,52 = 2,28 \text{ (грн)}.$$

**2.6.2.** Відрізка пилкою  $n \cdot S = S_{хв}$  для пилки  $S_{хв} = 50$  мм/хв:

$$T_o = \frac{L_d + l_1 + l_2}{n \cdot S_{хв}} = \frac{68 + 2 + 5}{50} = 1,5 \text{ хв}.$$

$$T_{ум} = (T_o + T_{дон1} + T_{дон2}) \cdot 1,08 = (1,5 + 0,12 + 0,01 + 0,025 + 0,01) \cdot 1,08 = 1,8 \text{ хв}.$$

Значення  $T_{дон1}$  та  $T_{дон2}$  для другого варіанту аналогічні першому.

$$C_m = 0,7 \cdot 1,8 = 1,26 \text{ грн}.$$

За результатами дослідження видно, що продуктивність відрізки різцем вища на 0,28 хв на кожному різі, але економічно більш привабливим є другий варіант через економію в 1,02 грн на заготовці, а в рік це складе:

$$E = 1,02 \cdot 100000 = 102000 \text{ грн}.$$

### 3. Зміст звіту

У протоколі виконуються ескізи 2-х методів відрізування, розрахунок  $T_o$ ,  $T_{ум}$  та  $C_m$  для обох варіантів, а також висновки.

### 4. Література: [1–2, 6–9].

## Відрізни круглопилісні автомати

Ціна та технологічна характеристика	Модель верстата	
	8A631	8A641
Ціна, грн.	15180	38600
Найбільший діаметр розрізаного матеріалу, мм	110	160
Діаметр пилки, мм	350	510
Частота обертання шпинделя, хв <sup>-1</sup>	6,6; 9,7; 13,1; 19,7; 27,2; 39,7	4,3; 6,3; 9,6; 14,4; 21,1; 31,2
Горизонтальна подача дискової пилки (безступінчасте регулювання), мм/хв	10...600	12...550
Швидкість швидкого ходу бабки, м/хв:		
– підводу	3,3	3,3
– відводу	2,3	3,5
Потужність електродвигуна, кВт	3,0	5,5
Габарити верстата, мм	1850 × 980	2100 × 1100
Категорія ремонтної складності	7	9

Таблиця 2.5.3

## Варіанти завдань

№	Розміри заготовки		Режими різання					
	D, мм	L, мм	t, мм		S		n, об/хв	
			точіння	фрез.	точіння, мм/об	фрез., мм/хв	точіння	фрез.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	68	200	4		0,10	50	315	39,7
2	70	350	4		0,20	50	315	–//–
3	72	150	4		0,25	50	315	–//–
4	75	250	4		0,30	50	315	–//–
5	40	300	3		0,20	70	315	–//–
6	50	400	3		0,25	60	315	–//–

Таблиця 2.5.4

Допоміжний час на установку та зняття деталі вручну, хв  
(патрони самоцентрувальні)

Спосіб установки та кріплення деталі	Маса (кг) до							
	0,25	0,5	1	3	5	8	12	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
В безключевому патроні	0,05	0,06	0,06	0,08	0,10	0,13	–	–
В самоцентрувальному патроні з кріпленням:								
– пневматичним затисканням	0,06	0,07	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,22
– ключем	–	0,15	0,17	0,23	0,27	0,30	0,40	0,50

Закінчення табл. 2.5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Підвести та відвести центр задньої бабки, закріпити і відкріпити піноль рукоятки:								
– пневматично	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
– важелем	–	–	–	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05
– маховиком	–	–	–	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07

## 5. Запитання для самоконтролю

### 5.1. Від яких розмірів діаметр прутка прокату залежить деталі:

- 1) довжини;
- 2) найбільшого діаметра;
- 3) найменшого діаметра;
- 4) протяжності;
- 5) кількості шийок.

### 5.2. Через який показник метод порізки прокату впливає на її собівартість:

- 1) вартість 1 *t* матеріалу;
- 2) вартість різальних інструментів;
- 3) вартість верстато-годинних робіт;
- 4) вартість електроенергії;
- 5) зарплата робітника.



## 2.6. Дослідження методів лиття по дерев'яних і металевих моделях

**Мета роботи:** вивчити процес виробництва литих заготовок, дослідити фактори, які впливають на матеріалоємність виробу; навчити вибирати раціональний варіант отримання заготовки.

### 1. Загальні відомості

Матеріалоємність ( $M$ ) виробу – це витрати матеріальних ресурсів (у нашому випадку – металу), необхідних для виготовлення, експлуатації та ремонту виробу:

$$M_M = M_{M_{\text{виг}}} + M_{M_{\text{експл}}} + M_{M_{\text{рем}}}, \quad (1)$$

де  $M_{M_{\text{виг}}}$  – витрати металу на виготовлення виробу, кг;

$M_{M_{\text{експл}}}$  – витрати металу на експлуатацію, кг;

$M_{M_{\text{рем}}}$  – витрати металу на ремонт виробу, кг.

У свою чергу:

$$M_{M_{\text{виг}}} = M_{M_{\text{заг}}} + M_{M_{\text{відх}}} + M_{M_{\text{втр}}}, \quad (2)$$

де всі складові відповідно: маса заготовки, маса технологічних відходів і маса втрат, кг.

При литті заготовок у піщані форми  $M_{M_{\text{відх}}} = (30...40 \%)$  від маси  $M_{M_{\text{заг}}}$  (це, переважно, ливники),  $M_{M_{\text{втр}}} = (3...5 \%)$  від  $M_{M_{\text{заг}}}$  (це угар металу 3,0...4,5 % і брак – до 0,5 %).

У свою чергу,  $M_{M_{\text{заг}}}$  залежить від величини припусків на кожному з оброблюваних поверхонь деталі.

У табл. 2.6.1 наведений порівняльний аналіз різних способів отримання литих заготовок. У нашій роботі досліджується метод лиття в піщані форми.

Лиття у піщані форми – найбільш універсальний метод отримання заготовок-відливок будь-яких розмірів, маси, складності, виготовлених з будь-яких матеріалів.

Точність відливок у піщані форми та припуски на обробку розділена згідно стандарту для чавунних і сталевих відливок окремо.

Відомі 3 класи точності відливок (табл. 2.6.2). Клас точності вибирається в залежності від масштабу випуску відливок, способу їх отримання, який, у свою чергу, характеризується технологічною оснасткою та механізацією процесів ливарного виробництва (табл. 2.6.3).

Варто враховувати, що основним фактором, який визначає вибір класу точності відливки, є собівартість, оскільки, чим точнішою є відливка, тим вона

буде дорожчою, а компенсувати це можливо або зменшенням металоємності, або зниженням вартості механічної обробки.

В роботі розглянемо способи отримання відливки в піщані форми з використанням дерев'яних та металевих моделей (відповідно, варіанти 1 і 2).

Варіант 1 – модель виготовити можна швидко, легкооброблюваний матеріал, формувальні нахили до  $1^\circ$ , радіуси скруглень не більше 4 мм. Модель має низьку стійкість.

Варіант 2 – модель має високу вартість, заготовки виходять більш стабільними за точністю, нахили від  $0^\circ 45'$ , радіуси скруглень до 3 мм. Вартість моделей висока. Величини припусків на обробку для різних відливок наведені у табл. 2.6.4.

Оскільки метод отримання відливок по суті один, то порівняння двох варіантів можна здійснити або через коефіцієнт використання металу  $K_{вик\ M}$ :

$$K_{вик\ M} = \frac{M_{M\partial}}{M_{Mз}}, \quad (3)$$

де  $M_{M\partial}$  і  $M_{Mз}$  – маса деталі та заготовки, або через собівартість заготовки  $S_{заг}$ :

$$S_{заг} = \frac{S_{баз} \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5}{1000} \cdot M_{Mз} - (M_{Mз} - M_{M\partial}) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4)$$

де  $S_{баз}$ ,  $k_a$ ,  $S_{відх}$  – вартість 1 т базової марки матеріалу, грн.;

$k_1 = 1,08$  – груповий коефіцієнт підвищення вартості через неспівпадіння марок чавуну;

$k_2$  – коефіцієнт точності відливок (1 клас –  $k_2 = 1,1$ ; 2 клас –  $k_2 = 1,05$ ; 3 клас –  $k_2 = 1$ );

$k_3$  – коефіцієнт групи складності  $k_3 = 0,7$ ;

$k_4 = 1,1$ ;

$k_5 = 1,0$ ;

$S_{відх}$  – вартість 1 т відходів, грн.

## 2. Порядок виконання роботи

Вибираємо реальний об'єкт – деталь «Кришка» (чавун СЧ 40).

Варіанти завдань наведені у табл. 2.6.5.

Оберемо значення припусків на розміри  $D$  і  $L$ , (табл. 2.6.4).

Визначимо габаритні розміри заготовки-відливки  $D_{1з}$  та  $L_{1з}$  для 1 і 2 варіантів.

Визначимо маси  $M_{Mз1}$  та  $M_{Mз2}$ .

$$M_{M3} = \frac{\pi D_3^2}{4} \cdot L_{13} \cdot C,$$

Знайдемо коефіцієнт використання матеріалу  $K_{вик M1}$  і  $K_{вик M2}$ .

Знайдемо вартість заготовки  $S_{заг 1}$  та  $S_{заг 2}$  за умови  $S_{баз} = 4500$  грн/т для чавуну.

$S_{відх} = 1200$  грн/т за умови незмішуваності марок чавуну.

Співставимо ці значення та прийнемо рішення про вибір варіанту.

Наведемо цифровий розрахунок для варіанту завдання № 1:

$D_1 = 80$  мм;  $L_1 = 22$  мм.

**2.1.** Знайдемо припуски:

**варіант 1:**

$D_1 - 2 \times 550 = 1100$  мкм = 1,1 мм; допуск – 1,4;

$L_1 - 2 \times 900 = 1800$  мкм = 1,8 мм; допуск – 0,84.

**варіант 2:**

$D_1 - 2 \times 400 = 800$  мкм = 0,8 мм; допуск – 0,87;

$L_1 - 2 \times 700 = 1400$  мкм = 1,4 мм; допуск – 0,52.

**2.2.** Визначимо розміри заготовок – відливок:

**варіант 1:**

$D_1 = 81,1$  мм;  $L_1 = 23,8$  мм.

**варіант 2:**

$D_1 = 80,8$  мм;  $L_1 = 23,4$  мм.

**2.3.** Визначимо масу заготовок:

**варіант 1:**

$$M_{M3_1} = \frac{3,14 \cdot 8,11^2}{4} \cdot 2,38 \cdot 7,8 = 0,96 \text{ (кг)};$$

**варіант 2:**

$$M_{M3_2} = \frac{3,14 \cdot 8,08^2}{4} \cdot 2,34 \cdot 7,8 = 0,94 \text{ (кг)}.$$

**2.4.** Знайдемо  $K_{вик M}$ :

**варіант 1:**

$$K_{вик M1} = \frac{0,84}{0,96} = 0,875,$$

**варіант 2:**

$$K_{вик M2} = \frac{0,84}{0,94} = 0,899.$$

**2.5.** Знайдемо вартість заготовки:

**варіант 1:**

$$S_{заг1} = \frac{4500}{1000} \cdot 0,96 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 - (0,96 - 0,84) \cdot \frac{1200}{1000} = 3,59 - 0,14 = 3,45 \text{ (грн)};$$

**варіант 2:**

$$S_{заг2} = \frac{4500}{1000} \cdot 0,94 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1,1 - (0,94 - 0,84) \cdot \frac{1200}{1000} = 3,52 - 0,14 = 3,4 \text{ (грн)}.$$

**Висновки:** використання металевих моделей зменшує вартість відливки на 0,05 грн та збільшує  $K_{вик M}$  на 2 %, тому вибираємо варіант № 2.

### 3. Зміст звіту

Студент наводить розрахунок:

- припусків;
- розмірів заготовок;
- маси заготовок;
- за варіантами;
- вартість заготовок, висновок про доцільність використання дерев'яних або металевих моделей.

### 4. Література: [1–2, 7, 10].

Таблиця 2.6.1

#### Порівняльна характеристика способів лиття заготовок

Спосіб лиття	Тип виробництва	Матеріал відливки	Маса, кг	Товщина стінок, мм	Точність відливки, квалітет	Шорсткість поверхні RZ, мкм	$K_{вм}$
У піщані форми	одиничне, серійне	Чавун, алюміній, сталь,	10...1000	> 3	14–17	320–80	0,5...0,7
У кокіль	серійне	Алюміній	0,1...50,0	> 3	12–15	80–20	0,70...0,75
В оболонки	серійне, масове	Алюміній	0,1...80,0	2...4	12–15	160–20	0,80...0,90
По витоплюваних моделях	серійне, масове	Сталь, алюміній, спецсплави	0,01...135,00	> 0,7	11–14	40–10	0,85...0,95
Відцентрове	серійне, масове	Чавун, сталь, алюміній	0,1...3000,0	> 4	13–15	80–20	0,7...0,8
Під тиском	серійне, масове	Алюміній, цинк, магній, спецсплави	0,001...13,000	0,5...6,0	9–13	40–10	0,90...0,98

Таблиця 2.6.2

## Допустимі відхилення по розмірах відливок із сірого чавуну і сталі

Клас точності	Максимальні габарити відливки, мм	Максимальний розмір частини заготовки, на яку дається допуск, мм				
		до 50	50–120	120–260	260–500	50– 800
1	до 120	0,2	0,3	–	–	–
	120–260	0,3	0,4	0,6	–	–
	260–500	0,4	0,6	0,8	1,0	–
	500–1250	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4
	1250–3150	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
2	до 260	0,5	0,8	1,0	–	–
	260–500	0,8	1,0	1,2	1,5	–
	500–1250	1,0	1,2	1,5	2,0	2,5
	1250–3150	1,2	1,5	2,0	2,5	3,0
3	Для одиничного виробництва					

Таблиця 2.6.3

## Залежність класу точності відливок від характеру виробництва

Клас точності	Характер виробництва	Кількість виробів на рік $N$ , шт	Оснастка	Виготовлення	
				форм	стрижнів
1	Крупносерійне, масове	Більше 10000	Металеві моделі та стрижневі ящики, кондуктори для калібрування стрижнів	Машинне складання стрижнів у кондукторах	Машинне калібрування у кондукторах перед складанням
2	Серійне, крупносерійне	1000–10000	Металеві моделі та стрижневі ящики	Машинне	Крупних – машинне, дрібних – ручне

Таблиця 2.6.4

## Припуски та допуски відливок в піщані форми

Метод лиття	Поверхня	Припуск, мкм	Допуск, мм
По дерев'яних моделях	Зовнішня	$2 \times 550$	– 1,4
	2 торця	$2 \times 900$	– 0,84
По металевих моделях	Зовнішня	$2 \times 400$	– 0,87
	2 торця	$2 \times 700$	– 0,52

Таблиця 2.6.5

## Варіанти завдань

№	Розміри кришки, мм		Допуск		Маса деталі, кг	Річний випуск, шт/рік
	$D_1$	$L_1$	$D_1$	$L_1$		
1	80	22	h11	h9	0,84	4000
2	85	44			1,92	
3	90	35			1,70	
4	100	35			2,10	
5	105	40			2,66	
6	105	44			2,94	

## **5. Запитання для самоконтролю**

**5.1. Якщо формовка ливарної «землі» ведеться по алюмінієвій моделі замість дерев'яної, то який параметр змінюється:**

- 1) витрати «землі»;
- 2) витрати енергії;
- 3) вартість моделі;
- 4) зарплата робітника;
- 5) забрудненість робочого місця.

**5.2. Що зміниться при використанні металевої моделі замість дерев'яної:**

- 1) збільшується точність відливки;
- 2) збільшується зарплата;
- 3) збільшуються витрати енергії;
- 4) збільшуються витрати моделей;
- 5) збільшується кваліфікація робітника.

## 2.7. Визначення режимів різання при механічній обробці

**Мета роботи:** ознайомити студентів зі структурою режимів різання при фрезеруванні та точінні і навчити їх встановлювати раціональні значення.

### 1. Загальні відомості

Для визначення режимів різання при обробці зі зняттям стружки існує два методи: аналітичний та табличний (за довідниками).

У даній роботі розглядається аналітичний метод як найбільш об'єктивний та точний.

У поняття режимів різання зі зняттям стружки входять:

$t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача на оберт, мм/об, хвилинна – мм/хв, на зуб – мм/зуб;

$V$  – швидкість різання – м/с, м/хв;

$V_{\partial}$  – швидкість переміщення деталі, м/хв;

$n$  – частота обертання, об/хв;

$T_m$  – період стійкості інструмента, хв;

$P_z$  – сила різання, Н;

$N$  – потужність різання, кВт;

$T_{\partial}$  – основний (машинний) час, хв.

За відомих умов процесу різання (матеріал деталі, її твердість, об'єм випуску або серійність виробництва, вид заготовки, метод обробки, типи верстата і пристосування) порядок розрахунку режимів різання наступний:

**1.1.** За відомих фізико-механічних властивостей матеріалу деталі, методу отримання, геометричних параметрів заготовки та обраного методу роботи інструменту встановлюють такі його характеристики: матеріал різальної частини, геометрія, розміри отриманих січень різальної частини та державки, спосіб заточки лез та характер роботи – плавний або з ударами.

**1.2.** Встановлюють період стійкості інструмента  $T_m$  (хв) і спосіб заточування спрацьованих кромки.

**1.3.** Встановлюють глибину різання  $t$  (мм). При чорновій обробці прагнуть до того, щоб  $t = z$ , але якщо міцність інструмента не дозволяє такого, то  $t =$  частині  $z$ , наприклад, при шліфуванні  $t \leq 0,03$  мм (при точінні  $t < 5$  мм). При чистовій обробці  $t$  призначають в залежності від точності (складової сили різання  $P_y$ ) або шорсткості поверхні після обробки.

**Знаходять величину подачі  $S$ .** При чорновій обробці  $S = S_{\text{вих}}$ , виходячи з жорсткості та міцності систем верстата та міцності різального леза інструмента. При чистовій обробці  $S$  обирають в залежності від шорсткості поверхні (наприклад, при точінні  $R_z = S^2/8r$  або  $S = \sqrt{8r \cdot R_z}$ , де  $r$  –

радіус закруглення різальної кромки) або точності (складової сили різання  $P_y$ ). Величину подачі корегують за параметрами верстата, при цьому її обирають мінімальною, в діапазоні.

**1.5.** Знаходять швидкість різання  $V$ , м/хв (м/с).

$$V = \frac{C_V}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v \text{ або } V = \frac{C_V}{T_m^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv}, \quad (1)$$

де  $K_v$  – коригуючий коефіцієнт;

$T_m$  – період стійкості інструменту, хв;

$t$  – подача різання, мм;

$S$  – подача обертання, мм/об;

$K_v$  – коригуючий коефіцієнт, який складається з  $K_{mv}$ ,  $K_{nv}$ ,  $K_{uv}$ ;

$K_{mv}$  – коефіцієнт якості оброблюваного матеріалу;

Оброблюваний матеріал:	Розрахункова формула:
Сталь	$K_{mv} = K_T (750 / \sigma_B)^{nv}$
Сірий чавун	$K_{mv} = (190 / HB)^{nv}$
Ковкий чавун	$K_{mv} = (150 / HB)^{nv}$

$\sigma_B$  і  $HB$  – фактичні параметри матеріалу обробки;

$K_T$  та  $n_v$  – показники оброблюваності та ступінь;

$K_{nv}$  – коефіцієнт, який відображає стан поверхні;

$K_{uv}$  – коефіцієнт, який враховує якість матеріалу.

**1.6.** Визначають частоту обертання шпинделя або деталі  $n$ :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}, \quad (2)$$

де  $D$  – діаметр деталі або інструменту, мм.

Величину  $n$  корегують за даними верстата (для ступінчастих коробок швидкостей) та обирають меншу –  $n_\phi$ .

**1.7.** Визначають фактичну швидкість різання  $V_\phi$ :

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000}, \text{ м/хв.} \quad (3)$$

**1.8.** Визначають за відомими значеннями  $t$ ,  $S$ ,  $V_\phi$  силу різання  $P_z$ ,  $H$ .

Звичайно



$$P_z = C_{Pz} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_{Pz},$$

де  $K_{Pz}$  – загальний поправочний коефіцієнт, який враховує зміну умов різання у порівнянні з табличними.

**1.9.** За відомими значенням  $P_z$  та  $V_\phi$  знаходять потужність різання  $N$ , *кВт*:

$$N = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт.} \quad (4)$$

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

**1.10.** Знаходять ефективну потужність  $N_e$  виходячи з параметрів привода верстата  $N_{верст}$  та коефіцієнт корисної дії –  $\eta_e$ :

$$N_e = N_{верст} \cdot \eta_e, \text{ кВт.} \quad (5)$$

Величину  $N$  і  $N_e$  співставляють, якщо  $N > N_e$ , то зменшують  $V_\phi$  до такої величини, щоб  $N = N_e$ .

**1.11.** Знаходять  $T_o$ , *хв*.

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t}, \text{ хв,} \quad (6)$$

де  $L_o = l_1 + l_2 + l_3$ , *мм*;

$l_1$  – довжина деталі (поверхні);

$l_2$  – врізання;

$l_3$  – перебіг.

Величини  $l_2$  і  $l_3$  наведені в довідниках.

## 2. Порядок виконання роботи

Хід виконання розрахунку розглянемо на прикладі завдання № 1 табл. 2.7.1.

В даній роботі розглянемо вибір та розрахунок режимів для двох типових операцій: токарно-копіювальної на верстаті 17М22 та вертикально-фрезерної на верстаті 6Р12.

Кожен студент отримує завдання на проведення роботи з табл. 2.7.1 та проводить розрахунок по пунктах 2.1 та 2.2.

### 2.1. Режими різання при токарній обробці

На прикладі обробки вала на ТКС 17М22 із заготовки-порізки з прокату розглянемо розрахунок режимів.

Об'єкт – вал  $d_1 \times d_2 \times d_3 \times t$ :  $\varnothing 34/42/48h12$ ;  $L = 400$  мм зі сталі 45 ( $\sigma_B < 630$  МПа), твердість HB160. Шорсткість поверхні Ra 5, тип виробництва – серійний,  $N = 2000$  ум/рік.

Заготовка – порізка з прокату кругла г/к, нормальної точності,  $\varnothing 52$  мм ГОСТ 2590–89 (не діючий в Україні з 2007 р.);  $\varnothing 52_{-10}^{+0,4}$ , маса  $T_m = 16,67$  кг.

Метод обробки – точіння на ТКС однократне:  $h12$  та Ra 5 мкм.

Верстат: гідрокопіювальний 17М22 з обробкою деталі в центрах з самозатискним повідковим патроном.

$$n_{\text{ун}} = (50-630) \frac{\text{об}}{\text{хв}}, \quad S_{\text{нр}} = (1-1200) \frac{\text{мм}}{\text{хв}}, \quad N_{\text{ПР}} = 30 \text{ кВт}, \quad \eta_e = 0,85.$$

**2.1.1.** Вибираємо різальний інструмент – різець прохідний упорний  $B \times H = 40 \times 60$  мм,  $L = 200$  мм з пластиною Т15К6 з геометрією:  $\gamma = 15^\circ$ ;  $\alpha = 12^\circ$ ;  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 20^\circ$ ; радіус  $r = 2$  мм.

Вимірювальний інструмент – скоба ПР-НЕ на кожен розмір.

Стійкість різця  $T_m$  при перерізі  $25 \times 40$  у державки різця 40–75 (хв). Приймаємо  $T_m = 75$  хв.

**2.1.2.** Вибираємо глибину різання  $t = z$ , але оскільки припуск нерівномірний, то:

$$z_1 = \frac{d_3 - d_1}{2} = \frac{52 - 34}{2} = 9 \text{ мм},$$

$$z_2 = \frac{d_3 - d_2}{2} = \frac{52 - 42}{2} = 5 \text{ мм},$$

$$z_3 = \frac{d_3 - d_3}{2} = \frac{52 - 48}{2} = 2 \text{ мм}.$$

Приймаємо, що обробка ведеться за 1 прохід, тобто,  $t_1 = 9$  мм,  $t_2 = 5$  мм і  $t_3 = 2$  мм.

**2.1.3.** Вибираємо подачу  $S = 0,3-0,5$  об/хв при  $t = 8$  мм та  $d = 50$  мм, оскільки у нас  $t = 9$  мм, то візьмемо меншу величину  $S = 0,35$  об/хв.

**2.1.4.** Швидкість різання  $V$ :

$$V = \frac{C_v (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot K_8 \cdot K_9)}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot \left(\frac{HB}{200}\right)^n}, \quad (7)$$

де  $C_v = 294$  при роботі різцем Т15К6 з  $S = 0,3-0,75$  об/хв по сталі;  $m = 0,125$ ;  $x = 0,18$ ;  $y = 0,35$ ;  $n = 1,75$ .

$$K_1 - \text{враховує вплив кута } \varphi: K_1 = \left(\frac{45}{\varphi}\right)^{0,3} = \left(\frac{45}{60}\right)^{0,3} = 0,812;$$

$K_2$  – враховує вплив поперечних розмірів різця:

$$b \times h = K_2 = \left(\frac{q}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = \left(\frac{20 \cdot 40}{20 \cdot 30}\right)^{0,08} = 1,08;$$

$$K_3 - \text{враховує вплив } \varphi_1: K_3 = \left(\frac{16}{\varphi_1}\right)^{0,09} = \left(\frac{16}{20}\right)^{0,09} = 0,907;$$

$$K_4 - \text{враховує вплив радіуса різця при вершині } r: K_4 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = 1;$$

$K_5$  – враховує вплив матеріалу різця: для Т15К6 –  $K_5 = 1$ ;

$K_6$  – враховує матеріал деталі: для вуглецевої сталі з  $C < 0,6\%$  –  $K_6 = 1$ ;

$K_7$  – враховує спосіб отримання заготовки:  $K_7 = 1$  для гарячекатаного металу;

$K_8$  – враховує стан поверхні заготовки:  $K_8 = 1$  для сталевих заготовок із окалиною;

$K_9$  – враховує вплив форми передньої грані різця: для плоскої форми  $K_9 = 1,2$ .

$$V = \frac{294 \cdot 1,08 \cdot 0,812 \cdot 0,907 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2}{75^{0,125} \cdot 9^{0,18} \cdot 0,35^{0,35} \cdot \left(\frac{160}{200}\right)^{1,75}} = 212 \frac{M}{xv}.$$

**2.1.5.** Частота обертання деталі  $n$ :

$$n = \frac{1000 V}{\pi d} = 1300 \frac{об}{xv}.$$

**2.1.6.** Сила різання  $P_Z$ :

$$P_Z = C_{P_Z} \cdot t^{x_1} \cdot S^{y_1} \cdot H^{n_1} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \quad (8)$$

де  $C_{P_Z} = 27,9$ ;  $x_1 = 1$ ;  $y_1 = 0,75$ ;  $n_1 = 0,35$ ;

$K_1$  – враховує властивості оброблюваної деталі: для гарячекатаної сталі  $K_1 = 1,0$ ;

$K_2$  – враховує вплив кута  $\varphi$ :  $K_2 = 1,08$  для  $\varphi = 90^\circ$ ;

$$K_3 - \text{враховує вплив радіуса } r: K_3 = \left(\frac{r}{2}\right)^{0,1} = \left(\frac{2}{2}\right)^{0,1} = 1;$$

$K_4$  – враховує вплив кута  $\gamma$ :  $K_4 = 0,9$ ;

$K_5$  – враховує вплив зношування різця:  $K_5 = 1,0$ ;

$$P_z = 27,9 \cdot 9 \cdot 0,35^{0,75} \cdot 160^{0,75} \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1 = 780 \text{ Н.}$$

**2.1.7.** Потужність різання  $N$ :

$$N = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 102} = \frac{780 \cdot 186}{60 \cdot 102} = 23,3 \text{ кВт.}$$

**2.1.8.** Потужність ефективна на приводі верстата  $N_e$ :

$$N_e = N_{KP} \cdot \eta_e = 30 \cdot 0,85 = 25,5 \text{ кВт,}$$

Тобто, за потужністю  $N > N_e = 23,3 < 25,5$ .

Коефіцієнт використання потужності  $K_e$ :

$$K_e = \frac{N}{N_e} \cdot 100\% = \frac{23,3}{25,5} \cdot 100 \cong 91,4\% .$$

**2.1.9.** Знайдемо  $T_o$ , хв:

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{n \cdot S} \cdot \frac{Z}{t} = \frac{400 + 5}{0,35 \cdot 1140} \cdot 1 \cong 1,02 \text{ хв.}$$

## 2.2. Режими різання при фрезеруванні площин

На прикладі обробки плоскої поверхні основи із заготовки-поковки на вертикально-фрезерному верстаті 6P12 розглянемо послідовність розрахунку режимів різання.

Об'єкт – основа зі сталі 35ХМ ( $\sigma_B = 780 \text{ МПа}$ ) розмірами  $500 \times 150 \times 40 \times h14$ . Обробляється площина  $500 \times 150 \text{ мм}$  в заготовці-поковці на молотах з припуском  $z = 1,5 \text{ мм}$  на сторону в розмір  $40h14$ . Шорсткість поверхні  $R_z = 16 \text{ мкм}$ . Твердість деталі  $HB 260$ . Тип виробництва – серійний ( $N = 3000 \text{ шт/рік}$ ). Маса деталі –  $24,3 \text{ кг}$ , маса заготовки –  $29,3 \text{ кг}$ .

Метод обробки – одноразове фрезерування торцевими фрезами на вертикально-фрезерному верстаті 6P12 зі встановленням основи у машинні лещата універсальні поворотні з ручним приводом.

Вимірювання виконується штангенциркулем ШЦ–1 з  $l = 150 \text{ мм}$ , ціна поділки  $0,1 \text{ мм}$ .

Верстат 6P12 має стіл розмірами  $320 \times 1250$  мм; частота обертання шпинделя від 31,5 до 1600 об/хв; поздовжня подача стола – 25...1250 мм/хв; потужність головного привода  $N_{\text{пр}} = 7,5$  кВт,  $\eta_e = 0,75$ .

**2.2.1.** Вибираємо різальний інструмент – торцеву фрезу зі вставними призматичними ножами зі сплаву T15K6 (група P, використання 10).

Діаметр фрези  $D_\phi = 1,6 \cdot B_\phi = 1,6 \cdot 150 = 240$  мм. Приймаємо з ряду фрез  $\varnothing 250$  мм. Число зубів фрези  $z = 8$ . Геометрія різців:  $\varphi = 60^\circ$ ;  $\varphi_1 = 5^\circ$ ;  $\alpha = 15^\circ$ ;  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\lambda = 12^\circ$ .

Період стійкості  $T_m$  для фрези  $\varnothing 250$  мм вибираємо 240 хв з розрахунку заміни фрези після зміни її роботи.

Допустиме зношування по задній поверхні зуба  $h_3 = 1$  мм.

**2.2.2.** Глибина різання  $t = z = 1,5$  мм.

**2.2.3.** Подача  $S$  по рекомендації для забезпечення  $R_z = 16$  мкм,  $S_z = 0,1-0,125$  мм/зуб.

Звідси  $S = S_z \cdot z = 0,125 \cdot 8 = 1$  мм/зуб.

**2.2.4.** Швидкість різання  $V$  за умов, що ширина заготовки ( $b = 150$  мм) дорівнює ширині фрезерування  $B$ :

$$V = \frac{C_V \cdot D_\phi^q}{T^m \cdot t^{x_V} \cdot S_z^{y_V} \cdot B^{u_V} \cdot Z^{p_V}} \cdot K_V. \quad (9)$$

Для сталі 35ХМ з  $\sigma_B = 750$  МПа значення вхідних величин будуть:

$C_V = 332$ ;  $q_V = 0,2$ ;  $m = 0,2$ ;  $x_V = 0,1$ ;  $y_V = 0,4$ ;  $u_V = 0,2$ ;  $p_V = 0$ .

$$K_V = \frac{750}{\sigma_B} = \frac{750}{780} = 0,96.$$

$$V = \frac{332 \cdot 250^{0,2}}{240^{0,2} \cdot 1,5^{0,1} \cdot 0,125^{0,4} \cdot 150^{0,2} \cdot 8^0} \cdot 0,96 = 262 \text{ м/хв.}$$

**2.2.5.** Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 262}{3,14 \cdot 250} = 334 \text{ об/хв.}$$

На верстаті наявне  $n_\phi = 315$  об/хв, тоді

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D_\phi \cdot n_\phi}{1000} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 315}{1000} = 247 \text{ м/хв.}$$

**2.2.6.** Визначаємо хвилину подачу при фрезеруванні:

$$S_{xв} = S_o \cdot n_\phi = 1 \cdot 315 = 315 \text{ мм/хв.}$$

Корегувати її немає потреби, оскільки у коробці подач верстата  $S_{xв} = 315 \text{ мм/хв}$  наявна.

**2.2.7.** Оскільки верстат по глибині різання ( $t = 1,5 \text{ мм}$ ) не довантажений, то величину  $P_Z$  визначати немає потреби.

**2.2.8.** Потужність різання  $N$ :

$$N = C_N \cdot 10^{-5} \cdot D_\phi^{q_N} \cdot t^{x_N} \cdot S^{y_N} \cdot B^{u_N} \cdot Z^{p_N} \cdot n^{z_N} \cdot K_N. \quad (10)$$

де  $C_N = 42,4$ ;  $q_N = 0,3$ ;  $x_N = 1$ ;  $y_N = 0,75$ ;  $u_N = 1,1$ ;  $p_N = 1,0$ ;

$$K_N = K_{MN} \cdot K_{\phi N} \cdot K_{\gamma N};$$

$$K_{MN} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0,3} = 1,02;$$

$$K_{\phi N} = 1,0 \text{ (для } \varphi = 60^\circ \text{)};$$

$$K_{\gamma N} = 0,95 \text{ (для } \gamma = -5^\circ \text{)}.$$

$$N = \frac{42,4 \cdot 10^{-5} \cdot 1,5 \cdot 0,125^{0,75} \cdot 150^{1,1} \cdot 8 \cdot 315^{0,8}}{250^{0,3}} \cdot 1,02 \cdot 0,95 = 4,7 \text{ кВт}.$$

**2.2.9.** Визначимо  $N_e$ :

$$N_e = N_{IP} \cdot \eta_e = 7,5 \cdot 0,75 = 5,63 \text{ кВт}.$$

Оскільки  $N < N_e$ , тобто,  $4,7 < 5,63$  – обробка можлива.

**2.2.10.** Знайдемо  $T_o$ :

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S_{xв}} = \frac{500 + 250 + 4}{315} = 2,38 \text{ хв}.$$

$l_2 = 250 \text{ мм}$  для напівчистового фрезерування  $D_\phi = 250 \text{ мм}$ .

$l_3 = 3\text{--}5 \text{ мм}$ , приймаємо  $l_3 = 4 \text{ мм}$ .

### 3. Зміст звіту

Студенти наводять розрахунки режимів на точіння та фрезерування: параметри інструментів,  $t$ ,  $S$ ,  $V$ ,  $P_Z$ ,  $N_e$ ,  $T_o$ .

### 4. Література: [1–2, 3, 6–14]

## Варіанти завдань

№	Точіння					Фрезерування			
	Матеріал вала	Розміри, мм		N, шт/рік		Матеріал основи	Припуск z, мм	V <sub>дет</sub> , мм	N, шт/рік
1	Сталь 45	Ø50	Ø45	Ø40	1000	СЧ15	1,5	150	1000
2	Сталь 45	Ø50	Ø40	Ø36	2000	СЧ15	2,0	150	2000
3	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	2000	Сталь 40Х	3,5	140	3000
4	Сталь 35ХМ	Ø50	Ø40	Ø36	5000	Сталь 40Х	5,0	140	4000
5	Сталь 3	Ø50	Ø48	Ø45	2000	Сталь 35	5,0	140	5000
6	Сталь 3	Ø50	Ø45	Ø40	1000	Сталь 45	3,0	150	10000

**5. Запитання для самоконтролю****5.1. Який параметр режиму впливає на величину  $T_0$ :**

- 1) кількість проходів
- 2) глибина різання
- 3) подача інструмента
- 4) припуск
- 5) частота обертання

**5.2. Якщо потужність по розрахунку виявилась більшою за встановлену, то який параметр зменшують:**

- 1) швидкість різання
- 2) подачу
- 3) глибину
- 4) припуск
- 5) кількість проходів

**5.3. Якщо подачу збільшують, то продуктивність зростає. А що в цьому негативного:**

- 1) зростає навантаження
- 2) зростає деформація
- 3) зростає зношування деталей пристосування
- 4) погіршується шорсткість
- 5) зростає потужність різання

## 2.8. Визначення норми часу на операцію фрезерування

**Мета роботи:** навчити студента вибирати елементи норми часу з довідниково-технічної літератури та вести розрахунки штучного або штучно-калькуляційного часу.

### 1. Загальні відомості

В серійному виробництві норма часу  $T_{шт-к}$  визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + \frac{T_{н.з}}{n} \quad (1)$$

Цю формулу можна переписати так:

$$T_{шт-к} = T_o + T_{доп} + T_{обсл} + T_{відп} + \frac{T_{н.з}}{n}; \quad (2)$$

де  $T_{шт}$  – норма штучного часу, хв;

$T_o$  – основний час, хв. Цей параметр визначають з виразу:

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot i = \frac{L_o + l_1 + l_2}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t}; \quad (3)$$

де  $L_o, L_o, l_1, l_2$  – довжини: обробки, деталі, врізання та перебігу, мм;

$S$  – подача,  $\frac{мм}{об}$ ;

$t$  – глибина різання, мм;

$z$  – припуск, мм;

$i$  – кількість проходів;

$n$  – частота обертання,  $\frac{об}{хв}$ . Цю величину знаходять:  $n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$ ;

де  $V$  – швидкість різання, м/хв;

$D$  – діаметр деталі (інструмента), мм.

$T_{доп}$  – допоміжний час, хв. Ця величина складається з:

$$T_{доп} = T_{доп1} + T_{доп2} + T_{доп3} \quad (4)$$

де  $T_{доп1}$  – час установки та зняття деталі, хв;

$T_{доп2}$  – час, пов'язаний з переходом (час на прохід), хв;

$T_{доп3}$  – час на контрольні вимірювання, хв.



$T_{обсл}$  – час на організаційне  $T_{орг}$  та технічне  $T_{тех}$  обслуговування робочого місця, *хв*;

$T_{відп}$  – час перерв на відпочинок та особисті потреби, *хв*;

$T_{п.з.}$  – підготовчо-заключний час на партію деталей, *хв*;

$n$  – розмір партії деталей, *шт.*

Для спрощення розрахунків в структурі норми вводять так званий оперативний час:  $T_{оп} = T_o + T_{дон}$ , а  $T_{обсл}$  та  $T_{відп}$  задають в вигляді коефіцієнтів  $\alpha$  та  $\beta$  від  $T_{оп}$ . Ефективність роботи робочого-верстатника часто оцінюють шляхом визначення коефіцієнта основного часу:

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт-к}}. \quad (5)$$

Досвід роботи показує, що чим більшим є цей коефіцієнт, тим ефективніше організована праця та вища її віддача.

Для довідки:  $K_o$  для універсальних верстатів із ручним керуванням  $\approx 0,4 \dots 0,5$ , для верстатів з ЧПК  $\approx 0,8$ , а для оброблюючих центрів  $\approx 0,95$ .

Завдяки ефективним методам обробки, верстатам та інструментам підвищення продуктивності праці, тобто зменшення  $T_o$ , можливе в дуже обмеженому діапазоні (до 10 %), а головне джерело підвищення – це економія  $T_{дон}$ ,  $T_{орг}$ ,  $T_{обсл}$ ,  $T_{відп}$  та  $T_{п.з.}$ , в основному – це зменшення  $T_{дон}$ .

Відомо, що фрезерування є високоефективним методом обробки плоских та фасонних поверхонь на відносно простих в технічному сенсі верстатах відносно дешевими лезовими інструментами – фрезами різної конструкції та дозволяє отримати точність обробки по  $h8-h9$ , а при особливих навичках навіть по  $h7$ .

## 2. Порядок виконання роботи

Кожен студент отримує у викладача завдання (табл. 2.8.1) з обробки плоскої деталі-плити на вертикально-фрезерному верстаті 6Р12 фрезою торцевою з установкою деталі у лещата машинні з ручним затиском (контроль – калібр-скобою). Партія деталей  $n = 100$  шт.

**Завдання по роботі.** Об'єкт обробки – деталь – плита розмірами  $L \times L \times H$  табл. 2.8.1.

**Зміст операції:** вертикально-фрезерна з обробки поверхні деталі – розмір 40 по 14 квалітету та з шорсткістю поверхні  $Ra 5$  мкм.

У відповідності з рекомендаціями (див. роботу № 2.2, табл. 2.2.4) виберемо метод обробки площин – фрезерування торцевими фрезами на вертикально-фрезерних верстатах із установкою деталі у машинних лещатах з ручним затиском і перевіркою деталі шаблоном (схема – рис. 2.8.1). Партія  $n = 100$  шт. Річна програма  $N = 3000$  шт.

## Зміст операції:

А. Встановити плиту в лещата, закріпити (зняти).

1. Фрезерувати поверхню в розмір 40IT14.

2. Контроль деталі.

У табл. 2.8.1 наведені варіанти завдань студентам, режими різання для відповідних об'єктів. Студент за номером завдання (розміри та маса об'єкта та його матеріал) знаходить рекомендовані значення:  $n$  об/хв;  $S$  мм/об;  $z$  мм та  $t$  мм.

У табл. 2.8.2–2.8.8 наведені вибірки з довідникової літератури за нормативами часу.

На прикладі завдання – варіант № 1 – розглянемо далі всю послідовність визначення елементів норми часу за умови, що  $L_1 = 100$  мм.

Порядок розрахунку ведемо так:

**2.1.** Знаходимо  $L_o$ , користуючись даними табл. 2.8.2;

**2.2.** Визначаємо  $T_o$  для заданого варіанта режиму;

**2.3.** Визначаємо  $T_{дон}$ , використовуючи дані табл. 2.8.3, 2.8.4, 2.8.5;

**2.4.** Знаходимо  $T_{обсл}$ ,  $T_{відн}$ , (табл. 2.8.6, 2.8.7);

**2.5.** Знаходимо  $T_{н.з.}$  на партію (табл. 2.8.8) та на одну деталь;

**2.6.** Визначаємо  $T_{он}$ ;

**2.7.** Знаходимо  $T_{умт}$ ;

**2.8.** Знаходимо  $T_{умт-к}$ ;

**2.9.** Розраховуємо  $K_o$ .

Виконаємо цифровий розрахунок для деталі  $L_1 \times L_2 \times H = 100 \times 125 \times 40$  мм, зі сталі масою 3,9 кг на режимах:

$n = 530$  хв<sup>-1</sup>;  $S = 0,12$  мм/об;  $t = 1,8$  мм;  $z = 3,6$  мм.

Розмір фрези  $D_\phi$  вибираємо зі співвідношення  $D_\phi = 1,6 \cdot B_\phi$ , де  $B_\phi$  – ширина обробки, у нашому випадку  $B_\phi = L_1 = 100$  мм і тоді  $D_\phi = 1,6 \cdot 100 = 160$  мм.

**2.10.** Приклад розрахунку:

$$L_o = l_o + l_1 + l_2 = 100 + 19 = 119 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t} = \frac{163}{530 \cdot 0,12} \cdot \frac{3,6}{1,8} = 3,742 \text{ хв} \approx 3,74 \text{ хв};$$

$$T_{дон} = T_y + T_n + T_n = 0,32 + 0,18 + 0,09 = 0,59 \text{ хв};$$

$$T_{он} = T_o + T_{дон} = 3,74 + 0,59 \approx 4,33 \text{ хв};$$

$$T_{обсл} = 3,5\% \text{ для верстатів II групи}; T_{відн} = 5\% ;$$

$T_{н.з.} = 16$  хв для верстатів II групи при установці у лещата без ділильної голівки при 1–2 фрезах;

$$T_{умт} = T_o + T_{дон} + T_{обсл} + T_{відн} = T_{он} \cdot (1 + 0,035 + 0,05) = 4,33 \cdot 1,085 = 4,7 \text{ хв};$$

$$T_{умт-к} = T_{умт} + \frac{T_{н.з.}}{n} = 4,7 + \left( \frac{16}{100} \right) = 4,86 \text{ хв};$$

$$K_o = \frac{T_o}{T_{шт-к}} = \frac{3,74}{4,86} = 0,77.$$

У порівнянні з довідниковими даними  $K_o = 0,77$  більше величини  $K_o$  для універсальних верстатів.

### 3. Зміст звіту

Студент наводить в протоколі схему операції фрезерування та дані розрахунків у відповідності з завданням:  $T_o$ ;  $T_{дон}$ ;  $T_{шт}$ ;  $T_{шт-к}$  та  $K_o$ .

В кінці робиться висновок про ефективність або неефективність варіанта виконуваної роботи.

### 4. Література: [1–2, 5–6, 8–12]

Таблиця 2.8.1

Варіанти завдань

№ вар	Розміри деталі, мм			Маса деталі, кг	Матеріал деталі	Режими обробки			
	$H$	$L_1$	$L_2$			$n, \text{хв}^{-1}$	$S, \text{мм/об}$	$z, \text{мм}$	$t, \text{мм}$
1	40	100	125	3,9	Сталь	530	0,09–0,018	3,6	1,8
2	60	120	200	11,2	Чавун	500	0,14–0,20	3,6	1,2
3	70	130	300	7,6	Ал 2	1600	0,3–0,5	4,2	1,4
4	80	280	100	24,5	Латунь	2000	0,3–0,5	4,4	2,2
5	80	140	55	4,8	Чавун	500	0,14–0,20	5	2,5
6	100	75	70	4,1	Сталь	530	0,09–0,18	6	3

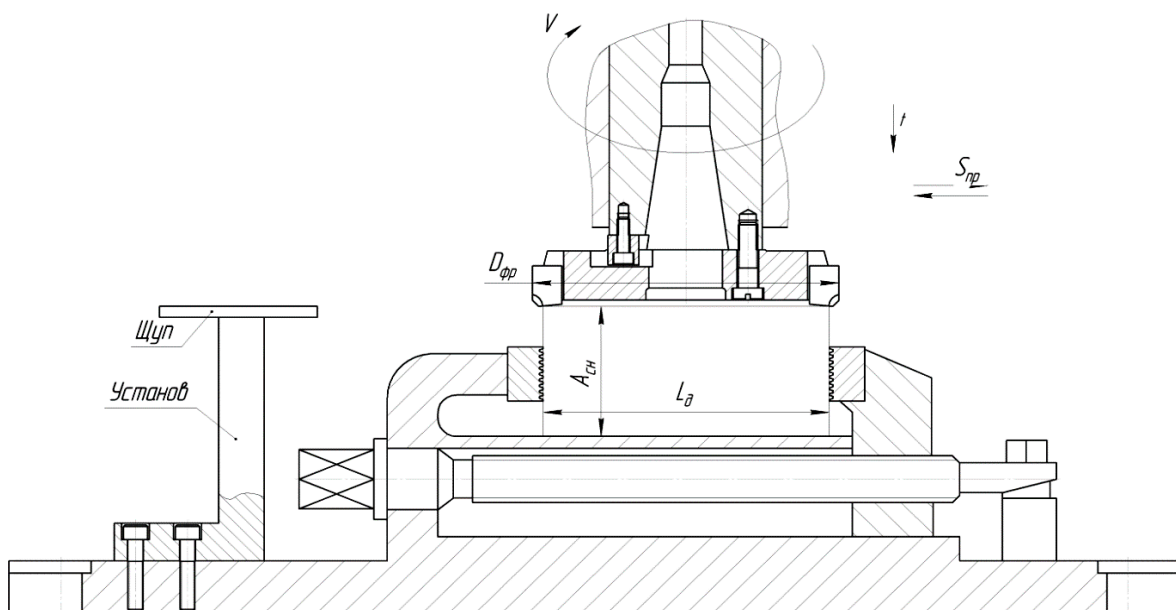


Рис. 2.8.1 Схема обробки

Таблиця 2.8.2

Сумарна величина врізання  $l_1$  та перебігу  $l_2$  при фрезеруванні, мм

Глибина різання	Діаметр фрези $D$ , мм									
	32	40	50	63	80	100	125	160	200	250
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	7	8	9	10	11	13	15	16	18	20
2	9	11	12	14	15	17	19	21	24	26
3	11	13	14	16	18	20	22	25	27	31
4	12	14	16	18	20	23	26	29	32	35
5	13	15	17	20	22	25	28	31	35	39
6	14	16	18	21	24	27	30	34	38	42
7	15	17	19	22	25	29	32	36	40	45
8	15	18	20	24	27	30	34	38	43	48
9	16	19	21	25	28	32	35	40	46	51
10	16	19	22	26	29	33	38	42	48	53
12		20	23	27	31	25	40	46	52	58
14			24	29	33	38	43	49	55	62
16			25	30	35	40	45	52	58	65
18				31	36	42	47	54	61	69
20				32	38	43	50	57	64	72
22				33	39	44	51	59	67	75
25					40	46	54	62	70	78
28					41	48	56	65	74	83
30						49	57	66	76	85
35						51	60	70	80	91
40							62	73	84	96

Таблиця 2.8.3

## Допоміжний час на установку та зняття деталі (установка в лещатах)

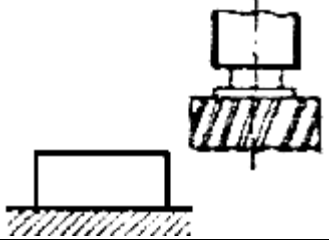
№ з/п	Спосіб установки деталі	Стан установочної поверхні	Характер вивірки	Кількість одночасно встановлених деталей	Вага деталі в кг до						
					5	8	12	20	30		
					Час в хв (на комплект встановлюваних деталей)						
1	2	3	4	5	6						
1	В лещатах з гвинто- вим затиском	Оброблена (або необроблена з прокату)	Без вивірки	1	0,32	0,36	0,41	0,46	0,55		
2				0,46	0,55	–	–	–			
3				0,60	–	–	–	–			
4				0,75	–	–	–	–			
5				–	–	–	–	–			
6				–	–	–	–	–			
7	В лещатах з пневма- тичним затиском	Необроблена (відливка)	З вивіркою	1	0,37	0,41	0,46	0,50	0,60		
1				0,95	1,05	1,25	1,5	1,7			
8				Оброблена (або необроблена з прокату)	Без вивірки	1	0,22	0,26	0,31	0,37	0,46
2						0,36	0,45	–	–	–	
3						0,50	–	–	–	–	
4						0,65	–	–	–	–	
6	–	–	–			–	–				
13	Необроблена (відливка)	З вивіркою	1			0,27	0,31	0,36	0,42	0,50	
14			1	0,85	0,95	1,15	1,4	1,6			

Примітка: 1. При переустановці деталі час по таблиці застосовувати з коефіцієнтом 0,8.

2. При установці деталей з легких сплавів час по таблиці застосовувати з коефіцієнтом 1,1

Таблиця 2.8.4



## Час на прохід

№ поз.			Група верстатів – II		
			Довжина стола – 1250 мм		
1	Фрезерування площин 	Фрезою, встановленою на розмір	0,18		
			З установкою фрези	По лімбу	0,30
				По розмітці	0,60
				По шаблону пристосування	0,38
Час на заходи, пов'язані з переходом, що не увійшли в комплекси					
2	Поставити та зняти щиток огороження від стружки		Шарнірний	0,06	
3			З'ємний	0,18	
4	Перемістити стіл в поздовжньому напрямку на довжину більше 200 мм при довжині переміщення в мм до		300	0,04	
5			500	0,09	
6			750	0,20	
7			1000	–	
8			1500	–	

Примітка: 1. При виконанні роботи з установкою фрези в 2х напрямках до табличного часу слід додавати 0,10 мм.

Таблиця 2.8.5

## Час на контрольні вимірювання

№ поз.	Вимірювальний інструмент	Точність вимірювання	Вимірювальний розмір в мм до			
			100	300	500	1000
			Час, хв			
1	2	3	4			
1	Шаблон або скоба лінійна одностороння	0,2...0,5мм	0,07	0,09	0,11	0,13
2		< 0,2 мм	0,10	0,13	0,16	0,20
3	Шаблон лінійний двосторонній	0,2...0,5мм	0,09	0,11	0,14	0,16
4		< 0,2 мм	0,12	0,16	0,20	0,25

Таблиця 2.8.6

## Час обслуговування

	Група верстатів			
	I	II	III	IV
Довжина стола (мм) до	750	1250	1800	2500
Відсоток від оперативного часу	3,0	3,5	4,0	4,5

Таблиця 2.8.7

## Час на відпочинок та природні потреби

Характер подачі	Вага деталі (кг) до	Машинно–ручний час, хв	Оперативний час операції (хв) до			
			0,1	0,2	0,5	1,0 і більше
Ручна	1	20		6	5	4
		40	7	6	6	5
		80		7	7	7
	5	20			6	5
		40	–	7	6	6
		80			7	8
	10	20			7	5
		40	–	–	7	6
		80			8	8
	20 та більше	20				7
		40				8
		80	–	–	8	9
Механічна	–	–	4	4	4	4

Таблиця 2.8.8

## Час підготовчо-заклучний

Спосіб установки деталі		Кількість встановлений фрез	Група верстатів				
			I	II	III	IV	
			Довжина стола в мм до				
			750	1250	1500	2500	
				Час, хв			
В універсальному пристосуванні (патрон, патрон з центром, центри, болти з планками, лещата)	Без ділильної головки	–	10	11	12	13	
		1–2	14	16	18	20	
		понад 2	16	19	22	24	
	3 ділильною головкою	–	16	17	20	21	
		1–2	20	22	26	28	
		понад 2	22	25	30	32	
У спеціальному пристосуванні при установці пристосування	Вручну	–	13	16	19	21	
		1–2	17	21	25	28	
		понад 2	19	24	28	32	
	Краном	–	15	18	21	24	
		1–2	19	23	27	31	
		понад 2	21	26	30	35	
В універсальному або спеціальному пристосуванні при груповій обробці деталей (часткова наладка верстата без зміни пристосування)	–	5	8	9	10		
	1–2	10	11	13	14		
	понад 2	12	13	16	17		

Для розрахунку  $T_o$ ,  $T_{доп}$ ,  $T_{обсл}$ ,  $T_{відп}$ , та  $T_{п.з.}$  для фрезерування площин.

## 5. Запитання для самоконтролю

5.1. Який параметр режиму впливає на величину  $T_o$  ?

1) кількість проходів

- 2) глибина різання
- 3) подача інструмента
- 4) припуск
- 5) частота обертання

**5.2. Якщо потужність за розрахунком виявилась більше встановленої, то який параметр зменшують?**

- 1) швидкість різання
- 2) подачу
- 3) глибину
- 4) припуск
- 5) кількість проходів

**5.3. Якщо подачу збільшують, то продуктивність зростає. Що в цьому негативного?**

- 1) збільшується навантаження
- 2) збільшується деформація
- 3) збільшується зношування елементів
- 4) погіршується шорсткість
- 5) збільшується потужність різання.

## 2.9. Обґрунтування доцільності вибору механізованого пристосування

**Мета роботи:** навчити студента обґрунтовувати доцільність вибору варіанта пристосування за показниками ефективності технологічної операції.

### 1. Загальні відомості

Показниками ефективності технологічного процесу або окремої його операції є трудомісткість та собівартість, наприклад, штучно-калькуляційний час,  $T_{шт-к}$ , хв та цехова собівартість  $C_T$ , грн:

$$C_T = A \cdot T_{шт-к}, \quad (1)$$

де  $A$  – вартість верстато-години або верстато-хвилини роботи верстата, грн/год або грн/хв.

В практиці роботи технолога при обмежених фінансових ресурсах часто виникає питання доцільності застосування більш продуктивного вартісного та складного рішення замість більш простого та менш витратного, але менш продуктивного. Наприклад, застосувати інструмент з НТМ (вища стійкість, менше переточувань, вищі швидкість різання та подача, але значно вища вартість) замість інструмента твердосплавного або зі швидкорізальних сталей; спроектувати, виготовити та запровадити спеціальне механізоване пристосування замість універсального з ручним приводом (складність та вартість першого вища, але менші втрати часу на обробку) та ін.

Якщо уявити, що нормативні дані по розрахунку параметра  $A$  в формулі (1) наведені для найбільш універсального варіанта, то тоді, розглядаючи новий варіант, необхідно було би цю формулу записати так:

$$C_{T_H} = A \cdot T_{шт-к} + (C_H - C_{II}) / N, \quad (2)$$

де  $C_H$  – вартість нового варіанта (інструмента, пристосування та ін.), грн;

$C_{II}$  – вартість попереднього рішення, грн;

$N$  – загальна кількість об'єктів деталей, циклів та ін., які реалізуються за новим варіантом.

У нашій роботі скористаємося процесом, об'єктом та прикладом розрахунку з роботи № 2.8: на вертикально-фрезерному верстаті 6P12 обробляється плита до розміру  $H$ , встановлена у машинні лещата з ручним затиском.

Новим варіантом буде доцільність використання спеціальних лещат із пневмозатискачем замість прототипу.

Відомо, що звичайні лещата складаються з  $K$  деталей, середня вартість кожної з них складає приблизно  $C_d$ , грн, тобто приблизна вартість прототипу:



$$C_{II} = K \cdot C_{\partial}. \quad (3)$$

Механізовані лещата складаються приблизно з  $K'$  деталей середньої складності та тієї ж вартості  $C_{\partial}$ , тобто:

$$C_H = K' \cdot C_{\partial}. \quad (4)$$

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Кожен студент отримує завдання на виконання роботи (див. роботу № 2.8) і має цифрові дані по визначенню  $T_{шт-к}$  – ці цифрові дані – прототип.

**2.2.** Нове рішення – застосування механізованого пристосування приведе до зміни  $T_{дон}$  та тому, користуючись даними табл. 2.8.3–2.8.5 роботи № 2.8, визначимо:

$$T_{дон H} = T_{дон H_1} + T_{дон H_2} + T_{дон H_3}. \quad (5)$$

**2.3.** Знайдемо:

$$T_{он H} = T_o + T_{дон H}. \quad (6)$$

**2.4.** Знайдемо  $T_{обсл}$  та  $T_{відп}$  (табл. 2.8.6, 2.8.7) і  $T_{н.з.}$  (табл. 2.8.8) для нового варіанта.

**2.5.** Визначимо  $T_{шт-кH}$ .

**2.6.** Задаєм значеннями  $K, K'$  і  $C_{\partial}$  із формул 3 та 4 та визначим  $C_{II}$  та  $C_H$ .

**2.7.** Визначим  $C_{T_{II}}$  та  $C_{T_H}$  і порівняємо ці значення з допущенням, що ми будемо працювати 1 рік та випустимо  $N_{дем} = 300 шт/рік$ .

**2.8.** Виконаємо цифровий розрахунок для варіанта № 1 (табл. 2.7.1 з роб. 2.8.).

**2.8.1.** Приймемо  $T_o = 3,74 хв$ .

**2.8.2.** Визначимо  $T_{дон H} = 0,22 + 0,18 + 0,09 = 0,49 хв$ .

**2.8.3.** Визначимо  $T_{он H} = 3,74 + 0,49 = 4,23 хв$ .

**2.8.4.** Визначимо:  $T_{обсл}$  (3,5 % від  $T_{он}$ ) = 0,15 хв.

$T_{відп}$  (5 % від  $T_{он}$ ) = 0,21 хв.

$T_{н.з.}$  на деталь = 16 / 100 = 0,16 хв.

**2.8.5.** Визначимо  $T_{шт-кH} = 4,23 + 0,15 + 0,21 + 0,16 = 4,75 хв$ .

**2.8.6.** Задаєм значенням:  $K = 10$  деталей;  $K' = 22$  деталі;  $C_{\partial} = 50 грн/шт$  і визначим  $C_{II}$  та  $C_H$ :  $C_{II} = 10 \cdot 50 = 500 грн$ ;  $C_H = 22 \cdot 50 = 1100 грн$ .

**2.8.7.** Передбачаючи, що  $A$  на фрезерному верстаті 1,45 грн/хв, знайдемо значення  $C_{T_{II}}$  та  $C_{T_H}$ :

$$C_{T_{II}} = 1,45 \cdot 4,86 (T_{шт-кH} \text{ з роботи № 2.8}) = 7,05 грн;$$

$$C_{T_H} = 1,45 \cdot 4,75 + \frac{1100 - 500}{3000} = 6,89 + 0,2 = 7,09 \text{ грн.}$$

Співставлення двох значень  $C_T$  не на користь нового варіанта, але, якщо уявити, що спеціальні пристосування функціонують 2–2,5 роки, а не 1 рік, як в нашому припущенні, то при програмі сумарного випуску  $N_\Sigma = 3750$  деталей та більше  $C_{T_\Pi} = C_{T_H}$ , а далі зменшиться, тобто нове рішення буде економічно виправданим, а на партію 3750 деталей економія часу складе:

$$(T_{шт-кП} - T_{шт-кН}) \cdot 3750 = 0,11 \cdot 3750 \approx 413 \text{ хв.}$$

За цей час можна додатково виготовити 87 деталей.

### 3. Зміст звіту

**3.1.** В протоколі роботи студент наводить:

- схему операції фрезерування;
- дані розрахунків  $T_{шт-кП}$  та  $T_{шт-кН}$ ;  $C_{T_\Pi}$  та  $C_{T_H}$ .

**3.2.** В кінці роботи робляться висновки про доцільність застосування нового варіанту.

### 4. Література: [6, 7, 8]

### 5. Запитання для самоконтролю

**5.1. Використання механізованого привода пристосування зменшує:**

- 1) час зняття стружки;
- 2) час на вимірювання;
- 3) час на установку виробу;
- 4) час на зміну інструмента;
- 5) час на керування верстатом.

**5.2. Механізований привід пристосування може бути на основі:**

- 1) гідроприводу;
- 2) пневмоприводу;
- 3) пневмогідроприводу;
- 4) електромеханічного приводу;
- 5) вакуумного приводу.

**5.3. Механізований привід пристосування сприяє:**

- 1) подорожчання пристосування;
- 2) ускладненню пристосування;
- 3) зниженню трудоемності обробки;
- 4) зниженню собівартості;
- 5) підвищенню продуктивності праці.

## 2.10. Дослідження зношування інструментів та пристосувань та розрахунок їх необхідності

**Мета роботи:** дослідити зношування різців та оснастки (пристосувань) при токарній обробці; навчитися вести розрахунок витрат, заміни та переточувань різців та оснастки.

### 1. Загальні відомості

Точність обробки залежить від величини систематичної похибки, однією з головних складових якої є зношування елементів верстатів, пристосувань та інструментів.

Найбільший темп зношування мають різальні інструменти та опорні елементи пристосувань (патронів, центрів тощо).

Для токарних різців, особливо працюючих на чорнових операціях або переходах, темп зношування особливо великий. У табл. 2.10.1 і 2.10.2 наведені допустимі зношування  $U_{\Sigma}$  та середні величини стійкості  $T_m$  для різців з різних інструментальних матеріалів.

Розрахунок зношування інструмента  $U$ , мкм, яке впливає на точність обробки, припустимо до умов нормального зношування, ведеться так:

$$U = \frac{U_o \cdot L_p}{10^6} \quad (1)$$

де  $U_o$  – відносне зношування інструмента, мкм/км;  
 $L_p$  – довжина шляху різання, км;

$$L_p = L_{o1} + L_{ood} = \frac{\pi \cdot D \cdot L_o}{10^6 \cdot S} + L_{ood}, \quad (2)$$

де  $L_{o1}$  та  $L_{ood}$ ,  $L_o$  – відповідно довжина обробки, додатковий шлях різання та довжина деталі;

$D$  – діаметр циліндричної частини деталі, мм;

$S$  – подача, мм/об.

$L_{ood}$  – в середньому приймають рівним  $1000 \text{ м} = 1 \text{ км}$ .

Зношування інструмента відбувається в період контакту з виробом під навантаженням в динамічних умовах, тобто, в період дії основного часу  $T_o$ :

$$T_o = \frac{L_o + l_1 + l_2}{n \cdot S} \quad (3)$$

де  $n = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D}$  – частота обертання шпинделя, об/хв,

$V_p$  – швидкість різання, м/хв.

Якщо приймемо реальні умови роботи різця по обробці деталі з параметрами  $D$  та  $L_d$  на заданому режимі, то можемо визначити величину хвилинного зношування різця  $U_{xв}$ :

$$U_{xв} = \frac{U}{T_o} \quad (4)$$

Задавшись з табл. 2.10.2 періодом стійкості різця для реальних умов  $T_m$ , можна визначити зношування різця за період стійкості  $U_{Tm}$ :

$$U_{Tm} = U_{xв} \cdot T_m \quad (5)$$

Задаючись допустимими зношуваннями різця  $U_{\Sigma}$  (табл. 2.10.1) для тих самих умов, можна знайти загальну кількість циклів роботи різця  $K$ :

$$K = \frac{U_{\Sigma}}{U_{Tm}} \quad (6)$$

Прийнято вважати, що нормальний різець може пройти 8–12 переточувань ( $\Pi$ ). Приймемо середню величину  $\Pi = 10$ , тоді звідси можна визначити потребу в інструменті  $P_p$ , наприклад, за рік його роботи, якщо ним належить виготовити  $N$  виробів.

$$P = \frac{U_{xв} \cdot T_o \cdot N}{\Pi \cdot U_{Tm}} \quad (7)$$

Оснасткою токарних верстатів є патрони різної конструкції, люнети, центри рухомі та нерухомі.

Для забезпечення точності чистової обробки деталі по 7–8 квалітету похибка виготовлення оснастки повинна складати  $U_{nox.vuz} = 5 \dots 20$  мкм в залежності від методу обробки, в якому вона застосовується. Оскільки величина сумарного поля розсіювання розмірів партії заготовок  $\omega$ , оброблених на верстатах, залежить від похибки пристосування, то й похибки обробки залежать від цієї величини, але до цього випадкового фактору додається ще й систематичний – зношування пристосування в часі.

При токарній обробці зношуванню піддаються опорні елементи патронів – кулачки, опори люнетів та конічні поверхні центрів. Зношування цих поверхонь  $U_n$  наведено у табл. 2.10.3, але без врахування часу контакту та умов зношування. Реальне зношування:

$$U_{n_p} = U_n \cdot K_T \cdot K_y \cdot K_L \quad (8)$$

де  $K_T = 0,79 \cdot T_{um}$  – коефіцієнт урахування часу контакту –  $T_{um} \cong 2 \cdot T_o$ , хв;

$K_y$  – коефіцієнт умов зношування, його величина складає:  $K_y = 1,58$  (шліфування чавуну без охолодження);  $K_y = 1,32$  (шліфування загартованої сталі

із ЗОТС);  $K_y = 1,12$  (точіння, фрезерування, свердління чавуну без охолодження);  $K_y = 1,0$  (те ж, але незагартованої сталі);  $K_y = 0,94$  (те ж, але із ЗОТС);

$K_L$  – коефіцієнт врахування довжини шляху ковзання заготовки при установці.  $K_L = 1$  (універсальні верстати,  $L$  до 25 мм);  $K_L = 1,25$  (спеціальні верстати,  $L = 25 \dots 100$  мм);  $K_L = 1,51$  (спеціальні верстати,  $L > 100$  мм).

Уявімо, що  $U_{np} = U_{виг}$  – тоді для токарних верстатів ці величини можуть досягти  $U_{виг} = 20$  мкм.

Задаючись величиною партії заготовок  $N$  (а це кількість контактів заготовки, наприклад, із кулачками патрона), за табл. 2.10.3 можна знайти для установочної опори величину  $U_n$ .

Використовуючи коефіцієнти  $K_T$ ,  $K_y$  та  $K_L$ , визначимо  $U_{np}$  та знайдемо циклів роботи пристосувань:

$$N_{np} = \frac{U_{np}}{U_{виг}} \quad (9)$$

## 2. Порядок виконання роботи

Реальний технологічний процес: на ТГВС обробляють вал зі сталі 45 ( $HB = 220$ ) розміром  $D \times L$  прохідним різцем Т30К4 ( $b \times h = 40 \times 40$  мм) з програмою випуску  $N$ .

Установка вала у трикулачковий патрон ( $l$  кулачків = 100 мм) з підтисканням заднім центром.

Режим різання:  $V_p = 100$  м/хв;  $t = 0,5$  мм;  $S = 0,15$  мм/об;  $z = 0,5$  мм.

У табл. 2.10.4 наведені варіанти завдань, та кожен студент отримує його та вирішує 2 задачі:

**Задача 1.** Встановити витрати патронів на річну програму випуску валів за умови чистової обробки.

**Задача 2.** Встановити витрати різців на річну програму випуску валів.

**2.1.** Задаємося величиною  $U_o$  [1]. Для чистового точіння сталі 45 різцем Т30К4 –  $U_o = 6,5$  мкм/км.  $L_o = 1$  км.

**2.2.** Визначено –  $L_p$ ;

**2.3.** Визначено –  $U$ ;

**2.4.** Визначено –  $T_o$ ;

**2.5.** Період стійкості різця –  $T_m$  (табл. 2.10.2);

**2.6.** Знос хвилинний –  $T_o$ ;

**2.7.** Визначимо знос різця за період стійкості –  $U_{T_m}$ ;

**2.8.** Визначимо число циклів роботи різця –  $K$ , задаючись з табл. 2.10.1 значенням –  $U_\Sigma = 0,8-1,0$  мм.

**2.9.** Визначимо потребу в різцях –  $P$ .

**2.10.** Для заданої програми випуску валів знайдемо з табл. 3.2.10 значення  $U_n$ .

$$2.11. U_{np} = U_n \cdot K_T \cdot K_y \cdot K_L;$$

де  $K_T = 0,79 \cdot T_{шт} = 0,79 \cdot 2 \cdot T_o$ ;

$K_y = 1,0$  (точіння незагартованої сталі);

$K_L = 1,25$  ( $L_{кулачка} = 100$  мм).

2.12. Визначимо витрату патронів  $N_{np}$ .

На прикладі завдання №1 проведемо розрахунок.

2.13.1. Визначимо  $L_p$ :

$$L_p = \frac{3,14 \cdot 100 \cdot 30}{10^6 \cdot 0,15} + 1 = 1,63 \text{ мкм.}$$

2.13.2. Визначимо  $U$ :  $U = 6,5 \cdot 1,63 = 10,6$  мкм.

2.13.3. Знайдемо  $T_o$ :

$$T_o = \frac{300 + 6}{315 \cdot 0,15} = 6,48 \text{ хв,}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 100} = 315 \text{ хв}^{-1}.$$

2.13.4. Задаєм  $T_{хв}$ :

Прохідний різець  $40 \times 40$  мм із Т30К4 по сталі має  $T_m = 40 \dots 75$  хв, приймаємо  $T_m = 60$  хв.

2.13.5. Визначимо  $U_{хв}$ :

$$U_{хв} = \frac{10,6}{6,48} = 1,64 \text{ мкм/хв.}$$

2.13.6. Визначимо  $U_{Тм}$ :  $U_{Тм} = 1,64 \cdot 60 = 98$  мкм.

2.13.7. Визначимо  $K$ :

$$K = \frac{0,9}{0,098} \cong 9,2 \text{ циклу} = 10 \text{ циклів.}$$

2.13.8. Визначимо  $P$ :

$$P = \frac{1,64 \cdot 6,48 \cdot 5000}{10 \cdot 98} = 54 \text{ шт.}$$

2.13.9. Знайдемо значення  $U_n$  для програми 5000 шт:

$U_n = 0,016$  мм.

2.13.10. Знайдемо  $U_{np}$ :  $U_{np} = 0,016 \cdot 0,79 \cdot 2 \cdot 6,48 \cdot 1 \cdot 1,25 = 0,205$  мм;

2.13.11. Визначимо  $N_{np}$ :  $N_{np} = 0,205 / 0,02$  шт.

Кулачки патронів змінні, їх доведеться за рік  $\sim 10$  разів замінити або відновити.

### 3. Зміст звіту

Студент у протоколі наводить схему наладки процесу точіння заготовки. Наводить значення  $T_o$ ,  $T_{шт}$ ,  $T_m$ ,  $U_{хв}$ ,  $U_{Тм}$ ,  $P$ ,  $U_{np}$  та  $N_{np}$ . В кінці протоколу робляться висновки.

### 4. Література:[1–2, 3–6]

Додаток 3.1

Таблиця 2.10.1

Допустиме зношування токарних різців  $U_{\Sigma}$

№ з/п	Тип різця	Матеріал різця	Режим	Сталь, сталеве литво		Сірий чавун	
				Умови роботи	$U_{\Sigma}$ , мм	Умови роботи	$U_{\Sigma}$ , мм
1	Прохідні, підрізні, розточні	Швидко-різальна сталь	З охолодженням	–	1,5–2,0	Обдирка	3,0 – 4,0
			Без охолодження	–	0,3–0,5	Чист. обр	1,5 – 2,0
2	Прохідні, відрізні	– // –	З охолодженням	–	0,8–1,0	–	–
			Без охолодження	–	0,3–0,5	–	1,5 – 2,0
3	Прохідні, підрізні, розточні	T15K10 T154K8 T15K6 T15K6T	З охолодженням	–	0,8–1,0	–	–
4	– // –	T30K4 T30K6	– // –	–	0,8–1,0	–	–
5	– // –	BK8, BK6	– // –	–	–	–	0,8–1,0
6	– // –	BK3	– // –	–	–	–	–
7	– // –	– // –	$S \geq 0,3$ мм/об	–	–	–	0,6–0,8
			$S \leq 0,3$ мм/об	–	–	–	1,4–1,7

Таблиця 2.10.2

Середні величини періоду стійкості різців  $T_m$ , хв

№ з/п	Тип різця	Розміри різців, мм	Різці зі швидкорізальної сталі		Різці твердосплавні
			по сталі	по чавуну	по сталі та чавуну
1	Прохідні, (прямі та відігнуті) Підрізні	16 × 25 20 × 30	30–50	40–60	25–40
		25 × 40 40 × 40			
2	Відрізні, прорізні	16 × 25 20 × 30 25 × 40 30 × 40	15–25	25–45	25–50

Таблиця 2.10.3

Середнє зношування елементів пристосування  $U_n$ , мкм при кількості контактів  $N$

№ з/п	Елемент (деталь) пристосування	$N$						
		2	5	10	20	40	100	150
1	Пластина установочна	2	7	12	18	25	35	45
2	Палець установочний (шар)	8	15	25	43	70	122	128
3	Опора установочна	8	16	27	40	57	99	134
4	Призма установочна	5	9	15	23	33	62	86
5	Палець (по циліндру)	4	5	10	15	20	35	45

## Варіанти завдань

№ вар.	Розміри вала, мм				Шлях врізання, $l_1, мм$	Шлях перебігу, $l_2, мм$	Річна програма, $N, шт$
	діаметр		довжина				
	розмір	допуск	розмір	допуск			
1	100	-0,2	300	-1,5	3	3	5000
2	100	-0,2	150	-0,2	3	3	10000
3	120	-0,2	500	-0,2	3	3	10000
4	120	-0,2	300	-1,5	3	3	20000
5	80	-0,15	220	-0,2	3	3	20000
6	80	-0,15	120	-0,2	3	3	40000

**5. Запитання для самоконтролю:****5.1. Зношування інструмента найбільшою мірою пов'язано з:**

- 1) глибиною різання;
- 2) частотою обертання;
- 3) довжиною обробки;
- 4) кількістю проходів;
- 5) припуском.

**5.2. Який з параметрів у ланому випадку максимально впливає на зношування інструмента:**

$$T_o = \frac{L_o}{n \cdot S} \cdot \frac{z}{t}$$

- 1)  $L_o$ ;
- 2)  $n$ ;
- 3)  $S$ ;
- 4)  $z$ ;
- 5)  $t$ .

**5.3. Який з параметрів часу у наведеній формулі пов'язаний зі зношуванням пристосування:**

$$T_{шт-к} = T_o + T_{дон} + T_{обсл} + T_{відп} + \frac{T_{н.з.}}{n}$$

- 1)  $T_o$ ;
- 2)  $T_{дон}$ ;
- 3)  $T_{обсл}$ ;
- 4)  $T_{н.з.}$ ;
- 5)  $n$ .



## 2.11. Аналіз заводського технологічного процесу механічної обробки типової деталі

**Мета роботи:** ознайомити студента з основною технологічною інформацією та документацією діючого підприємства; навчити вмінню вести аналіз документів.

### 1. Загальні відомості

В умовах серійного або крупносерійного виробництва машин та їх деталей на підприємствах постійно виникає потреба в модернізації, вдосконаленні або навіть заміні конструкцій деталей та складальних одиниць і, відповідно, в зміні не тільки конструкторської, але і технологічної документації. Оскільки зміни в технологічній документації зачіпають дуже великий пласт матеріальних об'єктів (верстатів або машин, пристосувань, інструментів тощо), то перед цією роботою необхідно проаналізувати діючу технологічну документацію.

Основним документом технолога на підприємстві є маршрутна карта (МК), і саме її аналізу присвячена ця робота.

Для аналізу необхідні вихідні матеріали та деякі дані з діючого виробництва. До них відносять: робоче креслення деталі, креслення складальної одиниці, на якому видно дану деталь та спряжені деталі, креслення вихідної заготовки, технологічний процес на МК, дані про об'єми випуску деталей на рік.

Аналіз проводять в наступній послідовності.

**1.1.** Вивчення робочого креслення з метою встановлення найменування деталі, її позначення, номера креслення; короткий опис конструкції деталі, її матеріалу (зі вказанням стандарту), термообробки та необхідних результатів по твердості ( $HRC_e$ ;  $HB$ ); наявності та характеру технічних вимог, які впливають на механічну обробку; встановлення технологічного коду, характеристики по жорсткості, міцності, точності, шорсткості, трудоемності.

**1.2.** Виявлення конструкторських баз деталі як основних, так і допоміжних по складальному кресленню або загальному виду складальної одиниці, в яку входить дана деталь. Це можна виконати і по робочому кресленню деталі, орієнтуючись на простановку розмірів, їх точність та поля допусків, а також по функціональному призначенню поверхонь деталі.

**1.3.** Детальне вивчення креслення вихідної заготовки з метою встановлення її виду та способу виготовлення, її відповідності стандартам,

класу точності заготовки, наявності на її поверхнях нахилів, напусків та ін., величини загальних припусків на основних поверхнях.

Важливо звернути увагу на масу вихідної заготовки, визначити коефіцієнт використання матеріалу та дати заключення про правильність вибору виду заготовки. Необхідно також запропонувати можливі перспективні види отримання вихідної заготовки для даної деталі.

**1.4.** Розгляд та аналіз плану технологічного процесу механічної обробки деталі виконується по МК.

Аналіз технологічного процесу (ТП) за характерними рисами:

- за кількістю виробів, яку охоплює ТП – типовий або одиничний;
- за призначенням – робочий або перспективний;
- за документацією – маршрутно-операційний, операційний, маршрутний.

Структура технологічного процесу. Загальна кількість операцій у ТП, зокрема, верстатних, слюсарних, термічних, контрольних, мийних тощо.

Показники трудоемності виробу – сумарний штучний час  $\Sigma T_{шт}$  і сумарний штучно-калькуляційний час  $\Sigma T_{шт-к} = \Sigma T_{шт} + \Sigma T_{пз.шт}$ .

**1.5.** Технологічні бази у механообробних операціях.

Поверхні, прийняті в якості чорнової технологічної бази та правильність їх вибору (скільки разів використовується та ін.).

Поверхні, обрані в якості чистових баз, дотримання принципів суміщення баз, постійності баз.

**1.6.** Найменування, головна мета, зміст технологічних операцій.

**1.7.** Виявлення принципів, на яких ґрунтується послідовність виконання операцій.

**1.8.** Основні показники технологічного процесу (вид технологічного процесу по дотриманню принципів концентрації та диференціації).

**1.9.** Оформлення титульного листа та маршрутної карти. Форми МК, що використовуються в цьому процесі; зауваження по їх оформленню, правильність нумерації операції та операційних документів у маршрутній карті.

## **2. Порядок виконання роботи**

Перед початком роботи кожен студент отримує у викладача завдання: креслення деталі, креслення складальної одиниці (за необхідності), маршрутний техпроцес конкретного заводу на МК та річну програму випуску  $N, шт/рік$ . На прикладі однієї з деталей наведемо приклад виконання аналізу.

На рис. 2.11.1 наведений об'єкт – зубчасте колесо – частина механізму коробки передач верстата.

**2.1.** Деталь – зубчасте колесо (конструкторський код АБВГ.406121.006) являє собою монолітне зубчасте циліндричне колесо з зовнішніми прямими

зубами, з центральним наскрізним отвором, круглим в поперечному перетині, без ступиці. Матеріал – сталь 40Х. Маса деталі 7,5 кг. Зовнішній діаметр колеса  $d = 180$  мм, ширина  $b = 50$  мм, отвір  $D = 80H7$  (розмір високої точності та з малою шорсткістю  $Ra = 0,4$  мкм). Шорсткість зовнішньої поверхні  $Ra = 5$  мкм, торців  $Ra = 1,6$  мкм та  $3,2$  мкм. Технологічний код – А35114.2442240В.

Зуби евольвентні  $m = 2,5$  мм,  $z = 70$ , шорсткість їх робочих поверхонь  $Ra = 1,6$  мкм. Зуби загартовані до твердості  $HRC_e 51...55$ . Ступінь точності зубів 8 – 7 – 7 – 8.

В отворі є шпонковий паз шириною 20H8.

Є допуски, що обмежують радіальне биття зубів, торцеве биття торців і таке інше.

Загальна твердість металу  $HB 230...285$  досягається на вихідній заготовці гартуванням із високим відпуском (поліпшенням), проведеним перед механічною обробкою.

Деталь технологічна. Найбільш складними елементами деталі є зуби високої точності та точний отвір, які вимагають багаторазової механічної обробкою.

Розгляд фрагментів складальної одиниці дозволяє з'ясувати конструкторську базу деталі. У нашому випадку основною конструкторською базою є поверхні: отвір  $\varnothing 80H7$ , один із торців і шпонковий паз  $b = 20H8$ ; а допоміжною – робочі поверхні зубів, якими вона входить в зачеплення з іншим зубчастим колесом.

В якості вихідної заготовки для даної деталі обрана поковка-штамповка  $d_o = 186,6$  мм,  $B_o = 55,6$  мм із отвором  $D_o = 75$  мм (рис. 2.11.2).

З розгляду ескізу заготовки можна встати величини загальних припусків на механічну обробку:  $2z_{заг} = 186,6 - 180 = 6,6$  мм;  $2z_{заг} = 80 - 75 = 15$  мм;  $2z_{заг} = 55,6 - 50,0 = 5,60$  мм.

Маса вихідної заготовки  $M_o = 9,887$  кг і  $K_{вик.М} = 7,5/9,887 = 0,76$ , що відповідає нормам і свідчить про правильний підхід у виборі заготовки.

Вихідна заготовка буде піддана термообробці, після чого вона повинна бути очищеною від окалини.

**2.2.** Аналіз технологічного процесу по МК (рис. 2.11.3). З розгляду МК технологічного процесу встановимо план процесу та його основні риси.

Технологічний процес, що розглядається – одиничний (охоплює одну конкретну деталь), за призначенням – робочий; за документацією та ступенем деталізації опису – маршрутно-операційний.

На прикладі процесу (табл. 2.11.1) проведемо аналіз.

Загальна кількість операцій – 14, в тому числі: верстатних – 9, електротермічних – 1, електрохімічних – 1, слюсарних – 1, мийних – 1, контрольних – 1 (табл. 2.11.1).

Показники трудоемності деталі встановлюються шляхом додавання даних у двох останніх графах МК. Сума – штучно-калькуляційного часу (табл. 2.11.1).

Розглядаючи найменування та зміст операцій, можна встановити мету операцій та правильність прийнятої послідовності операцій, якому принципу (концентрації або диференціації) відповідає більшість операцій.

**2.3.** В кінці роботи перевіряють, на якому бланку оформлена МК та чи відповідає він ГОСТ 3.1118-89 (не діючий в Україні з 2019 р.). Оскільки це форма 1, то бланк у відповідності з видом технологічного процесу – одиничного – вибраний правильно (рис. 2.11.3). Всі графи МК заповнені правильно. У технологічних документах кодом АБВГ умовно показаний код організації-розробника.

Таблиця 2.11.1

### Структура техпроцесу

Номер операції	Код і найменування операції	Зміст операції	Штучно-калькуляційний час $T_{шт} + T_{н.з.}$ , хв
005	4111. Токарно-револьверна	Підрізати торець та точити зовнішню поверхню до кулачків, попередньо, зенкувати отвір та фаску та розгорнути отвір попередньо та остаточно	6,37
010	4111. Токарно-револьверна	Точити зовнішню поверхню до кулачків попередньо та зенкувати фаску	2,85
015	4133. Плоско-шліфувальна	Шліфувати необроблений торець одноразово	3,12
020	4133. Плоско-шліфувальна	Шліфувати торець перший остаточно	3,12
025	4181. Горизонтально-протяжна	Протягнути шпонковий паз	1,05
030	7112. Автоматна токарна	Точити зовнішню поверхню та 2 фаски остаточно	2,07
035	0190. Слюсарна	Зняти заруусенці та притупити гострі кромки	1,0
040	4153. Зубофрезерна	Фрезерувати зуби під шевінгування	5,1
045	4157. Зубошевінгувальна	Шевінгувати зуби	1,2
050	5130. Електротермічна	Закалка зубів з нагрівом зубів ТВЧ	–
055	4158. Зубохонінгувальна	Хонінгувати зуби остаточно	1,5
060	7261. Електрохімічна	Електрохімічне розчинення заусенців та округлення гострих кромок	–
065	0130. Мийна	Мийка деталей	–
070	0200. Контрольна	Контроль остаточно	–

Послідовність та зміст операцій, наведених у табл. № 2.11.1, викладені детально з навчальною метою.

**2.4.** Розглянувши всі операційні ескізи, можна встановити:

- 1) поверхні, прийняті за чорнову технологічну базу, та перевірити, чи правильно вони вибрані;
- 2) поверхні, прийняті за чистові бази, та перевірити, чи правильно вони вибрані та чи зберігаються принцип постійності баз та принцип суміщення їх з конструкторською базою;
- 3) розподілення загального припуску на механічну обробку на операційні припуски по операційним ескізам (це пояснить появу міжопераційних розмірів, а також покаже, чи правильно встановлена глибина різання  $t$  для кожного переходу).

Проаналізуємо зовнішню поверхню, яка у вихідної заготовки рівна  $\varnothing 186,6_{-0,6}^{+1,0}$ , а у деталі –  $\varnothing 180h11_{(-0,25)}$ . Допуск розміру вихідної заготовки  $T_o = 1,6$  мм відповідає приблизно 15-му квалітету, а допуск розміру деталі 11-го квалітету. Перепад квалітетів –  $15-11 = 4$ . При такому перепаді достатньо виконати 2 переходи: з 15-го до 13-го та з 13-го до 11-го квалітету, або з 15-го до 12-го та з 12-го до 11-го.

**2.5.** Визначимо трудомісткість механічної обробки даної деталі:

$$T_{\text{шт-к}\Sigma} = \Sigma T_{n.3_i} = 24,26 \text{ хв.}$$

### **3. Оформлення звіту**

В звіті студент наводить креслення деталі, табл. 2.11.1 для технологічного процесу на МК і  $T_{n.3\Sigma}$ .

### **4. Література [1–3, 7].**

### **5. Запитання для самоконтролю**

**5.1.** В основу типової технології покладена класифікація

- 1) технологічна;
- 2) конструкторська;
- 3) економічна;
- 4) організаційна;
- 5) техніко-економічна.

**5.2.** В якому виробництві найбільш ефективна типова технологія?

- 1) одиничному;
- 2) дрібносерійному;
- 3) крупносерійному;
- 4) одноразових випусків деталей;
- 5) випуском деталей, які не повторюються.

### 5.3. Які фактори є результатом використання типових технологій?

- 1) зменшується час проектування;
- 2) зменшується кількість помилок;
- 3) застосовується прогресивне обладнання;
- 4) застосовується прогресивна оснастка;
- 5) досягається максимальна продуктивність.

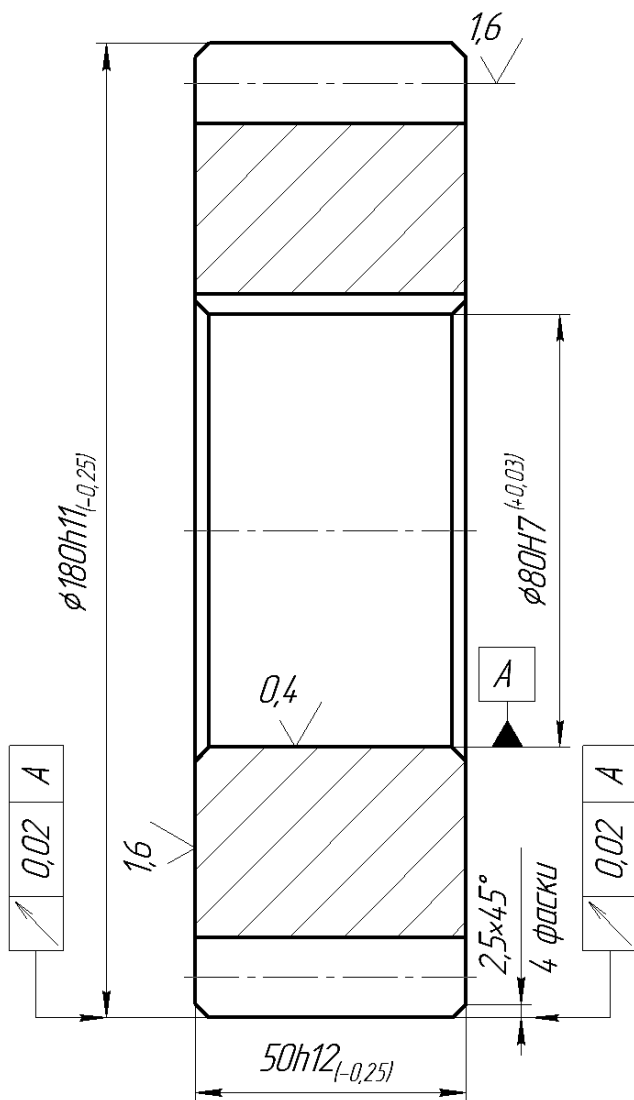


Рис. 2.11.1 Ескіз деталі  
АБВГ.406121.006

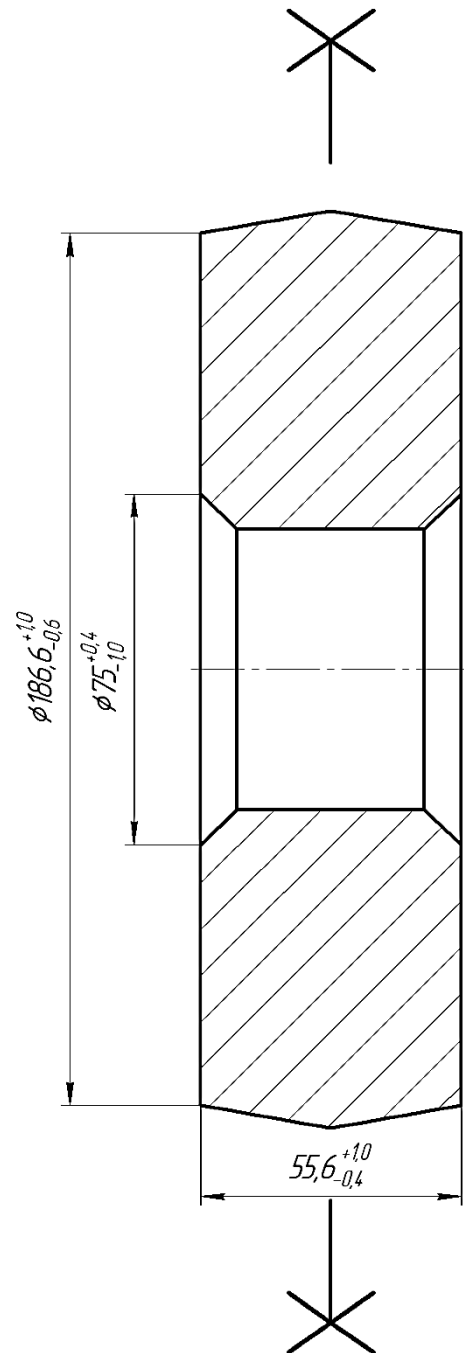


Рис. 2.11.2 Креслення заготовки

Дубл.																
Взам.																
Подл.																
Розроб.	Яновський В.А.	10.10.2022														
Консульт.	Полонський Л.Г.	11.10.2022														
Н. контр.	Мельник О.Л.	12.10.2022														
<b>Зубчасте колесо</b>																
M01	Матеріал	Код	ОВ	МД	ОН	Н. витр.	КВМ	Код загот.	Профіль та розміри	КД	МЗ					
M02	09.4224.XXXX	166		7,5	1	11,1	0,76	41.2003.XXX	Штамповка кільки d x l x D = 187x55x6x75	1	9,89					
А	Цех	Діан	РМ	Опер.	Позначення документа											
Б					Код. назва обладнання											
03					Код. назва операції											
А04	05	18	12	005	411	Токарно-револьверна		АБВГ.60141.00066; АБВГ.20141.00081; АБВГ.20141.00082; ІОП-13-84								
Б05					38.131.1406	Токарно-револьверний мод. 1В340	2	18236	3	1	1	1	100	1	0,45	5,92
06																
А07	05	18	12	010	411	Токарно-револьверна		АБВГ.60141.00067; АБВГ.20141.00083; АБВГ.20141.00082; ІОП-13-84								
Б08					38.131.1406	Токарно-револьверний мод. 1В340	2	18236	3	1	1	1	100	1	0,35	2,85
09																
А10	05	18	21	015	4133	Плоскошліфувальна		АБВГ.60142.00068; ІОП-37-83								
Б11					38.131.2506	Плоскошліфувальний мод. 3Е722	2	18873	4	1	6	1	100	1	1,69	3,12
12																
А13	05	18	21	020	4133	Плоскошліфувальна		АБВГ.60142.00068; ІОП-37-83								
Б14					38.131.2506	Плоскошліфувальний мод. 3Е722	2	18873	4	1	6	1	100	1	1,69	3,12
МК					Маршрутна карта											

Рис. 2.11.3. Маршрутна карта

Дубл.																		
Взам.																		
Подл.												2						
												<b>АБВГ.40 6121.006</b>	<b>А35114.24422408</b>					
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. назва операції	Код. назва обладнання	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт-к.	
Б	Позначення документа																	
01	шт																	
А 02	05	18	21	020	4133 Плоскошліфувальна							АБВГ.60142.00068; ІОП - 37 - 83						
Б 03	38.131.2506	Плоско-шліфувальний мод. 3Е722	2	18873	4	1	1	6	1	100	1	1,69	3,12					
04																		
05																		
А 06	05	18	21	025	4181 Горизонтально-протяжна							АБВГ.60143.00069; ІОП - 40 - 83						
Б 07	38.131.2506	Горизонтально-протяжний мод. 7М22	3	16458	3	1	1	1	1	100	1	0,32	1,05					
08																		
09																		
А 10	05	18	21	030	4112 Автоматно-токарна							АБВГ.60144.00070; ІОП - 13 - 83						
Б 11	38.131.2506	Токарний автомат мод. 1М240-4	3	18225	3	1	1	1	1	100	1	0,32	1,05					
12																		
13																		
А 14	05	18	21	035	0190 Шлюсарна							АБВГ.60145.00071; ІОП - 13 - 83						
Б 15	38.131.2506	Шлюсарний верстак	2	17461	2	1	1	1	1	100	1	1,0						
16																		
МК	Маршрутна карта																	

Продовження рис 2.11.3.



Дубл. Взам. Подл.													3				
	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. назва операції	Код. назва обладнання	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД		ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.
Позначення документа																	
шт																	
хв																	
хв																	
01	АБВГ.40 6121.006 А35114.24422408																
A02	05	18	29	040	4153 Зубофрезерна	АБВГ.60146.00072;	ЮП - 49 - 83										
B03					38.131.2506 Зубофрезерний мод.5M32	4	12287	3	1	1	1	1	100	1	1,2	5,1	
04																	
05																	
A06	05	18	30	045	4157 Зубошвінговальна	АБВГ.60147.00074;	ЮП - 49 - 83										
B07					38.131.2506 Зубошвінговальний мод. 5P68	4	12290	3	1	1	1	1	100	1	0,32	1,2	
08																	
09																	
A10	05	18	31	050	5130 Електромермічна	АБВГ.60148.00074;	ЮП - 60 - 83										
B11					38.131.2506 Автомат ТВЧ	5	18873	3	-	1	1	1	100	1			
12																	
13																	
A14	05	18	32	055	4157 Зубошвінговальна	АБВГ.60148.00074;	ЮП - 60 - 83										
B15					38.131.2506 Зубошвінговальний спеціальний верстат	4	12290	3	1	1	1	1	100	1	0,41	1,5	
16																	
<b>МК</b>	Маршрутна карта																

Продовження рис 2.11.3.

	Дубл.	Взам.	Подл.	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. назва операції	Код. назва обладнання	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.-к.	Хв	Хв	Хв	итог		
																								АБВГ.40 6121.006	А35114.24422408	
А	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. назва операції	Код. назва обладнання	Позначення документа																Хв	Хв		
Б	Цех	Діл.	РМ	Опер.	Код. назва операції	Код. назва обладнання	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	Кшт.	Тп.з.	Тшт.-к.	Хв	Хв							
01																									<b>4</b>	
A 02	05	18	33	060	7261 Електрохімічна				3	18873	3	-	1	100	1	100	1									
B 03					38.131.2506 Ванна електрохімічна ВЕХ-100																					
04																										
05																										
A 06	05	18	34	065	0130 Мийна																					
B 07					38.131.2506 Мийна машина ММ-10																					
08																										
09																										
A 10	05	18	35	070	0200 Контрольна																					
B 11					38.131.2506 Слюсарний верстак																					
12																										
13																										
14																										
15																										
16																										
<b>МК</b>																										

Продовження рис. 2.11.3

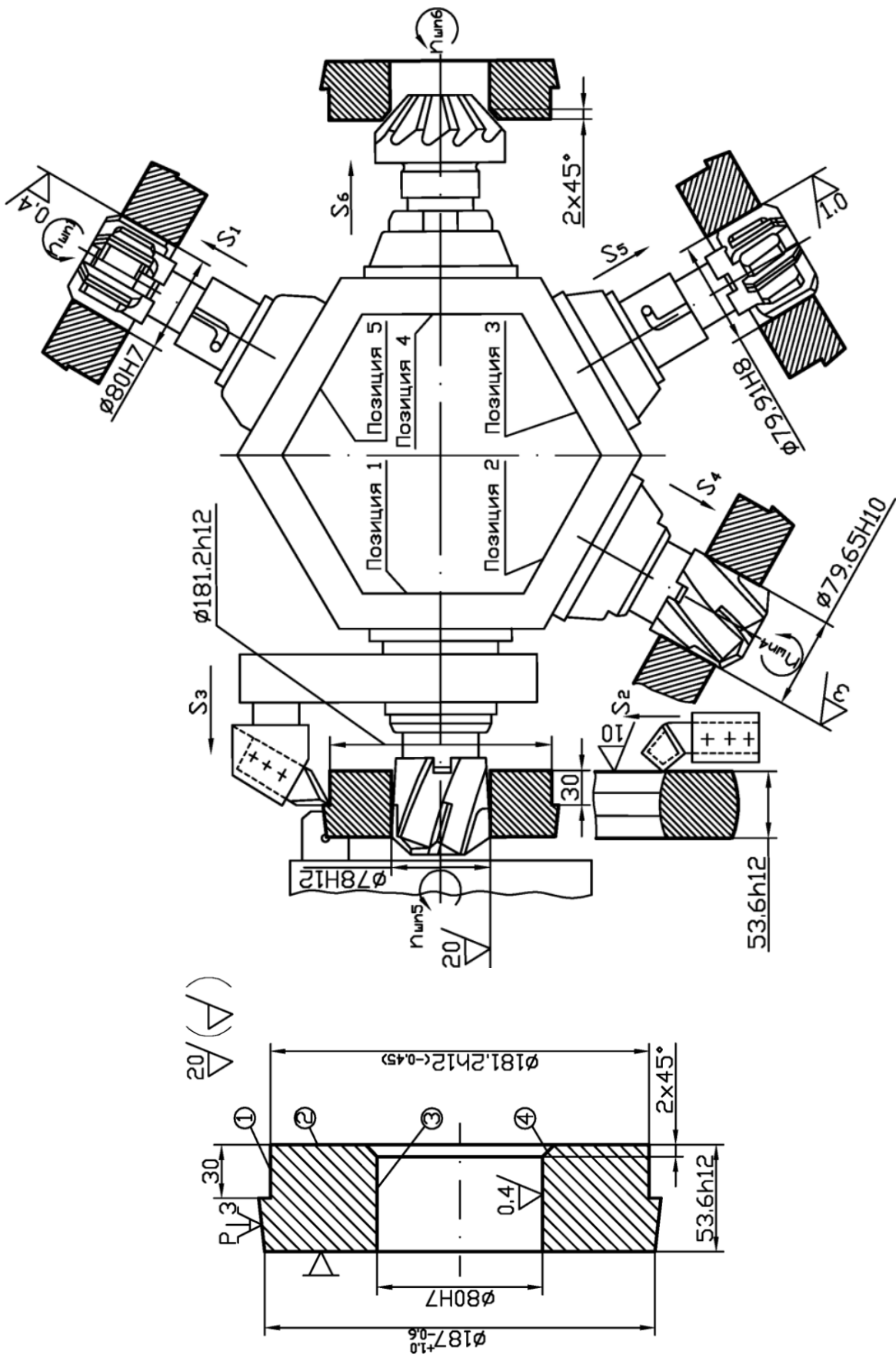


Рис. 2.11.4. Ескіз обробки

Рис. 2.11.5. Схема наладки

## 2.12. Аналіз заводської документації на технологічну операцію механічної обробки

**Мета роботи:** ознайомити студента з технологічною документацією на верстатні операції; навчити його аналізувати інформацію та вносити зміни.

### 1. Загальні відомості

В серійному та великосерійному виробництві після розробки маршрутних карт розробляють операційні карти (ОК) та карти ескізів (КЕ).

Правила розробки структури операції були розглянуті раніше, тому на базі цих правил і буде проводитись аналіз документації.

Встановимо наведений нижче порядок аналізу верстатної операції.

– Номер операції. Найменування операції. Відповідність термінології запису операції стандартам.

– Мета та призначення операції, її місце в технологічному процесі.

– Зміст технологічної операції з наведенням переліку всіх допоміжних та технологічних переходів, викладених в технологічній послідовності, та їх відповідність нумерації переходів.

– Технологічна база, прийнята для операції, спосіб установки та закріплення заготовки.

– Структура операції – кількість установів, позицій, технологічних та допоміжних переходів, число робочих ходів в них.

Оформлення операційної карти механічної обробки (ОК):

а) відповідність форми ОК стандарту (ГОСТ 3.1404-86 не діючий в Україні);

б) у графі «Діаметр» при головному обертальному русі вписують розмір, який визначає швидкість різання по формулі:

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв}, \quad (1)$$

в) у графі «Довжина» вказують довжину робочого ходу з урахуванням шляху врізання та перебігу, які входять в формулу:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S \cdot n}, \text{ хв}, \quad (2)$$

де:  $i$  – число робочих ходів.

г) у графі  $S$  та  $n$  вписують подачу  $S_{насн}$  та частоту обертання  $n_{насн}$ , що відповідають паспортним даним верстата.

д) швидкість різання визначають за формулою

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \text{ м/хв},$$

і вписують у графу  $v$ . У графу  $T_o$  (час основний технологічний) вписують результат розрахунку:

$$T_o = \frac{L \cdot i}{S_{насн} \cdot n_{насн}}, \text{ хв.} \quad (3)$$

ж) роботу з ОК завершують перевіркою технічного нормування операції, що розглядається. Для цього визначають суму граф  $T_o(\sum T_o)$  та  $T_{дон}(\sum T_{дон})$  по всіх переходах та отримують  $T_{оп}$  (оперативний час)  $T_{оп} = \sum T_o + \sum T_{дон}$ .

з) після визначають час обслуговування робочого місця ( $T_{обсл}$ ) та час перерв на відпочинок та особисті потреби робочого ( $T_{олп}$ ). Так,

$$T_{обсл} = 0,01 \cdot \alpha_{обсл} \cdot T_{оп}; \quad T_{олп} = 0,01 \cdot \beta \cdot T_{оп}, \text{ хв.} \quad (4)$$

де  $\alpha_{обсл}$  – час на обслуговування робочого місця, а  $\beta$  – час перерв на відпочинок та особисті потреби робочого в % від оперативного часу.

Ці дані залежать від типу виробництва. В серійному виробництві  $\alpha_{обсл} = 3,5\text{--}10\%$  в залежності від типу верстата і його розмірів,  $\beta$  залежить від виду подачі: при механічній подачі  $\beta_{олп} = 4\%$ , при ручній подачі  $4\text{--}9\%$  в залежності від маси заготовки та тривалості оперативного часу.

Штучний час визначають за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{обсл} + T_{олп}. \quad (5)$$

Подальша робота з технічного нормування полягає у визначенні підготовчо-заключного часу  $T_{н.з.}$  на партію деталей ( $n_d$  – число деталей в партії) та долю  $T_{н.з.}$ , що припадає на одну деталь з партії:

$$T_{н.з.шт} = \frac{T_{н.з.}}{n_d}. \quad (6)$$

Величини  $T_{шт}$  і  $T_{н.з.шт}$  переносять з ОК в останню графу МК, а сума їх дає штучно-калькуляційний час операції:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + T_{н.з.шт} \quad (7)$$

і) паралельно з роботою по аналізу ОК слід проаналізувати операційний ескіз. Операційні ескізи до операції, що розглядається, можуть розташовуватися на ОК у відведеному для цього місці (згори ліворуч) або на окремому технологічному документі – карті ескізів (КЕ), який має позначення АБВГ.20141.00006.

При аналізі операційного ескізу повинно бути розглянуто:

– відповідність положення заготовки на ескізі дійсному положенню заготовки на верстаті при виконанні операції;

– відповідність прийнятих технологічних баз обраним по ОК пристосуванням та відповідність пристосувань позначенням опор, установчих пристроїв та затискачів, а також правильність зображення цих позначень згідно стандарту.

Кількість ескізів повинно бути рівним числу установів.

Поверхні заготовки, що обробляються, відокремлені на кресленні товстими лініями, слід пронумерувати арабськими цифрами за годинниковою стрілкою (вказати в кружечках 6...8 мм). Кожна поверхня повинна мати розміри з допусками, параметр шорсткості. Якщо оброблювана поверхня відноситься до складних, то повинні бути надані додаткові відомості: наприклад, в операції обробки зубів колеса на КЕ повинна бути наведена таблиця з їх параметрами.

При виконанні складних операцій (токарно-револьверних, автоматно-токарних, агрегатних, багатопозиційних) необхідна схема наладки верстата, котра є ще одним технологічним документом. На схемах наладок повинна бути зображена оброблювана заготовка в стані після виконання операції, що розглядається. Аналогічно зображають різальні інструменти – у контакті з оброблюваною поверхнею у положенні завершення робочого ходу. Повинні бути також схематично показані пристосування та допоміжні інструменти. В операціях, які складаються з позицій, заготовки зображають послідовно за позиціями.

Роботу з аналізу верстатної операції завершують висновками та пропозиціями про способи вдосконалення цієї операції з метою підвищення продуктивності праці, полегшення праці робочого, зниження собівартості виготовлення деталі та ін.

## **2. Порядок виконання роботи**

### **2.1. Вихідні дані та їхній аналіз**

Аналіз верстатної операції проведений на базі отриманого в роботі № 2.11 маршрутного технологічного процесу (деталь задана викладачем).

Оскільки у нас об'єкт аналізу – процес виготовлення зубчастого колеса (для прикладу аналізу), то ми використовуємо з цього процесу операцію 005-токарно-револьверну. Ескіз обробки наведений на рис. 2.11.1, а схема наладки верстата – на рис. 2.11.2.

Як видно з операційного ескізу, на операцію № 005 припуск на діаметр на другий перехід остаточного точіння складає  $2z_2 = 1,2$  мм. Це відповідає нормативам. Відповідно,  $2z_1 = 2z_{заг} - 2z_2 = 6,6 - 1,2 = 5,4$  мм, а глибини різання  $t_1 = 2,7$  та  $t_2 = 0,6$  мм встановлені правильно. При цьому проміжний

міжопераційний розмір після попереднього точіння  $186,6 - 5,4 - 181,2h12_{(-0,46)}$  також встановлений правильно.

## **2.2. Аналіз верстатної операції виконують за технологічними документами ОК і КЕ**

Операція 005 – це перша верстатна операція, яка виконується після доставки вихідної заготовки – поковки штампованої – на дільницю механічного цеху. Найменування операції – «Токарно-револьверна» – відповідає типу верстата, який використовується – токарно-револьверного мод. 1В340.

Метою операції є попередня обробка зовнішньої поверхні обертання до місць, зайнятих кулачками, підрізка торця та послідовна обробка двома циліндричними зенкерами, одним конічним зенкером та двома розвертками точного отвору  $\varnothing 80H7$  з шорсткістю  $Ra = 0,4$  мкм та фаски  $2 \times 45^\circ$ . Обробка з одного установа одного торця та отвору забезпечить їх перпендикулярність та дозволить виконати цю технічну вимогу, яка пред'являється до деталі, як це вказано в ОК (рис. 2.12.1).

Технологічною базою при виконанні цієї операції є дві поверхні вихідної заготовки: зовнішня поверхня діаметром  $\varnothing 186,6$  мм та один з її торців. Ця технологічна база – чорнова, тому правильно, що вона використовується в технологічному процесі тільки один раз. Для використання цієї бази правильно обрано пристосування – трикулачковий патрон з пневматичним приводом та з кулачками, що мають дві установочні поверхні з канавками.

Застосування токарно-револьверного верстата відповідає серійному типу виробництва та дозволяє послідовно використовувати п'ять шпindelних інструментів. Ця операція – типовий приклад операції з концентрацією переходів.

Правильного положення другого торця можна досягнути на плоскошліфувальній операції, в якій перший торець використовується в якості технологічної бази.

Структура операції: установів – 1; переходів – 10 (технологічних – 6, допоміжних – 4); позицій – 5 (по числу граней револьверної головки, що використовуються).

Зміст технологічної операції по переходах сформульовано правильно, з точки зору технологічної послідовності; записи змісту переходів знаходяться у відповідності зі стандартами.

**2.3. Аналіз ОК (рис. 2.11.1).** ОК оформлена на бланках різних форм відповідно до стандарту – заповнений правильно та містить всі необхідні відомості: номери документів, дані про операції, деталь, заготовку, пристосування.

Операційний ескіз та схема наладки представлені двома технологічними документами, оформленими на бланках КЕ.

Нумерація всіх карт та оформлення їх основних написів виконані правильно.

Правильно заповнені таблична частина головного листа ОК (форма 3) та продовження ОК (форма 2а).

У табличну частину правильно вписані номери переходів та їхній зміст. Зміст переходів відповідає вказанням стандартам. У відповідних рядках вписані коди та найменування інструментів – допоміжних, різальних та вимірювальних. Слід відмітити, що широке використання різальних інструментів, оснащених твердим сплавом, створює умови досягнення високої продуктивності праці. Завдяки цьому, окрім того, в цій операції не застосовується охолодження змащувально-охолоджуючими технологічними середовищами (ЗОТС).

В якості вимірювальних інструментів правильно застосовані граничні калібри (пробки, скоби), шаблони, зразки шорсткості, а не універсальні інструменти.

Розміри в графі «Діаметр» відповідають на переходах 2 і 3 діаметру оброблюваної поверхні ( $\varnothing 187$ ), а на переходах 3–6 розмірам різального інструменту (зенкерів і розверток), тобто, розмірам обробленої поверхні.

Розміри розрахункових довжин вказані правильно, у відповідності з довжиною оброблюваних поверхонь і врахуванням врізання та перебігу  $L_{розр} = l + l_1 + l_2$ .

Вказані у відповідних графах  $s_{насн}$  та  $n_{насн}$  прийняті за паспортними даними верстата.

Вписані у графу швидкості різання  $V$  розраховані правильно. Наприклад, для другого переходу:  $d_{розр} = 187$  мм;  $n_{насн} = 180$  об/хв = 3 об/с;

$$v_2 = \frac{\pi \cdot d_{розр} \cdot n_{розр}}{100} = \frac{\pi \cdot 187 \cdot 180}{100} = 105,74 \text{ м/хв} = 1,7 \text{ м/с}$$

Основний час ( $T_o$ ) розраховано правильно. Так, для того ж 2-го переходу  $L_{2розр} = 60$  мм;  $s_{насн} = 0,45$  мм/об;  $n_{насн} = 180$  об/хв;

$$T_o = \frac{L_{2розр}}{s_{насн} \cdot n_{насн}} = \frac{60}{0,45 \cdot 180} = 0,74 \text{ хв.}$$

На завершення роботи з ОК наведені розрахунки з визначення норми часу на операцію. Наприклад, з урахуванням часу, що перекривається, 0,26 хв 3-го переходу  $\sum T_o + \sum T_{дон} = 3,63 + 1,8 = 5,43$  хв.

Час на обслуговування робочого місця за нормативами для серійного виробництва прийнятий 5 % від  $T_{он}$ :  $T_{обсл} = 0,05 \cdot 5,43 = 0,27$  хв.



Час перерв на відпочинок і особисті потреби при механічній подачі складає 4% від  $T_{on}$ :  $T_{вон} = 0,04 \cdot 5,43 = 0,22$  хв.

Час штучний  $T_{шт} = T_{on} + T_{обсл} + T_{вон} = 5,43 + 0,27 + 0,22 = 5,92$  хв.

Час підготовчо-заклучний  $T_{н.з.}$  за тими ж нормативами складає  $28+8+9 = 45$  хв та при розмірі партії в 100 деталей  $T_{н.з.}$  на одну деталь відповідно  $T_{н.з.} = 45/100 = 0,45$  хв. При КОВД = 1  $T_{н.з.шт} = T_{н.з.опер.}$

Ці дані правильно перенесені з ОК розглядуваної операції в останні графи МК, доповнюючи відомості про операції № 005.

**2.4.** Аналіз КЕ з операційним ескізом. Операційний ескіз виконаний правильно та відповідає вимогам стандартів. Заготовка зображена в правильному положенні, як при обробці. Опорні та установочні елементи та затискачі показані правильно у відповідності до стандарту (рис. 2.12.1).

Оброблювані поверхні позначені номерами, виокремлені більш товстими лініями та мають всі необхідні для обробки та технологічних розрахунків розміри та параметри шорсткості.

**2.5.** Аналіз КЕ з зображенням схеми наладки. На схемі наладки (рис. 2.11.5) токарно-револьверного верстата для операції № 005 добре видно спосіб базування заготовки та використовуваний в якості пристосування трикулачковий патрон з пневматичним приводом. Правильно зображені кулачки патрона, які дозволяють надати заготовці правильне положення, надійно закріпити її та обробити половину довжини зовнішньої поверхні.

Умовно, але достатньо ясно, зображені допоміжні інструменти, які надійно та правильно закріплюють різальні інструменти. Так, наприклад, для закріплення розверток використані гойдальні (плаваючі) оправки, що сприяє підвищенню точності форми оброблюваного отвору  $\varnothing 80H7$ .

Правильно у відповідності зі змістом операції розставлені різальні інструменти. Щоб отвори вийшли без заусенців, зняття фаски виконується попередньо остаточному розвертанню, а не навпаки, як це іноді роблять. Різальні інструменти займають відносно заготовки правильне положення.

**2.6.** Висновки та пропозиції. Хоча для операції правильно вибраний токарно-револьверний верстат, проте, прагнучи інтенсифікації обробки та її ефективності, можна запропонувати застосування токарно-револьверного автомата (щоб позбавити робочого складної та монотонної роботи по керуванню верстатом), переведення деталі для обробки на багатошпindelний напівавтомат або на токарний патронний верстат з числовим програмним керуванням, а для завантаження верстатів-напівавтоматів використовувати робот.

**2.7.** Кожен студент за розробленим в роботі № 2.11 маршрутним технологічним процесом отримує завдання на одну операцію, проводить її аналіз за п.п. 2.1–2.5 та робить висновки.



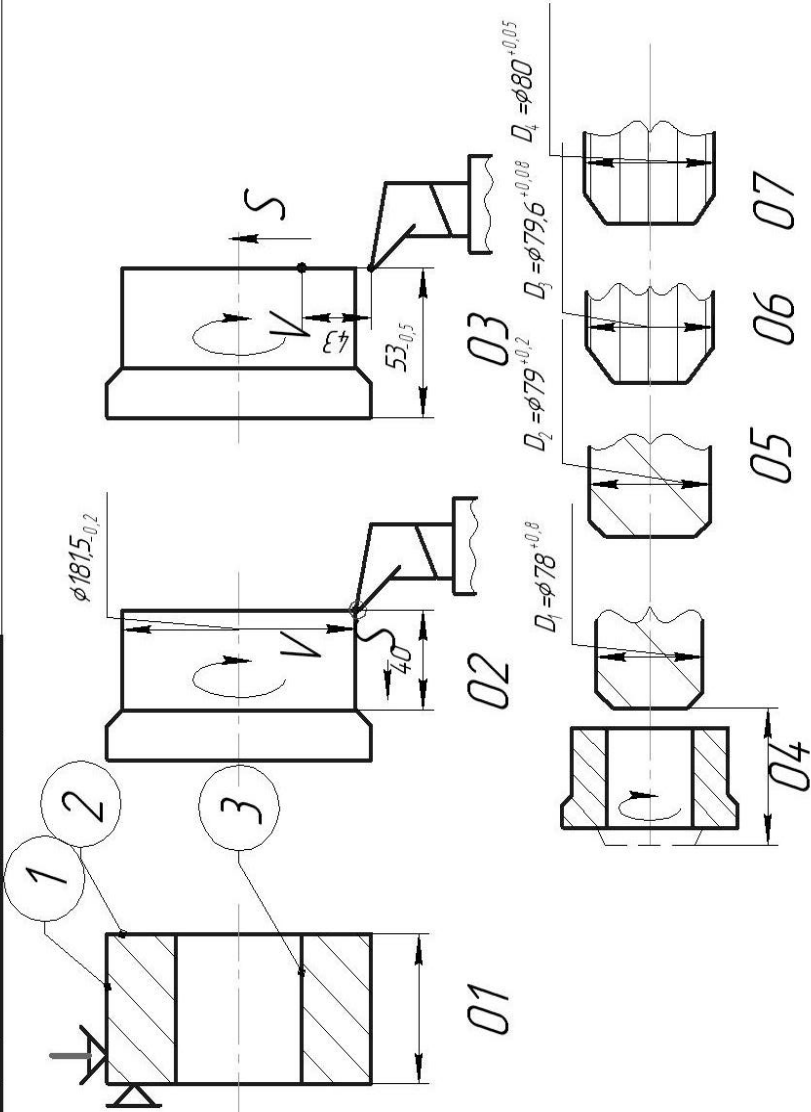
Р	Д или В	L	t	i	S	n	V	Дубл.	Взам.	Подл.					
											П	И	Л	С	
О01	5. 6И 730 419 Зенкеровать 3 в размер Ø79,0														
T02	2214-0005 (1) Зенкер														
P03	04	79	60	0,5	1	0,8	108	45							
О04	6. 6И 730 419 Зенкеровать фаску 4 2x45°														
T05	2214-0005 (1) Зенкер														
P06	05	79	1,5	0,75	1	0,2	180	45							
О07	7. ГМ730419 Развернуть 3 в размер Ø79,6														
T08	791720 (1) Развертка														
P09	06	79,6	0,3	0,3	1	2	63	15							
О10	8. ГМ730419 Развернуть 3 в размер Ø80Н7														
T11	791720 (1) Развертка														
P12	07	80	0,2	0,2	1	5	63	15							
13	9. КП237677 Снять заготовку														
О14	02														
T15															
P16															
17															
18															
<b>ОК</b>   Операционная карта															

2.12.1. Операционная карта

ГОСТ 3.1105-84

форма 7

Дізн.									
Взам.									
Лист.									
Розроб.									
Проверил									
Н. контр.									
Масштаб									
Исполн.									
Листов									
И. контр.									
ОПЛУ КТМ									
АБВГ. 4.06121.006									
Зубчатое колесо									



КЭ

2.12.2. Карта ескізів

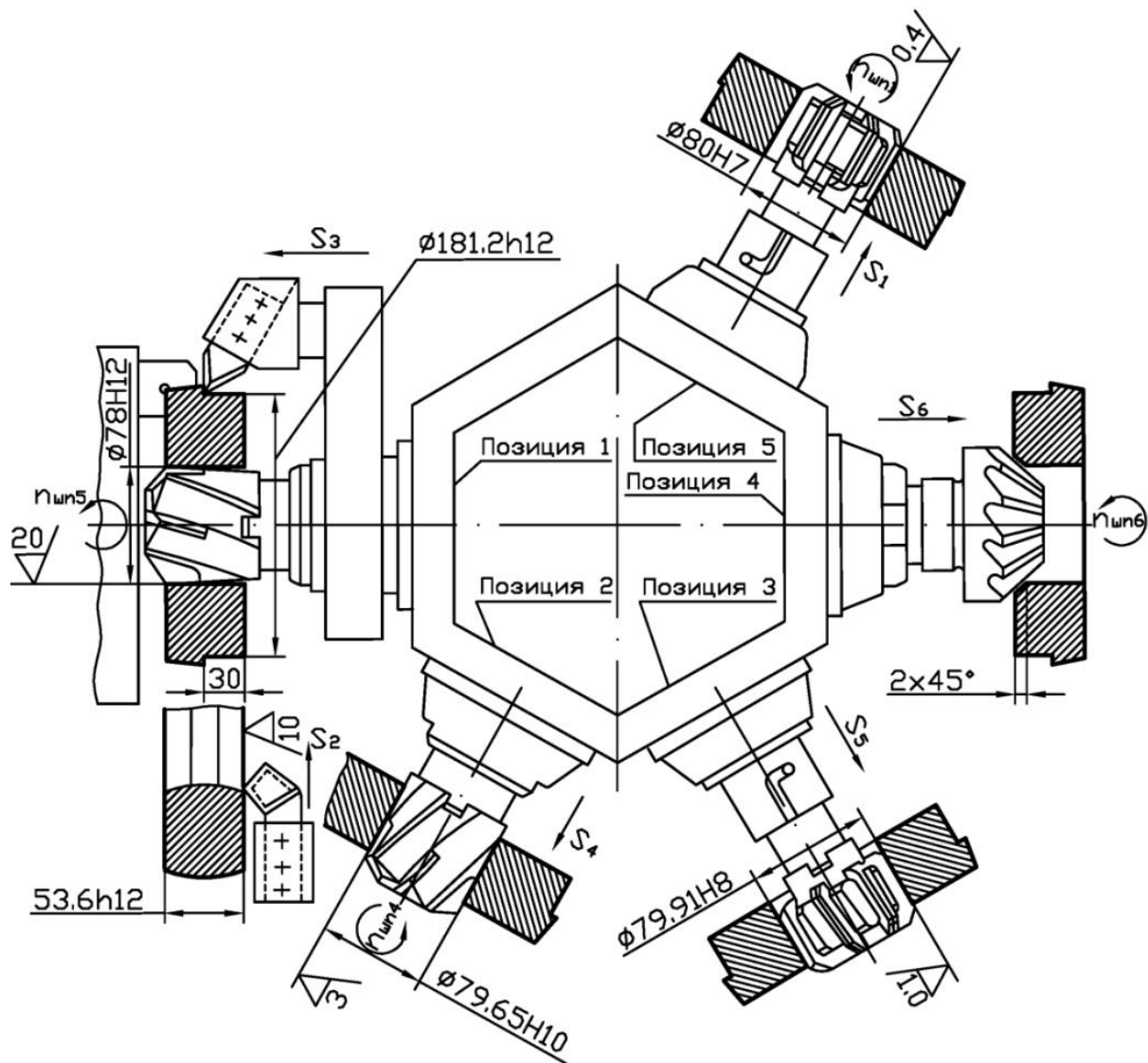


Рис. 2.12.3. Схема наладки

### 3. Зміст звіту

3.1. Найменування роботи.

3.2. Вихідні дані, їх короткий виклад та аналіз.

3.3. Аналіз верстатної операції за операційною картою та картами ескізів, які містять операційний ескіз та схему наладки верстата, якщо вони входять в комплект технологічної документації.

3.4. Висновки та пропозиції.

4. Література: [1–3, 5, 8, 10]

## **5. Запитання для самоконтролю**

### **5.1. В основу типової технології покладена класифікація**

- 1) технологічна;
- 2) конструкторська;
- 3) економічна;
- 4) організаційна;
- 5) техніко-економічна.

### **5.2. В якому виробництві найбільш ефективна типова технологія?**

- 1) одиничному;
- 2) дрібносерійному;
- 3) крупносерійному;
- 4) одноразових випусків деталей;
- 5) випуску деталей, які не повторюються.

### **5.3. Які фактори є результатом використання типових технологій?**

- 1) зменшується час проектування;
- 2) зменшується кількість помилок;
- 3) застосовується прогресивне обладнання;
- 4) застосовується прогресивна оснастка;
- 5) досягається максимальна продуктивність.

## 2.13. Економічний аналіз варіанта технологічного процесу (операції, методи обробки)

**Мета роботи:** навчити студента методиці визначення ефективності прийнятого технологом рішення на прикладі порівняння операції чистового точіння та шліфування тіл обертання.

### 1. Загальні відомості

Оцінка техніко-економічної ефективності технологічного процесу, методу обробки або окремої операції в порівнянні з іншим варіантом (прототипом) ведеться шляхом співставлення повної собівартості  $C_n$  або неповної, т.з. цехової  $C_T$ .

$$C_n = C_1 + C_2 + \dots + C_i, \text{ грн}, \quad (1)$$

де  $C_1$  та ін. – складові частини.

$$C_T = C_M + C_3 + C_H, \text{ грн}. \quad (2)$$

$C_M$  – витрати на матеріали, грн;

$C_3$  – зарплата основних виробничих робітників;

$C_H$  – цехові накладні витрати.

Спрощений варіант визначення цехової собівартості  $C_T$  можна виразити інакше:

$$C_T = A \cdot T, \text{ грн}. \quad (3)$$

де  $A$  – вартість 1 хв роботи відповідного обладнання, грн;

$T$  – штучно-калькуляційний час, хв.

Значення  $C_T$  технологу визначити легше та швидше при відносно малому об'ємі інформації про варіанти, які порівнюються.

Повна собівартість  $C_n$  зазвичай може бути визначена за деякий час працюючого процесу, а  $C_T$  можна визначити на стадії проектування процесу, в довідниковій літературі є інформація про величини  $A$  для найбільш часто використовуваних процесів і, відповідно, обладнання.

По відношенню до реального об'єкту (деталь машини – стакан) проведемо порівняння 2-х операцій з різних технологічних процесів з однаковим кінцевим результатом по точності та шорсткості поверхні за формулою (2). Мінімальне значення  $C_T$  якогось варіанту з двох – привід вибрати його в якості робочого варіанту, але це не остаточне рішення.

$$C_M = M_3 \cdot S_M - M_{\text{відх}} \cdot S_{\text{відх}}, \text{ грн}, \quad (4)$$

де  $M_3$  – маса заготовки, кг;

$M_{\text{відх}}$  – маса відходів при виробництві заготовки, кг;

$S_M$  та  $S_{\text{відх}}$  – вартість 1 кг матеріалу даної марки (або групи) та вартість 1 кг відходів (за умови незмішуваності марок матеріалу) за наявними даними, грн.

$$C_3 = T_{\text{шт-к}} \cdot Z_{\text{тар.р.}}, \text{ грн}, \quad (5)$$

де  $T_{\text{шт-к}}$  – штучно-калькуляційний час обробки, хв;

$Z_{\text{тар.р.}}$  – тарифна ставка робочого даного розряду, грн/хв.

$$C_H = C_{\text{н.а.}} + C_{\text{н.верст.}} + C_{\text{н.пр.}} + C_{\text{н.інстр.}} + C_{\text{н.ел}} + C_{\text{н.д}}, \text{ грн}, \quad (6)$$

де  $C_{\text{н.а.}}$  – амортизація обладнання, грн.

$$C_{\text{н.а.}} = \frac{d \cdot S_{\text{варт}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_r \cdot t \cdot \eta_3}, \text{ грн}, \quad (7)$$

де  $d$  – відрахування на амортизацію верстата від його балансової вартості  $S_{\text{варт}}$  на рік, %;

$S_{\text{варт}}$  – балансова вартість верстата (складається з відпускної ціни верстата, витрат на його доставку та монтаж), грн;

$F_r$  – річний фонд часу роботи верстата в 1 зміну, час;

$t$  – число робочих змін за добу, шт;

$\eta_3$  – коефіцієнт завантаження верстата за часом.

Величину  $d$  для верстатів масою до 10 т з лезовим інструментом приймають 11 %, з абразивним інструментом  $d = 14$  %, для агрегатних і спеціальних  $d = 16$  %.

Витрати на доставку та монтаж верстата приблизно рівні 10 % від  $S_{\text{варт}}$ .

$C_{\text{н.верст}}$  – витрати на експлуатацію верстата, грн.

$$C_{\text{н.верст}} = \frac{\beta \cdot S_{\text{варт}} \cdot T_{\text{шт-к}}}{60 \cdot F_r \cdot t \cdot \eta_3}, \quad (8)$$

де  $\beta = (4,5-5,0 \%)$  від балансової вартості  $S_{\text{варт}}$ , що витрачаються на ремонт, огляди та перевірки протягом року;

$C_{\text{н.пр.}}$  – витрати на амортизацію та ремонт пристосувань, які застосовуються на цьому етапі, грн.:

$$C_{\text{н.пр.}} = \frac{(\gamma + \delta) \cdot S_{\text{пр}}}{N}, \quad (9)$$

де  $S_{\text{пр}}$  – вартість пристосування, грн.;



$\gamma$  – відсоток амортизації дорівнює (50–33 %).  $S_{np}$  при терміні служби пристосування в 2–3 роки;

$\delta = (5-15) \cdot S_{np}$  – витрати на ремонт пристосування за рік роботи;

$N$  – річний об'єм деталей, оброблюваних на цьому пристосуванні;

$C_{н.інстр.}$  – витрати на амортизацію різальних інструментів:

$$C_{н.інстр.} = \left( \frac{130 \cdot S_{інстр.}}{T_{см} \cdot (n_{зам} + 1)} \right) \cdot T_o, \quad (10)$$

де  $S_{інстр.}$  – вартість інструменту, грн;

$T_{см}$  – час стійкості між двома переточуваннями, хв;

$n_{зам}$  – число переточувань, шт;

$T_o$  – основний час, хв.

$C_{н.ел.}$  – витрати на силову електроенергію, яка витрачається на даному етапі, грн.:

$$C_{н.ел.} = (0,25 \cdot (T_{шт.-к} - T_o) \cdot N_y + 0,55 \cdot N_y \cdot T_o) \cdot S_K / 60, \quad (11)$$

де  $N_y$  – потужність електродвигунів верстата, кВт;

$S_K$  – вартість 1 кВт/год силової електроенергії, грн.

$C_{н.д.}$  – витрати на доплати та нарахування на основну зарплату, грн.

$$C_{н.д.} = C_з \cdot \left( \frac{\rho}{100} + \frac{\tau}{100} \cdot \left( 1 + \frac{\rho}{100} \right) \right), \quad (12)$$

де  $\rho = (10-20)\%$  – доплати до зарплати;

$\tau = (6,5-8,1)\%$  – нарахування.

Якщо один з варіантів, наприклад, другий, потребує застосування більш вартісного обладнання або пристосування, то необхідно визначити термін їх окупності  $R$  років.

$$R = \frac{S_{верст.2} - S_{верст.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} \text{ – для верстатів,} \quad (13)$$

$$R = \frac{S_{np.2} - S_{np.1}}{(C_{m1} - C_{m2}) \cdot N} \text{ – для пристосувань.} \quad (14)$$

Припустимими вважають терміни окупності для металорізальних верстатів до 5 років, а для пристосувань – не більше 2–3 років.

## 2. Порядок роботи

Як було сказано вище, об'єктом роботи є деталь – стакан (рис. 2.13.1), яка може бути оброблена по поверхні  $\varnothing 65 h8$  по двох варіантах:

перший – на токарному верстаті 16К20Ф3  
другий – на круглошліфувальному верстаті 3М161, схема наладки яких наведена на рис. 2.13.2.

Варіанти завдань наведені у табл. 2.13.1.

**2.1.** Визначимо витрати на матеріал  $C_m$ , грн;

**2.2.** Визначимо зарплату основних виробничих робочих на обробку 1 деталі  $C$ , грн.;

**2.3.** Визначимо амортизацію обладнання:  $C_{н.а.}$ , грн.;

**2.4.** Визначимо витрати на експлуатацію верстата:  $C_{н.верст.}$ , грн.;

**2.5.** Визначимо витрати на амортизацію та ремонт пристосувань  $C_{н.пр.}$ , грн.;

**2.6.** Визначимо витрати на амортизацію різальних інструментів  $C_{н.інстр.}$ , грн.;

**2.7.** Визначимо витрати на силову електроенергію:  $C_{н.ел.}$ , грн.;

**2.8.** Визначимо витрати на доплати та нарахування на основну зарплату  $C_{н.д.}$ , грн.;

**2.9.** Визначимо цехові накладні витрати:  $C_n$ , грн.;

**2.10.** Визначимо цехову собівартість:  $C_m$ , грн.;

П.п. 2.1–2.10 повторюємо для двох варіантів, верстатів (16К20Ф3 та 3М161), щоб отримати в кінцевому рахунку дві величини  $C_{T1}$  та  $C_{T2}$ .

**2.11.** Визначимо термін окупності верстата  $R$ , років;

**2.12.** Порівняємо отриманий термін  $R$  з нормативним, та приймемо рішення про доцільність цієї заміни.

**2.13.** Вибираємо варіантом № 1 і проведемо цифровий розрахунок.

**2.13.1.** Знайдемо  $C_m = 3,09 \cdot 6 - 1,19 \cdot 1,2 = 17,11$  грн.

**2.13.2.** Знайдемо  $C_{з1} = 9,39 \cdot 1,5 = 13,94$  грн.;  $C_{з2} = 13,68 \cdot 1,5 = 20,52$  грн.

**2.13.3.** Визначимо:

$$C_{н.а1} = \frac{11 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 45 \text{ коп.} = 0,45 \text{ грн.}$$

$$C_{н.а2} = \frac{14 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 51,67 \text{ коп.} = 0,52 \text{ грн.}$$

**2.13.4.** Визначимо:

$$C_{н.верст.1} = \frac{4,5 \cdot 80000 \cdot 9,29}{60 \cdot 4029 \cdot 0,75} = 18,45 \text{ коп.} = 0,18 \text{ грн.}$$

$$C_{н.верст.2} = \frac{4,5 \cdot 60000 \cdot 13,68}{60 \cdot 4029 \cdot 0,92} = 16,6 \text{ коп.} = 0,17 \text{ грн.}$$

**2.13.5.** Визначимо:

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33+5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.}$$

$$C_{н.пр.1} = \frac{(33+5) \cdot 800}{5000} = 6,08 \text{ коп.} = 0,06 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.13.1

## Варіанти завдань

Найменування	Номер варіанта							
	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161	16К20Ф3	3М161
Річна програма випуску $N$ , шт.	5000		10000		4500		6350	
Маса заготовки $M$ , кг	3,09		4,5		3,37		3,25	
Ціна 1 кг матеріалу $C_M$ , грн.	6		6,4		6,0		6,4	
Маса відходів $Q$ , кг	1,19		0,7		1,2		1,35	
Ціна 1 кг відходів $C_{відх}$ , грн.	1,2		1,2		1,2		0,3	
Штучно-калькуляційний час на операцію, $T_{шт-к}$ , хв	9,29	13,68	9,65	12,03	12,9	13,68	12,03	13,68
Зарплата за 1 хв $Z_m$ , грн.	1,5		1,9		2		2,2	
$\Sigma T_{шт-к}$ , хв	244,3	248,7	224,6	227	242,9	243,7	252,6	253,3
$\Sigma Z_m$ , грн.	19		15,3		18		18,2	
Вартість верстата $S_{верст}$ , грн.	80000	60000	70000	65000	65000	60000	80000	76000
Річний фонд часу верстата $F_r$ , год	4029	4029	3890	4029	4029		4029	
Кількість змін, $t$	2		2		2		2	
Коефіцієнт завантаж. верстата, $\eta_z$	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92	0,75	0,75	0,92
Вартість пристосування $S_{пр}$ , грн.	800	800	1410	1410	1310	1290	1315	1320
Ціна 1 кВт·год електроенергії, коп.	62		62		62		62	
Основний час $T_o$ , хв.	7,86	10,74	7,86	10,5	10,3	10,74	10,5	10,74
Потужність електродвигуна, $N_y$ , кВт·год	14	20	10	13	11	14	11	9

## 2.13.6. Знайдемо:

$$C_{н.інстр.1} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot (10+1)} \right) \cdot 7,86 = 31 \text{ коп.} = 0,31 \text{ грн.}$$

$$C_{н.інстр.1} = \left( \frac{130 \cdot 60}{20 \cdot (310+1)} \right) \cdot 10,74 = 13,5 \text{ коп.} = 0,135 \text{ грн.}$$

## 2.13.7. Визначимо:

$$C_{н.ел1} = (0,25 \cdot (9,29 - 7,86) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 7,86) \cdot 62/60 = 67,7 \text{ коп} = 0,68 \text{ грн.}$$

$$C_{н.ел2} = (0,25 \cdot (13,68 - 10,74) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 10,74) \cdot 62/60 = 320 \text{ коп} = 3,2 \text{ грн.}$$

## 2.13.8. Визначимо:

$$C_{н.д.1} = 13,94 \cdot \left( \frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left( 1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 3,66 \text{ грн.}$$

$$C_{н.д.2} = 20,52 \cdot \left( \frac{18}{100} + \frac{7}{100} \cdot \left( 1 + \frac{18}{100} \right) \right) = 5,39 \text{ грн.}$$

**2.13.9.** Визначимо:

$$C_{н1} = 0,45 + 0,18 + 0,06 + 0,81 + 0,68 + 3,66 = 5,34 \text{ грн.}$$

$$C_{н2} = 0,52 + 0,17 + 0,06 + 0,41 + 3,2 + 5,39 = 9,48 \text{ грн.}$$

**2.13.10.** Знайдемо

$$C_{m1} = 17,11 + 13,94 + 5,34 = 36,4 \text{ грн.}; C_{m2} = 17,11 + 20,52 + 9,48 = 47,1 \text{ грн.}$$

$C_1 < C_2$  і припускаємо, що по собівартості обробка на верстаті 16К20Ф3 вигідніша.

**2.13.11.** Визначимо  $R$ :

$$R = \frac{80000 - 60000}{(47,1 - 36,4) \cdot 5000} = 0,37 \text{ року.}$$

Висновок: вибір верстата 16К20Ф3 вигідний в порівнянні з використанням верстата 3М161.

**2.14.** Кожен студент отримує завдання з табл. 2.13.1 та виконує цикл розрахунків аналогічно п. 2.13 та робить свої висновки.

### 3. Звіт по роботі

В звіті студент наводить схеми наладки 2-х варіантів та розрахункові дані по  $C_m$ ,  $C_z$ ,  $C_n$ ,  $C_t$  та  $R$ , та робить висновки.

### 4. Література [1–2, 9].

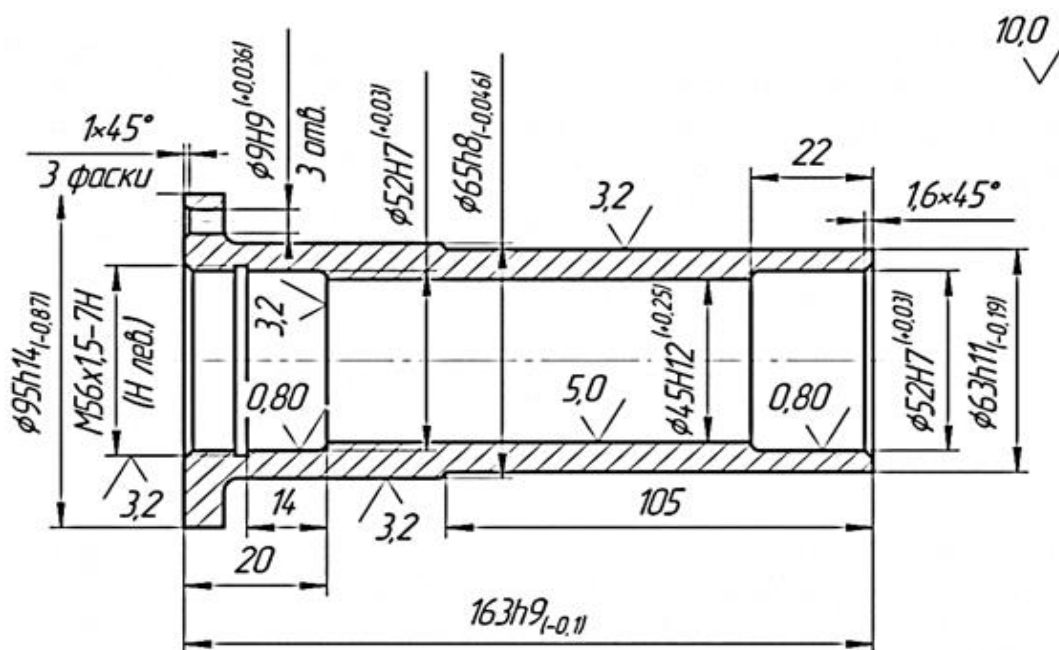


Рис. 2.13.1 Креслення деталі «Гільза»

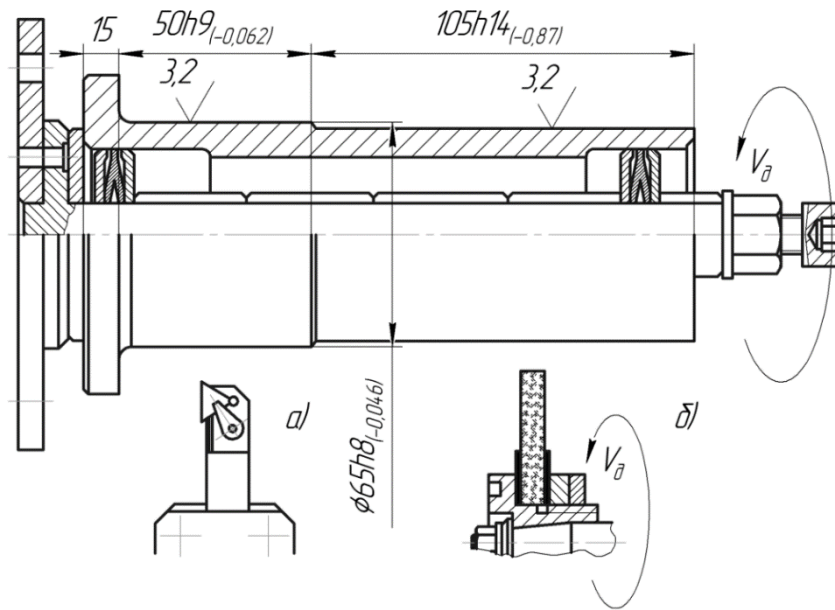


Рис. 2.13.2 Наладка на операцію (а – токарну, б – кругло-шліфувальну)

## 5. Запитання для самоконтролю:

### 5.1. Цехова собівартість $C_m$ включає параметр А. Це ...

- 1) вартість 1 кг матеріалу;
- 2) вартість год роботи верстата;
- 3) вартість 1 кВт енергії;
- 4) вартість 1 кв. м площі;
- 5) вартість різальних інструментів.

### 5.2. Витрати на матеріали $C_m$ залежать від...

- 1) маси відходів;
- 2) вартості одиниці маси матеріалу;
- 3) маси заготовки;
- 4) вартості одиниці маси відходів;
- 5) не залежить від переліку, наведеного вище.

## 2.14. Вибір найбільш економічного варіанту технологічного процесу (операції)

**Мета роботи:** дослідити методи оцінки економічності варіанта технологічного процесу; навчити студента вести обґрунтування варіантів при виборі процесу (операції).

### 1. Загальні відомості

Існуючі технологічні процеси виготовлення деталей використовують в своїй основі технологічні рішення попередніх років, навіть істотно ефективні за мірками того періоду часу.

Фізичне та моральне зношування обладнання та оснастки потребують їхньої заміни в існуючому та заново проєктованому виробництві на нові більш продуктивні, досконалі, менш енергозатратні тощо.

Проблема полягає в тому, що існуюче обладнання, припустимо, менш продуктивне, але дешеве, а нове – більш продуктивне, проте більш вартісне (це може бути більш енерговитратне, з ручним варіантом керування, а не автоматичним, тобто більше трудомістке, тощо). В кінцевому рахунку, всі інші версії можна привести до витрат грошей, а сума грошей не зменшується в порівнянні з минулим, тому наше припущення про більш дорогий варіант (нове) абсолютно точне.

Відповідь на це питання «що обрати?» лежить в основі оцінки економічної доцільності додаткових капіталовкладень.

Припустимо, що собівартість річного випуску  $C_1$ , грн/рік на існуючому обладнанні з капітальними вкладеннями  $K_1$ , грн. Новий варіант буде мати  $C_2$ , грн/рік та  $K_2$ , грн, при цьому  $C_1 > C_2$ , а  $K_1 < K_2$ .

Визначимо ефективність  $E$ :

$$E = \frac{C_1 - C_2}{K_2 - K_1}, \quad (1)$$

де:  $C_1$  та  $C_2$  – собівартість річного випуску по 1 та 2 варіанту, грн/рік;

$K_1$  та  $K_2$  – капітальні витрати на реалізацію процесів, грн.

Під  $K_1$  та  $K_2$  потрібно розуміти балансову вартість, наприклад, верстата, грн. В балансову вартість входить відпускна ціна верстата і витрати на його транспортування та монтаж (зазвичай вони складають 10 % від його вартості):

$S_{\text{бал}} = S_{\text{верст}} \cdot 1,1$ .  $C_1$  та  $C_2 = (C_{T1}$  або  $C_{T2}) \cdot N$ ,

де  $N$  – річний випуск виробів, шт.;

$C_{T1}$  та  $C_{T2}$  – собівартість процесу першого та другого варіантів (можливо, це будуть операції двох процесів), грн/рік.

$C_{T1}$  та  $C_{T2} = \sum C_{Ti}$ , де  $\sum C_{Ti}$  – сума собівартості всіх операцій процесу, грн/рік.

У машинобудуванні для цієї оцінки застосовують нормативний

коефіцієнт економічної ефективності  $E_H$ , який визначає мінімальну величину річної економії на собівартості продукції на 1 гривню додаткових капітальних витрат. Зазвичай

$$E_H = 0,2 \frac{\text{грн}}{\text{грн. кап. затр}}.$$

Величина  $1/E_H$  дає термін окупності вкладених грошей та при  $E_H = 0,2$ , він рівний 5 рокам або менший для верстатів та іншого універсального обладнання. Для пристосувань

$$E_H = 0,35 \dots 0,5 \frac{\text{грн}}{\text{грн. кап. затр}} \text{ та термін окупності – 2–3 роки.}$$

Річна економія від нового рішення  $E$ , грн. буде:  $E = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N$ , грн.

В даній роботі використовуємо метод визначення складових собівартості  $C_m$ ,  $C_z$  та  $C_n$ , який був детально розглянутий раніше в роботі 2.13, але для інших умов, які часто зустрічаються в практиці технологів.

До цих умов можна віднести, наприклад, такі: на заводі випускають серійно якусь продукцію, наприклад, вентилятори, кожну деталь виготовляють за визначеним технологічним процесом. Виникає потреба ринку в вентиляторах та з'являється замовлення на збільшення об'ємів випуску при жорстких термінах поставки. Аналіз існуючого процесу однієї з деталей – кришки – показує, що для збільшення програми випуску на 2-х операціях – токарно-револьверній та вертикально-свердлильній необхідно подвоїти кількість робочих місць або ж замінити ці дві операції однією – обробкою на багатопшпіндельному токарному верстаті 1284Г5, при цьому вартість двох верстатів за попереднім процесом менше вартості нового варіанту: в нашій версії 16000 та 5000 грн, тобто 21000 грн та 100000 грн за новим варіантом. Чи доцільно вибирати більш дорогі обладнання та робити таку заміну?

## 2. Порядок виконання роботи:

**2.1.** Варіанти завдань, наведені у табл. 2.14.2, видаються студентам на початку заняття.

**2.2.** Вибираємо реальний об'єкт: кришка вентилятора зі сплаву АЛ-3В масою 6,5 кг, річною програмою 10000 шт. Заготовка – відливка у кокіль масою 6,75 кг. Процес реалізується на верстатах 1П365 та 2Н118, варіант для аналізу – на вертикальному токарному восьмишпіндельному напівавтоматі 1284Б. Основні показники двох технологічних процесів наведені у табл. 2.14.1 в розд. «Вихідні дані». Оскільки вартість заготовки  $C_z$  в обох варіантах не змінилась, то її величину з аналізу виключаємо, а решту значень після розрахунків за формулами (3)–(12) роботи № 2.13 наведемо в розд. «Розрахункові дані» табл. 2.14.1.

**2.3.** Визначимо термін окупності верстата:

$$R_{\text{верст}} = \frac{S_{\text{верст}1} - S_{\text{верст}2}}{(C_2 - C_1) \cdot N}, \text{ років.} \quad (2)$$

**2.4.** Визначимо термін окупності пристосування:

$$R_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{пр}1} - S_{\text{пр}2}}{(C_{T1} - C_{T2}) \cdot N}, \text{ років.} \quad (3)$$

**2.5.** Визначимо очікувану річну економію  $E_T = (C_{T1} - C_{T2}) \cdot N$ , грн. Зробимо висновки.

**2.6.** На прикладі варіанту №1 проведемо розрахунки отриманих значень.

**2.6.1.** Визначимо  $C_3$ :

$$C_{31} = 0,125 \cdot 1,22 = 0,153 \text{ грн};$$

$$C_{32} = 0,125 \cdot 18,3 = 2,29 \text{ грн};$$

$$C_{33} = 0,1 \cdot 8,34 = 0,834 \text{ грн}.$$

**2.6.2.** Визначимо  $C_{н.д.}$ :

$$C_{н.д.1} = 0,153 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,04 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.д.2} = 2,29 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,6 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.д.3} = 0,834 \left[ \frac{17,5}{100} + \frac{7,5}{100} \cdot \left( 1 + \frac{17,5}{100} \right) \right] = 0,22 \text{ (грн)}.$$

**2.6.3.** Визначимо  $C_{н.а.}$ :

$$C_{н.а.1} = \frac{11 \cdot 10000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 8,3 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.а.2} = \frac{11 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 15,41 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.а.3} = \frac{11 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 2,31 \text{ (грн)}.$$

**2.6.4.** Визначимо  $C_{н.верст.}$ :

$$C_{н.верст1} = \frac{5 \cdot 100000 \cdot 1,1 \cdot 1,22}{60 \cdot 3950 \cdot 0,75} = 3,8 \text{ (грн)}.$$



$$C_{н.верст2} = \frac{5 \cdot 16000 \cdot 1,1 \cdot 18,3}{60 \cdot 3950 \cdot 0,97} = 7 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.верст3} = \frac{5 \cdot 5000 \cdot 1,1 \cdot 8,34}{60 \cdot 3950 \cdot 0,92} = 1,05 \text{ (грн)}.$$

**2.6.5.** Знайдемо  $C_n$ :

$$C_{н.пр1} = \frac{(26 + 10) \cdot 800}{10000} = 2,88 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.пр2} = \frac{(26 + 10) \cdot 500}{10000} = 1,8 \text{ (грн)}.$$

**2.6.6.** Визначимо  $C_{н.інстр}$ :

$$C_{н.інстр1} = \left( \frac{130 \cdot 140}{60 \cdot 11} \right) \cdot 1,1 = 0,3 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.інстр2} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 15,6 = 0,61 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.інстр3} = \left( \frac{130 \cdot 20}{60 \cdot 11} \right) \cdot 7,08 = 0,28 \text{ (грн)}.$$

**2.6.7.** Визначаємо  $C_{н.ел}$ :

$$C_{н.ел1} = [0,25 \cdot (1,22 - 1,1) \cdot 20 + 0,55 \cdot 20 \cdot 1,1] \cdot \frac{0,62}{60} = 0,13 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.ел2} = [0,25 \cdot (18,3 - 15,6) \cdot 14 + 0,55 \cdot 14 \cdot 15,5] \cdot \frac{0,62}{60} = 1,34 \text{ (грн)};$$

$$C_{н.ел3} = [0,25 \cdot (8,34 - 7,08) \cdot 2,8 + 0,55 \cdot 2,8 \cdot 7,08] \cdot \frac{0,62}{60} = 0,12 \text{ (грн)}.$$

**2.6.8.** Визначимо  $C_n$ :

$$C_{н1} = 0,04 + 8,3 + 3,8 + 2,88 + 0,3 + 0,13 = 15,45 \text{ (грн)};$$

$$C_{н2} = 0,6 + 15,41 + 7 + 1,8 + 0,61 + 1,34 = 26,76 \text{ (грн)};$$

$$C_{н3} = 0,22 + 2,31 + 1,05 + 1,8 + 0,28 + 0,12 = 5,78 \text{ (грн)}.$$

**2.6.9.** Визначимо  $C_z + C_n$ :

$$C_{31} + C_{н1} = 0,153 + 15,45 = 15,6 \text{ (грн)};$$

$$C_{32} + C_{н2} = 2,29 + 26,76 = 29,05 \text{ (грн)};$$

$$C_{33} + C_{н3} = 0,834 + 5,78 = 6,61 \text{ (грн)}.$$

### 2.6.10. Визначаємо термін окупності $R$ :

$$R_{\text{верст}} = \frac{100000 - (16000 + 5000)}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,4 \text{ року};$$

$$R_{\text{верст}} = \frac{1000 - 800}{(29,05 + 6,61 - 15,6) \cdot 10000} \approx 0,001 \text{ року}.$$

Заміна верстатів 1П365 і 2Н118 на 1284Б доцільна та ефективна, має малий термін окупності.

### 3. Звіт по роботі.

В звіті наводять дані розрахунків (за обома варіантами):  $C_z$ ,  $C_{нд.}$ ,  $C_n$ ,  $C_z + C_n$ ,  $R$  та формулюються висновки.

### 4. Література: [1, 9].

Таблиця 2.14.1

#### Показники в варіантах технологічного процесу

№	Найменування	Варіант		
		<i>I</i>	<i>II</i>	
		Верстат 1284 Б	Верстат 1П 365	Верстат 2Н118
Вихідні дані				
1.	Вартість верстата, грн.	100 000	16 000	5000
2.	Вартість пристосування, грн.	800	500	500
3.	$T_{шт}$ , хв	1,22	18,3	8,34
4.	$T_o$ , хв	1,1	15,6	7,08
5.	Час роботи інструментів, хв			
	– різці прохідні Т15К6 16x25, мм	4,91	5,5	–
	– свердла Р6М5 Ø11, мм	0,32	–	–
	– свердла Р6М5 Ø8,4, мм	0,24	–	–
	– зенківка Р6М5 Ø26, мм	0,032	–	0,5
	– зенкер збірний Т15К6 Ø39,2, мм	0,37	–	–
	– зенкер збірний Т15К6 Ø47,7, мм	0,25	–	–
	– зенкер збірний Т15К6 Ø58,8, мм	0,08	–	–
6.	Розряд роботи	3	3	2
7.	Хвилинка ставка верстатника грн./хв	0,125	0,125	0,1
8.	Потужність електродвигуна, кВт	20	14	2,8
9.	Коефіцієнт завантаження	0,75	0,97	0,92
Розрахункові дані				
10.	Зарплата верстатника, грн.	0,153	2,29	0,834
11.	Нарахування на повинність, грн.	0,04	0,6	0,22
12.	Амортизація верстатів, грн.	8,3	15,41	2,31
13.	Витрати на експлуатацію верстата, грн.	3,8	7,0	1,05
14.	Амортизація пристосувань, грн.	2,9	1,8	1,8
15.	Витрати на електроенергію, грн.	0,13	1,34	0,12
16.	Амортизація інструментів, грн.	0,3	0,61	0,28
Разом: технологічна собівартість, грн		15,6	29,05	6,61

## Зміст завдань

№	Найменування показника	Варіант завдання			
		№ 1		№ 2	
		Верстат 1284Б	Верстати ІП 365, 2Н118	Верстат 1284Б	Верстати ІП 365, 2НШ
1.	$T_{ум}, хв$	1,22	18,3+834	1,83	18,3+8,34
2.	$T_o, хв$	1,1	15,6+7,08	1,6	15,6+7,08
3.	Вартість пристосування, грн.	800	500+500	2400	500+500

**5. Запитання для самоконтролю:****5.1. Нормативний коефіцієнт  $E_n$  приймають:**

- 1) 0,5;
- 2) 0,4;
- 3) 0,3;
- 4) 0,2;
- 5) 0,1.

**5.2. До капітальних витрат відносять витрати на придбання:**

- 1) обладнання;
- 2) різального інструменту;
- 3) заготовок;
- 4) ЗОТС;
- 5) вимірювачів.

## 2.15. Проектування дільниці механічного цеху

**Мета роботи:** ознайомити студента з основним масивом інформації, правилами та нормами при проектуванні дільниці; навчити студента навичкам та вмінням вибирати раціональні рішення при розташуванні обладнання в цеху або на дільниці.

### 1. Загальні відомості

Планування дільниць або цехів відбувається при організації нових підрозділів заводу або реконструкції в зв'язку зі змінами номенклатури продукції, її об'ємів випуску або технології виробництва.

Розробці планувань передують роботи технологічні (проектування технологічних процесів обробки або складання об'єктів, складових номенклатури дільниць або цехів) та організаційні (визначення типу виробництва, партії деталей, числа одиниць технологічного, транспортного, складського обладнання та ін.), результатами яких будуть вихідні умови для проектування. До них відносяться:

- робочі креслення деталей відповідно до номенклатури дільниці;
- річний об'єм випуску кожного найменування деталей, розмір партії деталей та такт випуску;
- маршрутні технологічні процеси виготовлення кожної деталі номенклатури;
- відомості технологічного, транспортного, складського обладнання тощо;
- паспортні дані верстатів, машин та іншого обладнання, їхні габарити тощо;
- норми відстаней верстатів та машин від проїздів, стін, колон та один від одного;
- тип виробничої будівлі;
- відомості про прийняте міжопераційне транспортування заготовок, готових виробів та їхнього складування.

Після аналізу вихідних даних в умовах серійного виробництва, виявляють наступні відомості:

- номенклатура та річний об'єм випуску деталей та визначення основної (ведучої) деталі дільниці;
- розмір партії деталей;
- маршрут обробки основної деталі;
- відомість типажу та кількості верстатів на дільниці;
- розташування верстатів на дільниці за принципом технологічного потоку для більшості деталей дільниці;

– підготовка темплетів верстатів у масштабі 1 : 100 (можлива заміна темплетів верстатів на прямокутники зі сторонами, пропорційними довжині та ширині верстата в масштабі 1:100. Дані про габарити обладнання наведені у паспорті верстата або у довідниках);

– підготовка темплетів для слюсарних верстатів, контрольних плит, мийних машин, транспортного, складського та іншого обладнання в масштабі 1:100;

– вибір типу промислової будівлі (для нових проектів), зазвичай у вигляді уніфікованих секцій  $72 \times 72$  м площею, близькою до  $5000 \text{ м}^2$ , з прольотами шириною 6, 9, 12, 18, 24 та 36 м в залежності від типів та розмірів обладнання. Частіше за все в машинобудуванні прольоти обирають 18 та 24 м;

– вибір системи міжопераційного транспортування заготовок на дільниці та системи їх складування. Частіше за все в цехах використовують варіанти автоматизованої транспортно-складської системи (АТСС), автоматичні рейкові або безрейкові возики, роботи;

– маніпулятори стаціонарні або ж розташовані на самохідних транспортних возиках;

– розмітка поля прольоту дільниці або цеха. Зазвичай це робиться на листі міліметрового паперу  $800 \times 250$  мм, шляхом нанесення ґраток колон  $18 \times 12$  м або  $24 \times 6$  м. Переріз колони  $600 \times 800$  мм, її фундамент  $2000 \times 2000$  мм. Ряди колон позначають буквами (А, Б, В...), а колони – арабськими цифрами (1, 2, 3...).

При застосуванні АТСС на полі прольоту розташовують стелажі, накопичувачі, робочі місця операторів, майстрів, налагоджувальників, контролерів.

На полі прольоту розташовують в послідовності технологічного процесу темплети верстатів та інших елементів за певними нормами відстаней:

- відстань між верстатами –  $0,5 \dots 0,7$  м;
- відстань між рядами верстатів –  $1,2 \dots 1,6$  м;
- відстань від стін та колон будівель до верстатів –  $0,4 \dots 0,7$  м;
- ширина проходів –  $1,5 \dots 1,6$  м.

При виконанні планувань використовують умовні позначення, деякі з них наведені на рис. 2.15.1.

На плануванні вказують всі основні розміри: довжина та ширина прольоту, крок колон, довжина та ширина дільниці, наводиться площа дільниці (-ць) та цеху.

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Кожен студент повинен спроектувати предметно – замкнену дільницю механічної обробки деталей загальномашинобудівного застосування, наприклад, тіл обертання  $L \leq 2d$  (втулки, диски, кільця, фланці, шківні різні тощо). Тип виробництва – середньосерійний.

**2.4.** Виробнича програма дільниці передбачає механічну обробку 150000 шт. вказаних вище деталей 1300 найменувань масою до 20 кг кожна, з загальною масою на рік 1100 т, трудомісткістю 57000 люд/г.

Основні напрямки організації виробництва на дільниці:

- широке використання верстатів з ЧПК;
- розміщення виробничого обладнання за принципом поточно-механізованих ліній;
- розміщення верстатів з ЧПК з урахуванням їхніх типів та моделей для забезпечення необхідних умов технічного обслуговування та експлуатації та можливості багатOVERSTATного обслуговування;
- застосування методів групової обробки та використання типових технологічних процесів та операцій;
- оснащення робочих місць оргоснащенням і підйомно-транспортними засобами;
- використання на дільниці АТСС, автоматизації та механізації всіх транспортних та складських робіт;
- створення на дільниці контрольно-диспетчерського пункту (КДП) – комплексної служби регулювання ходу виробництва з використанням систем зв'язку та сигналізації;
- механізація прибирання стружки шнековим конвеєром дільниці з магістральним стружкоприбиральним конвеєром;
- створення зони відпочинку для працівників;
- обслуговування дільниці цеховими допоміжними службами: інструментально-роздавальною коморою (ІРК), майстернею налагодження інструменту поза верстатом, складом заготовок, дільницею заточування інструментів, майстернею ремонту верстатів, а також господарською службою (прибирання дільниці, господарська комора).

Організація виробництва з урахуванням перерахованих напрямків дозволяє досягнути високих техніко-економічних показників по дільниці особливо по продуктивності праці, обмежуватись малим числом робочих-верстатників, надає дільниці гнучкості, забезпечує випуск якісної продукції та дозволяє створити гарні умови праці.

**2.5.** Верстатоемності за видами робіт на річну програму визначені за даними технічного нормування технологічних процесів та наведені у табл. 2.15.1.

**2.6.** Основне технологічне обладнання, розраховане за показниками верстатоемності, наведений у табл. 2.15.2. Ці розрахунки проводяться із урахуванням наступних даних:

Кількість робочих змін.....	2
Тривалість робочого тижня, год.....	40
Ефективний річний фонд часу, год:	
Робочих.....	1860
Обладнання.....	4055
Обладнання з ЧПК.....	3935

В зв'язку з високою вартістю сучасного обладнання з ЧПК ефективний річний фонд часу для нього слід в вихідних даних задавати з розрахунку тримісної роботи. Це позитивно позначатиметься на техніко-економічних показниках роботи дільниці.

Дані про основне технологічне обладнання, наведені у табл. 2.15.2, використовують для створення специфікації до схеми розташування обладнання (планування), наведеній на рис. 2.15.2. В специфікацію повинно бути також внесено допоміжне обладнання, підйомно-транспортне обладнання та оснастка.

**2.7.** Склад та кількість робочих на дільниці визначають на основі даних про трудоемність річної програми за видами робіт та ефективного річного фонду часу робочого. Розрахунок наведений у табл. 2.15.3.

Склад працюючих на дільниці наведений у табл. 2.15.4. Кількість допоміжних робочих та ІТР визначають за міжгалузевими та відомчими нормативами.

**2.8.** На дільниці є також підйомно-транспортне обладнання: кран-балка (поз. 41), каретка-оператор (42), кран консольний поворотний (43), конвеєр стружкоприбиральний (44); оснащення: шафа (51), стіл письмовий майстра (52), стіл виробничий (53), пульт оператора АТСС (54), стіл контролера (55), стіл приймально-передавальний КДП (56), рольганг приймальний (57), верстак налагоджувальника (58), шафа для зберігання носіїв інформації (59), шафа інструментальна (60), картотека (61), стелаж для пристосувань (62), стіл приймально-передавальний (63), верстак слюсаря (64), плита перевірна (65), тумба інструментальна (66), протипожежні засоби (67) (всі позиції по рис. 2.15.2).

Дільниця механічної обробки деталей з застосуванням верстатів з ЧПК та універсальних розташовується в вісімнадцятиметровому прольоті з кроком колон 12 м.

**2.9.** Дані про площі дільниці наведені у табл. 2.15.5.

Обладнання дільниці розташоване за технологічним процесом з дотриманням відповідних норм, правил та рекомендацій. Збереження заготовок та напівфабрикатів та їхнє міжопераційне переміщення виконується АТСС.

## 2.10. Основні дані та техніко-економічні показники дільниці

Річний випуск:

<i>t</i> .....	1100
<i>тис. шт.</i> .....	150
<i>люд/год</i> .....	57433
Основне технологічне обладнання, <i>шт.</i> .....	27
Кількість працюючих (без робітників ВТК).....	44
Кількість робітників.....	41
у т. ч., основних.....	33
Загальна площа дільниці, <i>м<sup>2</sup></i> .....	1023
у т. ч., виробнича.....	796
Коефіцієнт змінності:	
робочих.....	1,83
обладнання.....	1,83
Середній коефіцієнт завантаження обладнання.....	0,82
Ступінь охоплення основних робочих механізованою працею, %.....	97
Середня верстатоемність на 1 <i>t</i> випуску, <i>верстат/год</i> .....	79,8
Середня трудомісткість на 1 <i>t</i> випуску, <i>люд/год</i> .....	52,2
Річний випуск, <i>t</i> :	
на одиницю виробничого обладнання.....	40,7
на одного працюючого.....	25
на одного робочого.....	26,8
Питома загальна площа на одиницю виробничого обладнання, <i>м<sup>2</sup></i> .....	37

Техніко-економічні показники дільниці відповідають показникам, прийнятим в галузі. Це свідчить про правильний хід проектування дільниці.

### 3. Зміст звіту

Кожен студент по завданню на базову деталь додає до наявних даних у табл. 2.15.1–2.15.5 свої показники та наводить зведені показники дільниці (п. 2.10) з додаванням нових цифрових значень.

### 4. Література: [1, 5, 9]



### Деякі умовні позначання

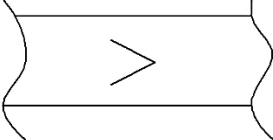
	Місце робочого
	Багато верстатне обслуговування одним робітником
	Електро-шкаф
	Пульт керування
	Гідростанція
	Люк для відведення стружки
	Ворота розсувні
	Перегорodka із скла
	Перегорodka із сітки
	Канал магістральний для транспортування стружки

Рис. 2.15.1 Умовні позначення

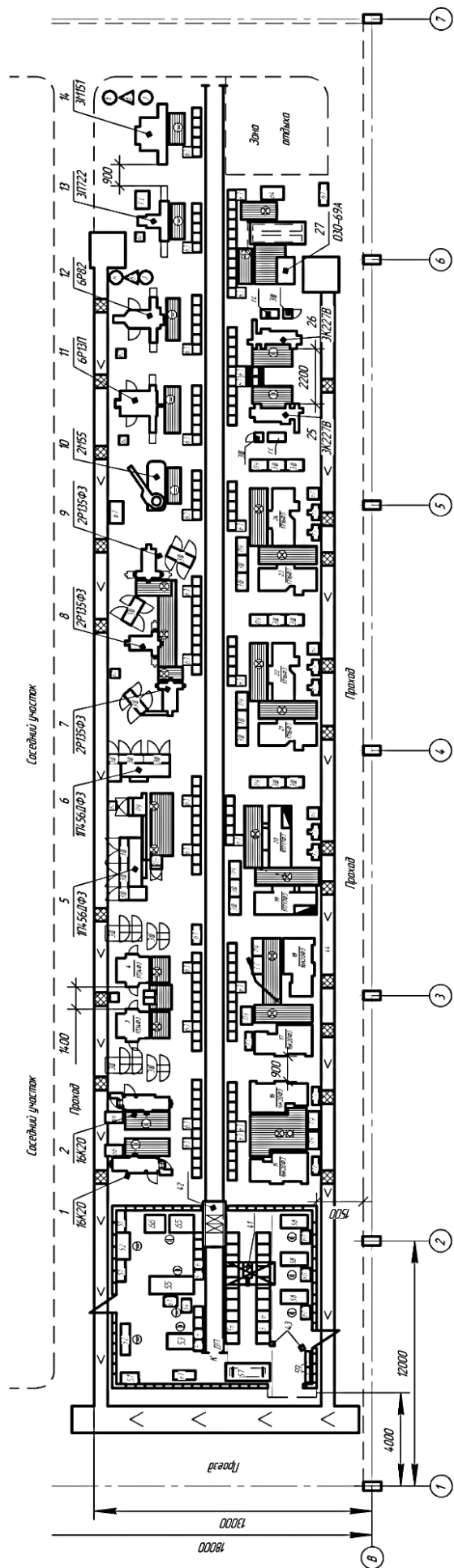


Рис. 2.15.2 План ділянки

Таблиця 2.15.1

## Структура обладнання дільниці

Вид роботи	Верстатоемність, <i>верстат/год</i>	Кількість одиниць обладнання		Коефіцієнт завантаження обладнання
		розрахунк.	прийняте	
Токарні, всього в тому числі на універсальних верстатах на верстатах з ЧПК	55400	–	–	–
	(6460)	1,59	2	0,8
	(48940)	12,44	14	0,89
Свердлильні, всього в тому числі на універсальних верстатах на верстатах з ЧПК	13640	–	–	–
	(3040)	0,75	1	0,75
	(10600)	2,69	3	0,9
Фрезерні на універсальних верстатах	5300	1,31	2	0,65
Шліфування на універсальних верстатах	12900	3,18	4	0,8
Слюсарні (ручні)	(1200)*	–	–	–
Мийні	560	0,14	1	0,14
Разом	87800	22,1	27	0,82 середній
В тому числі: на універсальних верстатах на верстатах з ЧПК	28260	6,97	10	0,70 середній
	59540	15,13	17	0,89 середній

Таблиця 2.15.2

## Основне технологічне обладнання дільниці

Позиція згідно плану	Найменування основного технологічного обладнання	Модель	Коротка технічна характеристика, <i>мм</i>	Кількість одиниць	Потуж- ність одиниці, <i>кВт</i>
1	2	3	4	5	6
1, 2	Токарно-гвинторізний верстат	16K20	<i>D</i> 400 / 320 РМЦ1000	2	10
3, 4	Токарний патронний напівавтомат з ЧПК	1734Ф3	<i>D</i> 340	2	32
5, 6	Токарний патронний багаторізцевий напівавтомат з ЧПК	1П756– ДФ3	<i>D</i> 630 <i>L</i> 320	2	22
7, 8, 9	Вертикально- свердлильний верстат з ЧПК	2P135Ф2	<i>D</i> понад 35	3	6
10	Радіально-свердлильний верстат	2M55	<i>D</i> понад 50	1	4
11	Вертикально-фрезерний верстат	6P13П	РПС 400 × 1600	1	10
12	Горизонтально- фрезерний верстат	6P82Г	РПС 320 × 1250	1	7,5
13	Плоскошліфувальний напівавтомат	3П722	РПС 320 × 1250	1	17

1	2	3	4	5	6
14	Круглошліфувальний напівавтомат	3M151	D 200 700	1	10
15,16 17, 18	Токарний верстат з ЧПК	16K20Ф3	D 400/320 PMЦ 1000	4	8,5
19, 20	Токарний напівавтомат з ЧПК	1П717Ф3	D 315	4	6,5
21, 22 23, 24	Токарний напівавтомат з ЧПК	1716Ф3	D 400	2	9,3
25, 26	Внутришліфувальний верстат	3K227В	$D_{отв} \times L_{отв},$ 100 × 125	2	4
27	Мийна машина	030–696А	Камера 900 × 600 × 650	1	40

Таблиця 2.15.3

## Відомості про основних робітників дільниці

Професія робочого	Верстатосмість річної програми, верстатого/год*	Кількість верстатів, які обслуговуються одним робочим	Трудомісткість на річну програму, люд/год	Кількість робочих		
				Розрахункова	Фактична	
					Прийнята	Працюючих позмінно інженерних працівників
Токар (на універсальних верстатах)	6460	1	6460	3,47	4	2/2
Оператор (на токарних верстатах з ЧПК)	48940	2	24470	13,16	14	7/7
Свердлувальник (на універсальних верстатах)	3040	1	3040	1,63		1/1
Оператор (на свердлильних верстатах з ЧПК)	10600	3	3533	1,9		1/1
Фрезерувальник	5300	1	5300	2,85		2/1
Шліфувальник	12900	1	12900	6,94		4/3
Слюсар	(1200)*	1	1200	0,95	1	1/–
Мийник	560	1	560			
Разом	87800		57463	–	33	18/15

Таблиця 2.15.4

## Загальний склад працюючих на дільниці

Категорія працюючих	Кількість працюючих		Відсоток до працюючих інженерних працівників
	Всього	Працюючих позмінно	
1	2	3	4
Працюючих, всього	41	22/19	93,2
– основні	33	18/15	75
– допоміжні	8	4/4	18,2
У т. ч.:	6	3/3	–
– наладчики верстатів з ЧПК	2	1/1	–
– оператори АТСС			
Інженерно-технічні робітники (ІТР), всього:	3	2/1	6,8

1	2	3	4
У т. ч.: старший майстер	1	1/-	-
Майстер	2	1/1	-
Разом	44	24/20	100

Таблиця 2.15.5

### Площі дільниці

Найменування виробничих підрозділів і допоміжних служб	Площа	
	підрозділів і служб, <i>м<sup>2</sup></i>	Відсоток до загальної
1	2	3
Виробнича площа дільниці механічної обробки деталей	796	77,8
Допоміжна площа В тому числі:	202	19,8
Приміщення (складські місця, контрольний пункт наладчика, майстра та оператора АТСС)	94	-
Проїзди магістральні	108	
Загальна площа дільниці	99825	2,4
Службово-побутова площа (зона відпочинку)	25	2,4
Разом	1023	-

## 5. Запитання для самоконтролю

**5.1. Яку величину відстані між колонами слід вибрати для цеху площею 5000 м<sup>2</sup>?**

- 1) 6 м;
- 2) 9 м;
- 3) 12 м;
- 4) 18 м;
- 5) 24 м.

**5.2. Які розміри в метрах краще за все вибрати для цеха площею 5000 м<sup>2</sup>?**

- 1) 50 × 100;
- 2) 100 × 50;
- 3) 72 × 72;
- 4) 40 × 125;
- 5) 80 × 62,5.

**5.3. Переріз колони над фундаментом, мм:**

- 1) 1000 × 1000;
- 2) 700 × 1000;
- 3) 700 × 700;
- 4) 600 × 500;
- 5) 500 × 800.

### 3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ (лабораторні роботи)

#### 3.1. Дослідження точності малих отворів при свердлінні на універсальних верстатах

**Мета роботи:** ознайомитися з джерелами похибок при свердлінні отворів; навчитися технологічним прийомам, які зменшують похибки.

##### 1. Загальні відомості

Особливістю операцій обробки малих отворів ( $\varnothing 2 \dots \varnothing 6$  мм і довжиною 10...20 мм) на свердлильних верстатах є декілька факторів: мала жорсткість свердла та можливість його поломки навіть у момент дотику до поверхні заготовки, погана видимість зони обробки і низька розмірна стійкість інструменту.

Основними джерелами появи систематичних похибок можуть бути похибки інструмента, пружні деформації в технологічній системі та зношування свердла.

Геометрично дія похибок проявляється через уведення осі просвердленого отвору та його розбивання.

Розглянемо причини появи похибки в осьовому напрямку осі свердла (надалі – відведення),  $Y_o = \Delta_i$  (рис. 3.1.1, а).

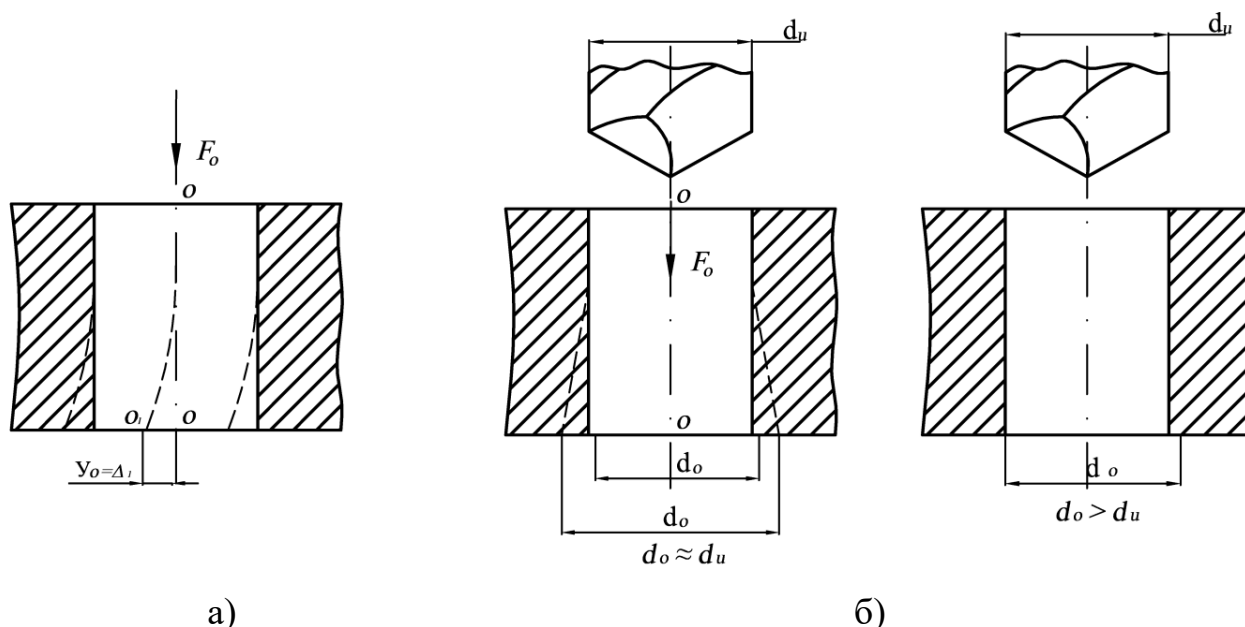


Рис. 3.1.1. Відведення осі отвору а) та його розбивка б) при свердлінні

Під впливом осьового зусилля  $F_o$  стіл верстата відхиляється від горизонтального положення, а вісь шпинделя – від вертикалі (рис. 3.1.2).

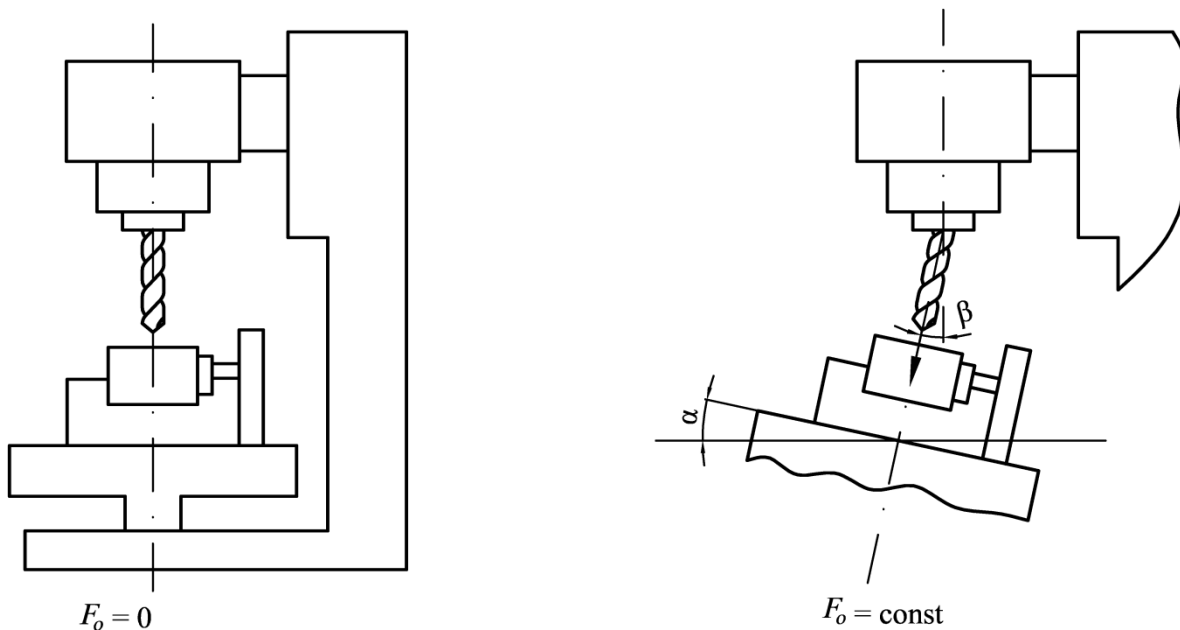


Рис. 3.1.2. Деформація шпинделя та стола верстата під дією сили  $F_o$

Жорсткість стола верстата можна виразити відношенням сили  $F_o$  до кута нахилу  $\alpha$  (рад) його робочої поверхні по відношенню до горизонталі:

$$K_{\text{верст}} = \frac{F_o}{\alpha}. \quad (1)$$

Жорсткість шпинделя може бути виражена через відношення того ж зусилля до кута  $\beta$  (рад) відхилення осі шпинделя від вертикалі:

$$K_{\text{шп}} = \frac{F_o}{\beta}. \quad (2)$$

Оскільки кути  $\alpha$  та  $\beta$  досить малі, то їхні значення можна замінити тангенсами або відповідними нахилами у міліметрах на 1000 мм довжини.

З вищенаведеного слідує, що відведення осі або відхилення її від перпендикулярності до базової площини виражається сумою кутів  $\alpha$  та  $\beta$ :

$$\gamma = \alpha + \beta = F_o \cdot \left( \frac{1}{K_{\text{верст}}} + \frac{1}{K_{\text{шп}}} \right). \quad (3)$$

Вимірювання жорсткості стола та шпинделя верстата  $K_{\text{верст}}$  і  $K_{\text{шп}}$  можуть бути виконані статичним методом, величина зусилля  $F_o$  визначається з формули при свердлінні сталі:

$$F_o = 10C_p D^q S^y K_p, \quad (4)$$

де  $C_p, q, y$  – поправочний коефіцієнт і показники степенів;

$D$  – діаметр свердла, мм;

$S$  – подача, мм/об;

$K_p$  – коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки.

Величина  $\Delta_1$  може бути зменшена за рахунок застосування кондукторних втулок для направлення інструмента.

За даними В.С. Корсакова, при свердлінні отворів  $\varnothing 6,35$  мм і довжиною 76,2 мм без кондуктора  $\Delta_{1max} = 14,1$  мкм/мм довжини, а при свердлінні з кондуктором, закріпленому на столі та зі втулкою довжиною 8 мм,  $\Delta_1 = 2,3$  мкм/мм довжини, тобто приблизно в 6 разів менше осердя свердла.

Похибки отвору після свердління в радіальному напрямку, так звана розбивка отвору  $\Delta_2 = \frac{d_{01} - d_0}{2}$  або  $\Delta_2 = \frac{d_0 - d_u}{2}$  (рис. 3.1.1, б), викликаються при використанні мірного багатолезового інструмента декількома причинами:

1) відхиленням від співвісності робочої частини свердла та його хвостовика, а також відхиленням від центричності осердя свердла. Для свердл точного виконання середньої та довгої серії з циліндричним хвостовиком  $\varnothing 3 \dots \varnothing 10$  мм радіальне биття різальних кромek складає 0,06 та 0,08 мм відповідно. Відхилення від центричності для швидкокорізальних свердл  $\varnothing 3 \dots \varnothing 18$  мм складає 0,1 мм.

При використанні кондукторних втулок вплив вказаних вище відхилень може бути значно зменшений. Їхня величина буде лежати в межах 50% похибки, отриманої при свердлінні без кондуктора.

2) невірноваженістю радіальної сили різання через відхилення від симетричності заточки свердла. Згідно багатьох напрацювань, відхилення від симетричності для свердл  $2\varphi = 118^\circ \pm 2^\circ$  та осьове биття кромek для точних свердл – 0,05 мм і для звичайних – 0,12 мм.

Зі збільшенням глибини свердління розбивка збільшується в зв'язку з тим, що радіальна жорсткість системи «свердло – патрон – шпиндель» –  $K_{сист}$  зменшується через збільшення консолі.

Невірноваженість радіальної сили при  $\Delta\varphi = \pm 2^\circ$   $\Delta F_p \approx 0,0076 \cdot F_o$ . Відхилення кінця свердла ( $y$ ) під дією сили  $\Delta F_p$  в радіальному напрямку можна визначити за формулою:

$$y = \frac{\Delta F_p}{K_{сист}}. \quad (5)$$

При малих діаметральних розмірах свердл можна взяти до уваги тільки пружні відтискання свердла, тобто:

$$y \approx \Delta F_p \cdot L^3 / 3EI, \quad (6)$$

де  $L$  – відстань від різальних кромek свердла до нижнього кінця шпинделя (або нижнього торця кондукторної втулки), мм;

$E$  – модуль пружності матеріалу свердла;

$I$  – момент інерції поперечного перетину свердла,  $\text{мм}^4$  (можна прийняти  $I \approx 0,004 d^4$ ).

З невеликою похибкою можна вважати, що  $\Delta_2 \approx y$ .

Стійкість свердла з Р6М5 при свердлінні отворів у сталі  $\varnothing 6 \dots \varnothing 10 \text{ мм}$  складає 8...10 хв. Оскільки час роботи свердлом у даній роботі значно менший вказаного часу, то впливом зношування свердла на утворення похибки  $\Delta_2$  можна знехтувати через його малу величину.

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Отримати вказівки викладача про варіант випробувань, режим обробки.

**2.2.** Встановити пристосування на стіл верстата без кондукторної втулки, закріпити його.

**2.3.** Закріпити свердло у шпинделі та виміряти величину  $L$  (рис. 3.1.3) за допомогою лінійки або штангенциркуля.

**2.4.** За заданими режимами свердління знайти значення  $F_o$  та  $\Delta F_p$ .

**2.5.** За заданими значеннями  $K_{верст}$  та  $K_{шт}$  визначити величину  $\Delta_1 = \gamma$ .

**2.6.** Визначити величину  $\Delta_2 \approx y$ .

**2.7.** Встановити зразок у пристосування та закріпити його.

**2.8.** Провести свердління 3–5 отворів та результати занести в протокол (дод. 3.1), прослідкувати, щоб свердло вийшло з деталі.

**2.9.** Встановити в пристосування кондукторну втулку. Виміряти відстань  $L_K$  та повторити розрахунок  $\Delta_2$ .

**2.10.** Виконати свердління 3–5 отворів з кондукторною втулкою та результати занести у протокол.

**2.11.** Виконати вимірювання координат отворів на інструментальному мікроскопі (або за спеціальним шаблоном) за наведеною нижче методикою.

**2.11.1.** Взяти експериментальний зразок зі сталі марки 38ХМЮА. Всі сторони зразка ретельно шліфовані з відхиленням 0,01 мм по паралельності та перпендикулярності. Розмістити номерами отвору знизу та згори.

**2.11.2.** Поставити на базу  $A$  з упором у  $B$ .

**2.11.3.** Ходом столика виміряти дві точки  $O_1$  та  $O_2$  на отворі та знайти положення осі отвору по координаті  $X$ . Повторити вимірювання для решти отворів.

**2.11.4.** Аналогічно пп. 2.11.3 знайти координати  $P_1$  та  $P_2$  та відповідні положення осі по  $y$ . Це дає можливість знайти положення центра  $i$ -го отвору.

**2.11.5.** Перевернути деталь та повторити все спочатку див. пп. 2.11.2–2.11.4.



**2.11.6.** Визначити величину зміщення осей по  $X$  та  $Y$  3–5 отворів та її середнє значення.

**2.11.7.** Визначити величину розбиття отворів і середню величину  $\Delta_2$ . Для цього необхідно виконати заміри двох діаметрів у кожному отворі на верхній та нижній площинах (їх значення записати у протоколі).

**2.11.8.** Занести дані координування та розрахунків у таблицю (дод. 3.1) і зробити висновки.

### 3. Зміст звіту

**3.1.** Назва роботи.

**3.2.** Завдання та необхідне оснащення.

**3.3.** Схеми лабораторної установки.

**3.4.** Протокол випробувань.

**3.5.** Розрахунки.

**3.6.** Аналіз результатів та висновки.

Додаток 3.2

#### Форма протоколу випробувань

Свердлильний верстат мод.	.....	$S = \dots\dots\dots$	$n = \dots\dots\dots$
величина $\Delta_1 = \gamma =$	.....	(при $K_{верст} = \dots\dots\dots$	$K_{ум} \dots\dots\dots$ )
величина $\Delta_2 = \gamma =$	.....	(при $d \dots\dots\dots$	$L \dots\dots\dots$ )
величина $\Delta_3 = \gamma =$	.....	(при $d \dots\dots\dots$	$L_K \dots\dots\dots$ )

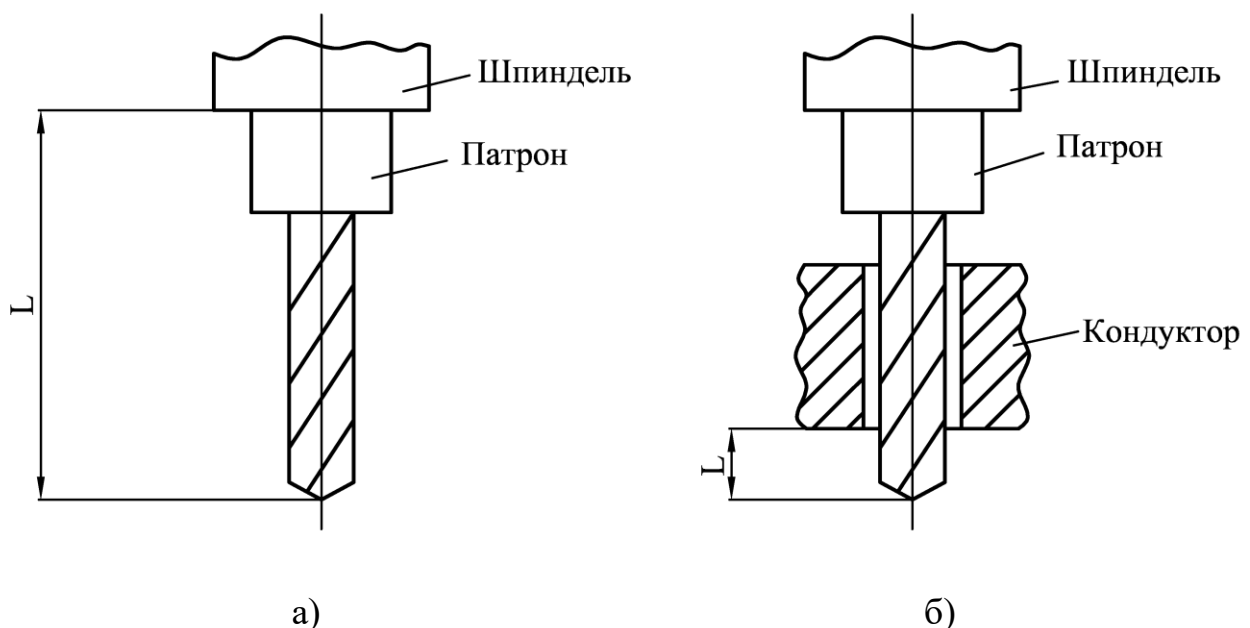


Рис. 3.1.3. Виліт свердла  $L$  без кондуктора (а) та у кондукторі (б)

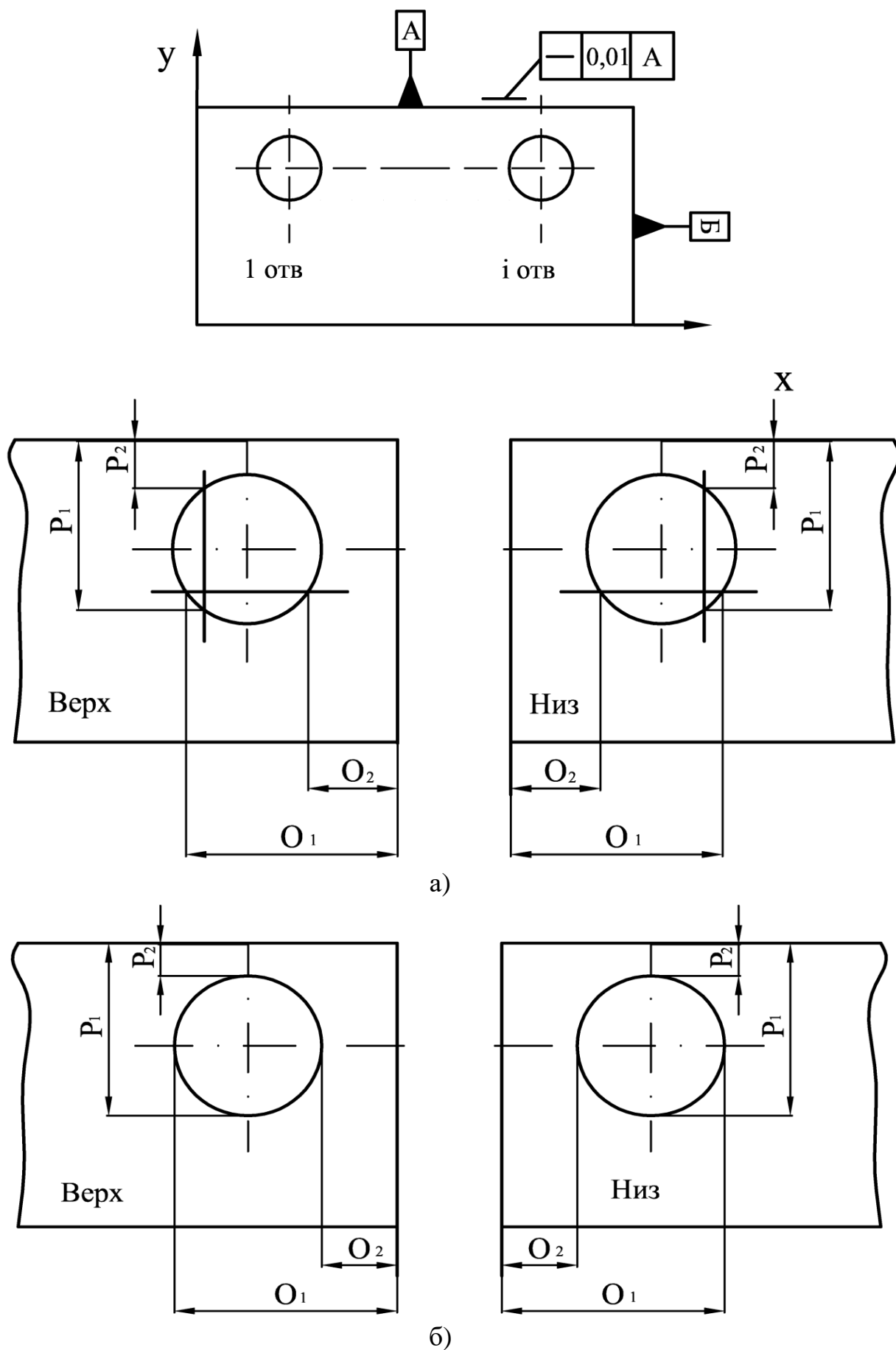


Рис. 3.1.4. Координування розмірів при вимірюванні відведення свердла (а) та розбивки отвору (б)

Таблиця 3.1.1

№	Коор- дината	Без втулки				З втулкою				
		відведення		розбивка		відведення		розбивка		
		верх	низ	верх	низ	верх	низ	верх	низ	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	X	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$	$O_1 - O_2 =$
	Y	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$	$P_1 - P_2 =$
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9										
10										

#### 4. Література [1, 6].

#### 5. Запитання для самоконтролю:

**5.1. Від яких факторів залежить похибка отвору в радіальному напрямку:**

- 1) відхилення від центричності осердя свердла;
- 2) відхилення від співвісності робочої частини свердла та його хвостовика;
- 3) відхилення від симетричності заточки свердла;
- 4) невірноваженості радіальної сили різання;
- 5) від наявності або відсутності кондукторних втулок.

**5.2 Від яких конструктивних параметрів свердла та пристосування залежить їх уведення або помилки в осьовому напрямку:**

- 1) довжина свердла;
- 2) довжина робочої частини свердла;
- 3) вильоту свердла за кондукторною втулкою;
- 4) відстань від патрона до кондукторною втулки;
- 5) довжина кондукторною втулки.

### 3.2. Дослідження основних показників процесу шліфування

**Мета:** ознайомитися з методикою визначення основних параметрів процесу шліфування: зняття матеріалу, коефіцієнт різальної здатності круга, зусилля різання та робота, витрачені на реалізацію процесу; навчитися використовувати ці дані на практиці.

#### 1. Загальні відомості

Процес шліфування матеріалів звичайними шліфувальними кругами має таку особливість, як нерівномірність процесу різання за період стійкості. Після правки круг деякий час припрацьовується, потім знімає матеріал із найбільшою інтенсивністю, до кінця періоду стійкості зменшує різальні властивості або припиняє процес різання. Для різних матеріалів (за твердістю, міцністю, вмістом легуючих елементів тощо) співвідношення інтервалів часу протягом вказаного вище періоду суттєво змінюється.

Через технологічну та конструктивну недосконалість абразивних кругів період їхньої стійкості також коливається в достатньо широкому діапазоні, що ускладнює побудову оптимальних циклів шліфування, особливо на автоматичних верстатах, нерідко призводить до браку готових виробів за показниками якості поверхні, веде до перевитрат абразивних кругів та ін.

Існуючі способи оцінки різальних властивостей шліфувальних кругів включає ряд показників: зняття металу  $Q_M$ ,  $mm^3/c$ ; зношування круга  $q_a$ ,  $mm^3/c$ ; питома продуктивність  $q$  або  $Q_M/q_a$ ; період стійкості круга  $T$ ,  $xв$ ; шорсткість поверхні  $Ra$ ,  $мкм$ ; радіальна та тангенціальна складові сили різання  $P_y$ ,  $P_z$ ,  $H$ ; ефективна потужність різання, віднесена до одиниці висоти круга  $N_s$ ,  $кВт$ ; питомої витрати енергії за знятим металом  $A_M$ ,  $кДж/мм^3$ ; коефіцієнт різальної здатності круга  $K$ ,  $мм^3/сН$ ; коефіцієнт самозаточування круга, коефіцієнт зняття металу та коефіцієнт тертя при шліфуванні  $K_{тр}$ .

У виробничих умовах вказані способи випробувань дають усереднені показники роботи круга в зв'язку з тим, що вони проходять на відрізок часу, рівному періоду стійкості круга (а нами вже відмічено вище, що знос протікає нерівномірно). Оскільки круги затупляються протягом періоду стійкості нерівномірно та мають через це змінну різальну здатність, то більш раціональним є спосіб пришвидшених технологічних випробувань кругів (експрес-метод), який враховує цей фактор і направлений на встановлення максимальної різальної здатності та періоду її дії. Цей період у подальшому будемо називати часом активної роботи абразивного шліфувального круга  $t_a$ .

#### 1.1. Визначення показників процесу шліфування експрес-методом.

Всі випробування кругів проводяться в один етап, тривалість якого не перевищує 60...120 с, у спеціальному пристосуванні з постійним зусиллям

притискання  $P$  досліджуваного зразка до круга (рис. 3.2.1), тобто, фактично у процесі випробувань реалізується метод врізного шліфування.

Величина зусилля  $P$  може бути задана в широкому діапазоні за рахунок зміни (тарування) навантаження або плеча, до якого це навантаження прикладене. Навантаження  $P$  можуть бути попередньо розраховані за стандартними формулами або задані за вимогами жорсткості та точності оброблюваних деталей.

При шліфуванні зняття металу  $Q_m$  і потужність шліфування  $N$  вимірюють за допомогою стандартної апаратури – перетворювача потужності, підсилювача постійного струму, записуючих пристроїв і датчиків. Абразивний круг перед початком випробування правиться алмазним олівцем. Осцилограми записів  $N$  та  $Q$  наведені на рис. 3.2.2.

Потужність  $N$  змінюється за час випробування круга досить суттєво – у початковий момент часу роботи ( $t_a$ ) свіжезаправлений круг інтенсивно ріже метал (потужність  $N_a$ , зняття  $Q_a$ ), при частковому затупленні круга потужність  $N_z$  падає в зв'язку зі зменшенням роботи різання та погіршенням зняття металу  $Q_a$ . Умовно цей період часу названий часом роботи з затупленням  $t_z$ . Подальша робота круга при його інтенсивному затупленні (час  $t_T$ ) супроводжується зниженням потужності – дільниця  $N_T$  – незначним зняттям металу – дільниця  $Q_T$ . На осцилограмі запису потужності є явно виражена точка перегину, яка служить для встановлення часу активної роботи круга  $t_a$ , зняття металу  $Q_a$  та розрахунку основних показників роботи шліфувального круга. Цей набір параметрів за час активної роботи представляє найбільший інтерес для встановлення можливостей круга по продуктивності, частоті правок та ін. Випробування різних за характеристиками кругів показали, що величина  $t_a$  за прийнятою методикою випробування не перевищує 20 с, а весь цикл випробувань можна проводити за 60 с у діапазоні зусиль  $P = 6...35$  Н.

### **1.2. Визначення показників процесу шліфування при стандартній роботі шліфувального круга.**

Другий етап випробувань з визначення основних показників процесу шліфування направлений на визначення сил різання  $P_y$  та  $P_z$ . Для цього використовується стандартний динамометричний стіл. Зразок із розмірами  $50 \times 10 \times 200$  мм шліфується при заданих (викладачем) режимах різання ( $V, t$ ), потім за допомогою приладу зі шкалою або самописця фіксуються значення сил різання.

Із метою виявлення тенденції зміни сил різання при затупленні круга зразок шліфується протягом 10 хв. Показники при вимірюванні сил різання фіксуються через 0 (тобто, одразу заправленим кругом); 2,5; 5,0; 7,5; 10,0 хв і заносяться в зведену табл. 3.2.1.

Загальна схема вимірювання основних показників процесу шліфування наведена на рис. 3.2.3.

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Отримати у викладача зразок матеріалу для випробувань та робочий режим навантаження у діапазоні від 6 до 35 Н.

**2.2.** Ввімкнути вимірювальну апаратуру (перетворювач потужності, підсилювач постійного струму, записуючий прилад тощо), ознайомитися з короткою пам'яткою по їх використанню.

**2.3.** Виміряти розмір зразка та занести його в зведену таблицю результатів.

Таблиця 3.2.1

Зведена таблиця результатів

№	Режим випробувань	Зразок 10 x 10		О, мм <sup>3</sup> (100x X (H <sub>и</sub> - H <sub>о</sub> ))	N <sub>хх</sub> , кВт	N, кВт			Час			Сили різання, Н		K <sub>T</sub> = $\frac{P_z}{P_y}$	
		H <sub>о</sub> , мм	H <sub>и</sub> , мм			N <sub>а</sub>	N <sub>з</sub>	N <sub>T</sub>	t <sub>а</sub>	t <sub>з</sub>	t <sub>r</sub>	P <sub>y</sub>	P <sub>z</sub>		
1	V <sub>кр</sub> , м/с														
	t, мм														
	V <sub>ср</sub> , м/с														
	P, Н														
	τ, с														
2															
3															
Середні значення отриманих величин															

**2.4.** Встановити зразок у пристосуванні для оцінки показників шліфування експрес-методом та виставити на ньому величину навантаження P.

**2.5.** Записати потужність холостого ходу верстата.

**2.6.** Підвести стіл зі зразком до круга та торкнутись його до появи іскри, обробляти зразок протягом 2–3 с.

**2.7.** Провести правку круга на стандартному режимі правки (t<sub>γ</sub> = 0,1 м; S = 0,6 мм/хв).

**2.8.** Набрати робочий режим та провести випробування, повторивши його тричі. Записати осцилограми процесу N = f(τ) та Q = f(τ) за час шліфування 60 с. Правку круга виконувати при кожному досліді.

**2.9.** Визначити час активної роботи круга t<sub>а</sub> та інші показники його роботи в цей період часу.

**2.10.** Встановити зразок в динамометр та провести другий етап випробувань по визначенню тангенціальної P<sub>z</sub> та радіальної P<sub>y</sub> сил різання за час t = 10 хв.

**2.11.** Розрахувати основні показники процесу шліфування:

а) питоме зняття металу Q<sub>M</sub> = ((H<sub>и</sub> - H<sub>о</sub>) · 100) / τ, мм<sup>3</sup>/с;

- б) коефіцієнт різальної здатності  $K = Q_M / P$ ,  $\text{мм}^3/\text{с} \cdot \text{Н}$ ;
- в) питома робота  $A_{\text{пит}} = 3N \cdot t / Q_M$ ,  $\text{Дж} \cdot \text{с} / \text{мм}^3$ ;
- г) сили різання  $P_Z$  і  $P_Y$  через  $t = 0; 2,5; 5; 7,5; 10$  хв;
- д) коефіцієнт тертя  $K_{\text{тр}} = P_Z / P_Y$ .

### 3. Зміст звіту

В звіті наводяться схеми  $t = 0; 2,5; 5$ ; роботи реального верстата і показники  $Q_M; A_{\text{пит}}; K; P_Z; P_Y; K_{\text{тр}}$  і робить висновки.

### 4. Література:[1, 6].

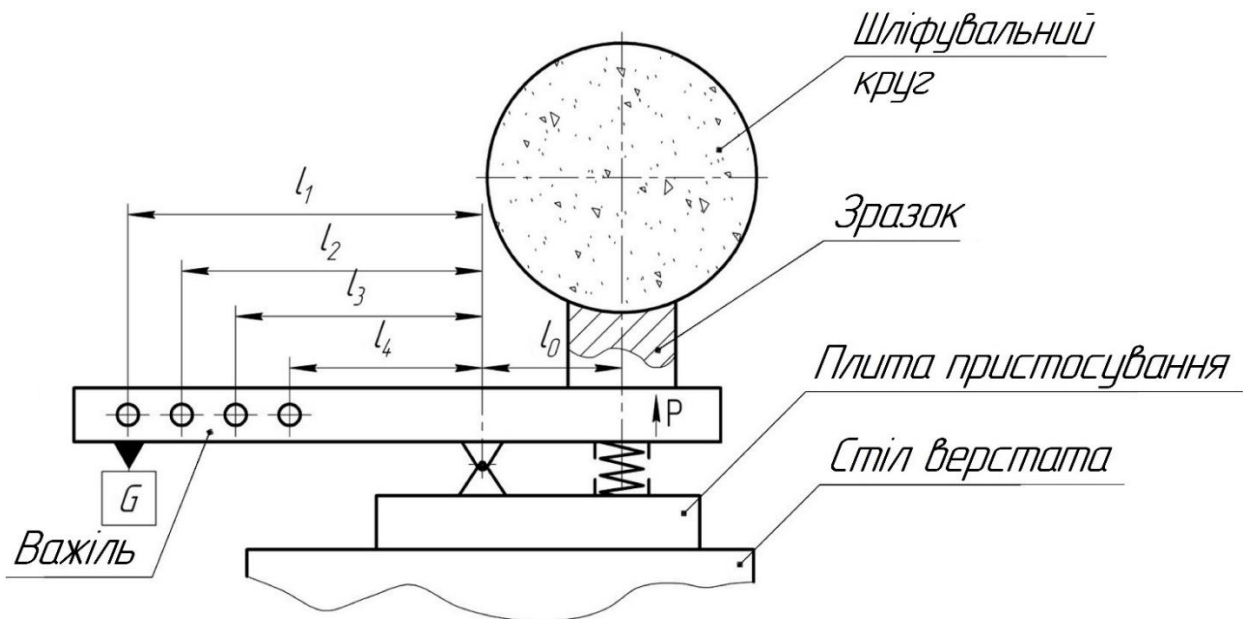


Рис. 3.2.1 Наладка плоскошліфувального верстата для експрес-випробувань кругів

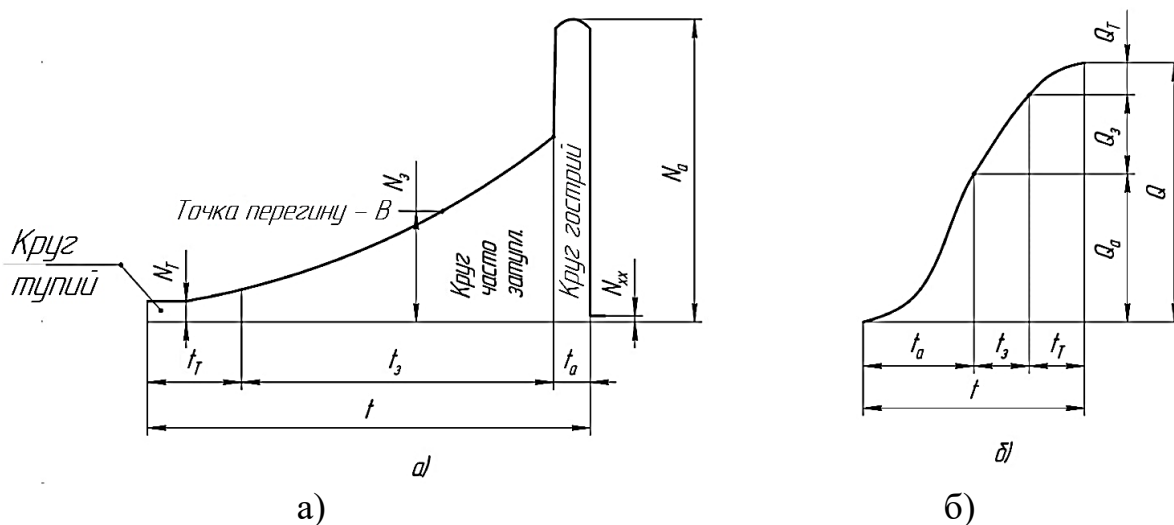


Рис. 3.2.2 Осцилограми запису потужності шліфування  $N$  (а) та зняття металу  $Q$  (б) за цикл випробувань

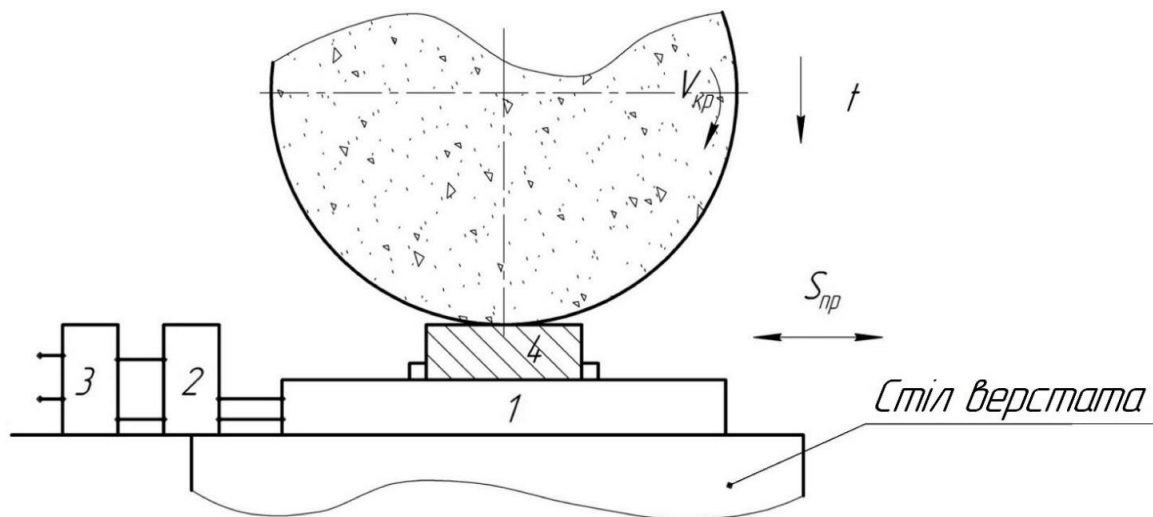


Рис. 3.2.3 Загальна схема випробувань (1 – динамометр; 2 – перетворювач і підсилювач; 3 – самописець; 4 – зразок)

## 5. Запитання для самоконтролю:

### 5.1. Якими показниками можна оцінити різальні властивості кругів?

- 1) зняття металу  $Q_M$ ;
- 2) зношування круга  $q_a$ ;
- 3) питома продуктивність  $Q_M / q_a$ ;
- 4) період стійкості круга  $T$ ;
- 5) сили різання  $P_Z$  та  $P_y$ .

### 5.2. Якими показниками оцінюють різальну здатність круга?

- 1) коефіцієнт різальної здатності круга  $K$ ;
- 2) коефіцієнт тертя при шліфуванні  $K_{тр}$ ;
- 3) коефіцієнт зняття металу;
- 4) коефіцієнт самозаточування;
- 5) питомої витрати енергії за знятим металом  $A_M$ .

### 5.3 Випробування круга експрес-методом тривають:

- 1) 10 с;
- 2) 30 с;
- 3) 50 с;
- 4) 100 с;
- 5) 200 с.



### 3.3. Дослідження постійності розмірів в партії деталей типу тіл обертання при обробці на роботизованому технологічному комплексі (РТК)

**Мета роботи:** практично освоїти методику перевірки точності РТК при обробці партії деталей.

#### 1. Загальні відомості

РТК – це сукупність одиниці технологічного обладнання, промислового робота та засобів оснащення, автономно функціонуюча і така, що здійснює багаторазові цикли.

В процесі обробки партії деталей за програмою на РТК в результаті виникнення випадкових похибок дійсний розмір кожної деталі є випадковою величиною та може приймати будь-яке значення в межах певного інтервалу. Так, результуюча похибка обробки зазвичай представляє собою суму більшого числа похибок, які залежать від верстата, пристосування, інструмента, ПР, системи керування верстатом і ПР, самої деталі, які являють собою взаємно незалежні випадкові величини, та якщо вплив кожної з них на результуючу похибку має один порядок при відсутності домінуючих похибок, то розподілення результуючої похибки обробки, а отже і розташування дійсних розмірів деталей підпорядковуються на основі теореми Ляпунова закону нормального розподілу.

Постійність розмірів у партії деталей характеризується середнім значенням  $f$  та розмахом відхилень оброблених розмірів  $R$ .

#### 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Партія деталей обробляється в два проходи – чорновий та чистовий. При чистовому проході режими різання підбираються таким чином, щоб забезпечити найвищу точність обробки.

Форма типових деталей в партії показана як ступінчасті валики

$$d_1 \times l_1 + d_2 \times l_2 + d_3 \times l_3,$$

де: –  $d_1, d_2, d_3$  та  $l_1, l_2, l_3$  – діаметри та довжини ступенів, мм

На токарних патронних та патронно-центрових верстатах, які входять до складу РТК, обробляються ступінчасті валики з розмірами

$$d_3 \geq 0,75 d_{\text{заг}}, \text{ але не більше } 300 \text{ мм},$$

$$d_2 \geq 0,6 d_{\text{заг}},$$

$$d_1 \geq 0,5 d_{\text{заг}},$$

$$l_1 = l_2 = l_3 = 15 \dots 20 \text{ мм}.$$

**2.2.** Кількість деталей у партії  $n = 5 \dots 10$ .

**2.3.** Для кожного контрольованого розміру за результатами вимірювань розраховують:

$$R = f_{\max} - f_{\min} ; \quad (1)$$

$$f = \frac{\sum f_i}{n} . \quad (2)$$

**2.4.** Визначають межі допустимих відхилень для кожного контрольованого розміру за формулами:

$$P_o = T_o - A_6 \cdot \delta , \quad (3)$$

де:  $P_o$  – верхня межа середнього відхилення;

$T_o$  – верхня межа допуску вимірюваного розміру;

$\delta$  – половина допуску на вимірюваний розмір за технічними умовами;

$A_6$  – коефіцієнт, який залежить від кількості деталей в партії (табл. 3.3.1).

$$P_n = T_n + A_6 \cdot \delta , \quad (4)$$

де:  $P_n$  – нижня межа середнього відхилення;

$T_n$  – нижня межа допуску вимірюваного розміру.

$$R_{br} = D_3 \cdot \delta , \quad (5)$$

де:  $R_{br}$  – верхня межа розмаху;

$D_3$  – коефіцієнт, що залежить від числа деталей в партії (табл.3.3.1).

Таблиця 3.3.1

**Значення  $A_6$  та  $D_3$**

$n$	5	6	7	8	9	10
$A_6$	0,553	0,592	0,522	0,646	0,667	0,684
$D_3$	1,63	1,68	1,72	1,75	1,78	1,81

**2.5.** РТК вважається придатним по точності обробки партії деталей згідно програми, якщо середні відхилення всіх розмірів та розмахи знаходяться всередині розрахованих вище допустимих меж.

**2.6.** Встановити на накопичувач 5–10 типових деталей.

**2.7.** Ввести ті показники, що відповідають програмі у системі керування верстатом і ПР.

**2.8.** Підготувати табл. 3.3.2.

Таблиця 3.3.2

**Постійність розмірів в партії деталей**

Контрольований розмір	Відхилення від номіналу, мкм										$f_{\max}$ , мкм	$f_{\min}$ , мкм	$R$ , мкм	$f$ , мкм	
	номер деталі														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					

**2.9.** Ввімкнути РТК на роботу по програмі та відпрацювати на холостому ході 2–3 цикли.

**2.10.** Обробити на РТК по програмі партію деталей.

**2.11.** Провести вимірювання партії оброблених деталей по контрольованих розмірах, величина яких задається викладачем.

**2.12.** Занести результати у табл. 3.3.2.

**2.13.** Визначити за результатами вимірювань для кожного контрольованого параметру  $R$  та  $f$  за формулами (1) та (2), результати вимірювань занести у табл. 3.3.2.

**2.14.** Встановити за технічними умовами на РТК (верстат, який входить до складу РТК) величину допустимих відхилень на контрольовані розміри.

**2.15.** Визначити межі припустимих відхилень для кожного контрольованого розміру за формулами (3)–(5).

**2.16.** Атестувати РТК по точності обробки деталей по програмі на основі отриманих результатів.

**2.17.** Обладнання та оснастка для проведення роботи.

Робота виконується на РТК, який складається з токарного верстата з ЧПК, ПР та накопичувача. Обробляються 5–10 сталевих заготовок діаметром не більше 200 мм та довжиною не більше 100 мм. Різальний інструмент – різці прохідний та підрізний. Вимірювальний інструмент – штангенциркуль та мікрометр.

### **3. Зміст звіту**

**3.1.** Найменування та мета роботи.

**3.2.** Ескіз оброблюваної деталі.

**3.3.** Таблиця вимірювань.

**3.4.** Межі відхилень контрольованих розмірів.

**3.5.** Атестація РТК по параметру: точність обробки партії деталей по програмі.

### **4. Література: [1, 6]**

### **5. Запитання для самоконтролю:**

**5.1. РТК – це:**

- 1) обладнання;
- 2) робот;
- 3) засіб оснащення;
- 4) сукупність всього вищеназваного.

**5.2. Постійність розмірів у партії деталей оцінюють показником:**

- 1)  $\bar{f}$ ;
- 2)  $n$ ;
- 3)  $N$ ;
- 4)  $T$ ;
- 5)  $C$ .

### 3.4. Програмування токарно-гвинторізного верстата мод. 16K20Ф30 з оперативною системою (ОС) ЧПК 2Р22

**Мета роботи:** ознайомитися з принципами кодування ОС ЧПК 2Р22; вивчити технологічні можливості токарно-гвинторізних верстатів із ЧПК; отримати навички розробки КП та налагодження токарно-гвинторізного верстата мод. 16K20Ф30 для обробки заданої деталі.

#### 1. Загальні відомості

**1.1.** Призначення ОС ЧПК 2Р22. Пристрій оперативного програмного управління (ОПУ) 2Р22 призначений для видачі КП на виконавчі органи токарних верстатів, виконує наступні функції:

- введення керуючої програми з клавіатури пульта управління або програмоносія;
- її відпрацювання і редагування безпосередньо на верстаті;
- укладання керуючої програми, за зразком, коли обробка першої деталі ведеться в ручному, а обробка наступних деталей в автоматичному режимі;
- введення постійних циклів в діалоговому режимі;
- використання складних циклів багатопрохідної обробки;
- перенесення КП на програмоносій і виконання ряду інших функцій.

Більш розвинене у порівнянні з ОПУ «Електроніка НЦ-31» функціональне програмне забезпечення, що зберігається у постійній пам'яті пристрою, включення до нього складних циклів багатопрохідної обробки дозволяють зменшити обсяг інформації, що вводиться в ОПУ, і спростити створення КП.

**1.2.** Принципи кодування і порядок побудови кадру. Введення КП у пам'ять приладу ОПУ 2Р22 можливе з пульта управління або програмоносія. В якості програмоносія використовують магнітну або восьмидорожню паперову стрічку шириною 25,4 мм.

Програма складається з послідовно записаних кадрів – складових КП, що вводяться як єдине ціле і що містять не менше однієї команди.

Кожний кадр починається з порядкового номеру  $N$ , складається із змінного числа слів (складників кадру, що містять дані про параметри процесу обробки) і закінчується символом «кінець кадру».

Кожне слово складається з символу – адреси і наступної за ним, групи цифр. Адреса визначає призначення цифр в кадрі (див. табл. 3.4). В одному кадрі не можна програмувати два слова однієї адреси.

**Значення символів адрес, що використовуються  
при програмуванні ОС ЧПК 2P22**

Символ	Значення
<i>A</i>	Припуск під чистову обробку
<i>B</i>	Повторення кадра
<i>C</i>	Збіг різьби, фаска під кутом 45°
<i>D</i>	Витримка часу
<i>E</i>	Подача на прискореному ході
<i>F</i>	Подача робоча або крок різьби
<i>G</i>	Підготовча функція
<i>H</i>	Кількість повторів
<i>L</i>	Автоматичний постійний цикл
<i>M</i>	Допоміжна функція
<i>N</i>	Номер кадра
<i>P</i>	Глибина різання або ширина різця
<i>S</i>	Частота обертання шпинделя
<i>T</i>	Позиція револьверної головки з різальним інструментом
<i>X, Z</i>	Переміщення вісями <i>X, Z</i> в абсолютних значеннях
<i>U, W</i>	Переміщення вісями <i>X, Z</i> у приращення <i>x</i>

Структура слова визначається форматом, в якому вказують розташування адреси, знак і число геометричної або технологічної інформації в складі слова, кількість цифр, що записуються до і після коми тощо.

Для пристрою ОПУ 2P22 приклади форматів слів наступні:

**N03; X+043; Z+043; U+043; W+043; F023; T2; M2;**

**S1-4; D043; C+043; Q+043; R+0.43; B3; H3; L2;**

**P11; A11; E; G2,\*.**

Після адрес **N, T, M, S, B, H, L, G** в форматі записують одну цифру, що показує кількість цифр в слові. Якщо нулі, що стоять перед першою значущою цифрою, можна опустити, то після адреси записують дві цифри, перша з яких нуль. Після адреси слів, що містить розмірні переміщення **A, P, X, U, R, Z, W, D, C, G, F**, записують дві цифри, перша з яких показує кількість розрядів перед, а друга – після десяткової коми, або три цифри, перша з яких нуль, що дозволяє опустити нулі перед першою значущою цифрою. Якщо абсолютні

розміри завжди позитивні, то між адресою і наступним за ним числом не ставлять жодного знаку; якщо вони можуть бути позитивними або негативними, то між адресою і наступним за ним числом ставлять знак «+».

Наприклад, N03 – тризначний номер кадру. Незначущі нулі перед номером можна не набирати: N125, N012 (або N12), N003 (або N3). Геометричну інформацію, тобто, значення координат кінцевих опорних точок дільниць траєкторій за осями X і Z, або прирощень U, W за осями X (U) або Z (W), записують наступним чином: X043; Z – 0,43; U0,643; W0,43.

Незначущі нулі в початку і в кінці геометричної інформації, а також знак «+» можуть опускатися.

Наприклад:

- переміщення по осі Z у точку з координатою +36,18 мм записують Z36,18;
- переміщення по осі Z на 364,583 мм до передньої бабки – W – 364,583;
- переміщення по осі X до Ø12,38 мм – X12,38;
- переміщення по осі X на 0,16 мм до осі центрів – U – 0,16.

Час витримки задають за адресою D з точністю до 0,001 с.

Наприклад, час витримки 2 с записують D2.

Подачу робочого органу задають за адресою F, постійні цикли – за адресою L, допоміжні технологічні команди – за адресою M, підготовчі функції – за адресою G (табл. 3.4.2–3.4.4). Обов'язковою умовою кінця УП є наявність в останньому кадрі команди M02.

Таблиця 3.4.2

#### Позначення та призначення постійних циклів

Позначення циклу	Призначення
L01	Нарізання зовнішньої або внутрішньої циліндричної, конічної, багатопрохідної, однопрохідної різьби
L02	Проточування прямокутних канавок
L03	Зовнішня обробка за схемою «петля»
L04	Внутрішня обробка за схемою «петля»
L05	Торцева обробка за схемою «петля»
L06	Глибоке свердління
L07	Нарізання різьби мітчиком або плашкою
L08	Чорнова обробка з припуском і без нього
L09	Обробка канавок
L10	Чистова обробка
L11	Повторення частини УП

Таблиця 3.4.3

## Позначення та призначення допоміжних технологічних функцій

Позначення функцій	Призначення
<b>M00</b>	Зупинка, що програмується
<b>M01</b>	Зупинка, з підтвердженням
<b>M02</b>	Кінець програми
<b>M08</b>	Включення охолодження
<b>M09</b>	Вимкнення охолодження
<b>M17</b>	Кінець опису деталі для циклів <i>L08, L09, L10</i>
<b>M18</b>	Кінець фрагменту УП, що буде повторюватись в циклі <i>L11</i>
<b>M20</b>	Передача управління роботу РТК

Таблиця 3.4.4

## Позначення та призначення підготовчих функцій

Позначення функцій	Призначення
<b>G05</b>	Використовується для спряження елементів контуру, коли в кінці кадру не вимагається гальмування
<b>G10</b>	Задається перед кадрами, для яких необхідна постійна швидкість різання (частота обертання змінюється автоматично в залежності від діаметра обробки)
<b>G11</b>	Відмінняє дію функції <i>G10</i>

**1.3.** Програмування частоти обертання шпинделя, подачі та позиції інструменту. Частота обертання шпинделя задається за адресою *S*, після якої записують діапазон (1–3), знак напрямку обертання шпинделя і частоту обертання.

Знак «мінус» обертання шпинделя за годинниковою стрілкою. Запис *S3 1500* показує, що шпиндель обертається з частотою 1500 *об/хв* за годинниковою стрілкою.

Величину подачі робочого органу задають за адресою *F*.

Наприклад, запис – *F 0,25* показує, що подача складає 0,25 *мм/об*, запис *F1* – подача 1 *мм/об*.

Поворот різцетримача багаторізевої автоматичної головки для встановлення інструменту в робочу позицію задають за адресою *T*, після якої записують номер позиції.

Наприклад, запис *T6* показує, що на робочу позицію необхідно встановити інструмент, що знаходиться в гнізді поворотного різцетримача, якому присвоєний номер шість.

**1.4. Програмування лінійних переміщень.** В залежності від нанесення розмірів на кресленні деталі і послідовності обробки лінійні переміщення можуть бути задані в абсолютній або відносній системах. Переміщення по осі  $X$  в абсолютній системі задається адресою  $X$  та координатою кінцевої точки шляху відносно нульової точки (нуля деталі –  $W$ ). Координати в абсолютній системі по осі  $X$  задаються у діаметрах.

Запис кадру при лінійному переміщенні різця по координаті  $X$  в абсолютній системі для проточування зовнішньої кільцевої канавки до 20 мм (рис. 3.4.1, а) має вигляд: **N005 X20\***, а при проточуванні внутрішньої канавки (рис. 3.1, б): **N005 X26\***.

Без завдання робочої подачі лінійне переміщення не реалізується, тому в одному з попередніх кадрів повинна бути задана подача.

У відносній системі переміщення по осі  $X$  задається адресою  $U$  і числовим значенням переміщення, що являє собою різницю координат кінцевої і початкової точок (п. т.) відносно нульової точки ( $X_2 - X_1$ ). Якщо різець переміщається від оператора до шпинделя верстата, перед числовим значенням переміщення ставлять знак «мінус». Знак «плюс» завжди опускають.

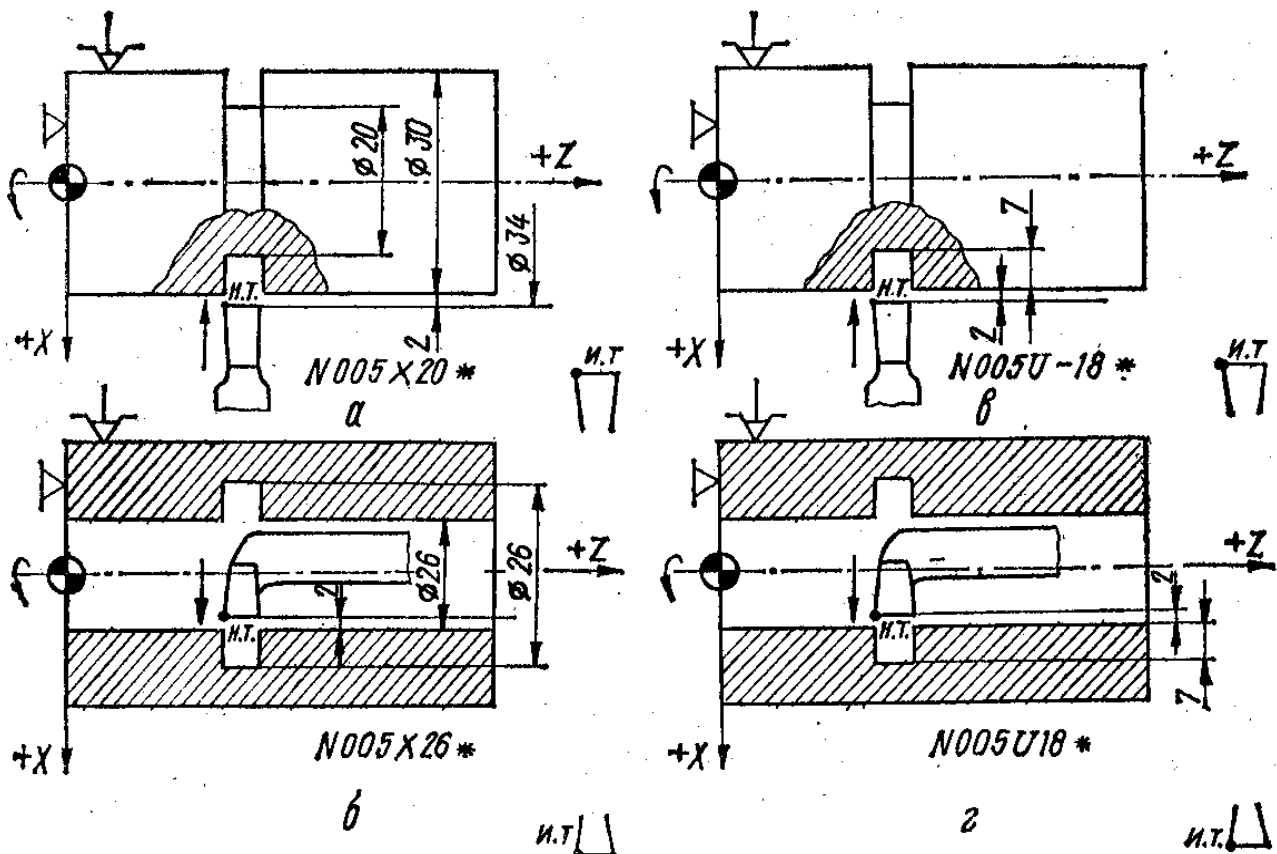


Рис. 3.4.1. Приклад програмування лінійних переміщень по осі  $X$ :  
а, б – в абсолютній системі; в, г – у відносній системі.

При проточуванні зовнішньої канавки (рис. 3.4.1, в) переміщення різця дорівнює 18 мм:  $(2 \text{ мм} + 7 \text{ мм}) \cdot 2 = 18 \text{ мм}$ . Запис кадру у відносній системі має вигляд: **N005 U – 18\***.



Аналогічно для проточування внутрішньої канавки (рис. 3.4.1, г) запис кадру можна представити наступним чином: **N005 U 18\***.

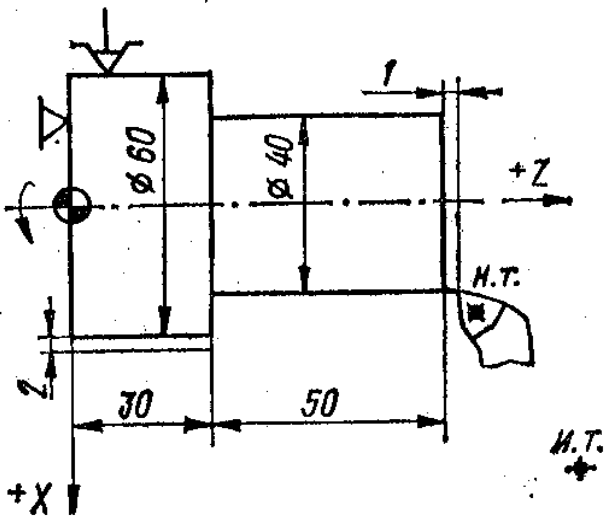


Рис. 3.4.2. Ескіз валика для ілюстрації програмування лінійних переміщень по осі Z в абсолютній і відносній системах

Переміщення по осі Z в абсолютній системі задаються адресою Z і координатою кінцевої токи шляху з її знаком відносно нульової точки. Переміщення по осі Z у відносній системі задається за адресою W. Числове значення переміщення дорівнює приросту координат сусідніх опорних точок ( $Z_2 - Z_1$ ).

Напрямок руху в обох системах визначається відповідним знаком. В абсолютній системі ставиться знак координати, в яку

відбувається переміщення у відносній системі перед числовим значенням переміщення ставиться знак «мінус», якщо переміщення відбувається в сторону протилежну позитивному напрямку осі.

Наприклад, переміщення різця до точки з координатами 40 мм,  $Z = 30$  мм (рис. 3.4.2.) в абсолютній системі записується кадром **N008 Z30\***, у відносній системі – кадром **N008 W – 51\***.

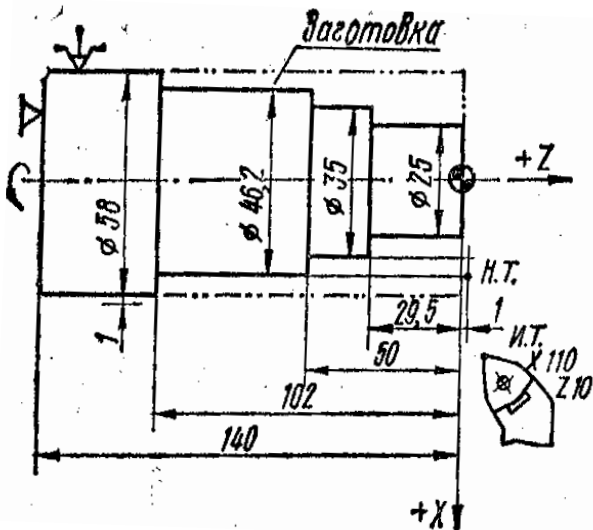


Рис. 3.4.3. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки в абсолютній системі

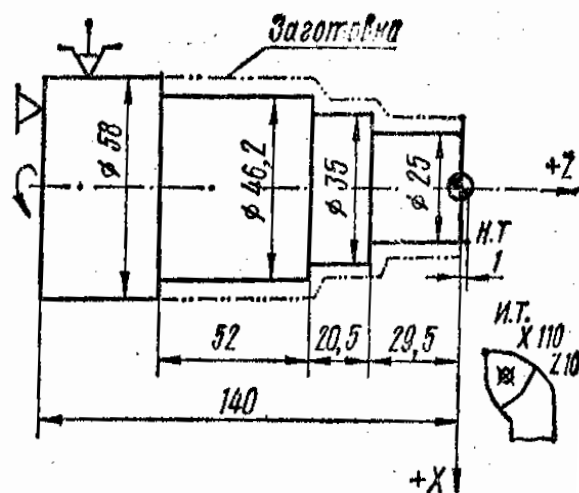


Рис. 3.4.4. Ескіз валика з нанесенням розмірів для програмування обробки у відносній системі

Керуюча програма з лінійними переміщеннями, що записані в абсолютній системі для заготовки з прокату  $\varnothing 58$  мм при  $s = 0,3$  мм/об,  $n = 500$  об/хв (рис. 3.4.3), наведена нижче:

<b>N001 S2 500 F0.3 T1</b>	Другий діапазон, $n = 500$ об/хв, $s = 0,3$ мм/об; різцетримач встановлюється в першу позицію
<b>N002 X46.2 Z1E*</b>	Підхід різця до п.т. X46,2 на швидкому ході (1 ступінь)
<b>N003 Z – 102*</b>	Точіння $\varnothing 46,2$ мм на довжину 102 мм
<b>N004 X60*</b>	Відведення різця по осі X на робочій подачі до $\varnothing 60$ мм
<b>N005 Z1E</b>	Відведення різця по осі Z на швидкому ході
<b>N006 X39 E*</b>	Підведення різця до точки X39 на швидкому ході (1-ий робочий хід по 2-му ступені)
<b>N007 Z-50*</b>	Точіння $\varnothing 39$ мм на довжину 50 мм
<b>N008 X48*</b>	Відведення різця по осі X на робочій подачі до $\varnothing 48$ мм
<b>N009 Z1E*</b>	Відведення різця по осі Z на швидкому ході
<b>N010 X35E*</b>	Підведення різця до точки X35 (2-ий робочий хід на 2-й ступінь)
<b>N011 Z-50*</b>	Точіння $\varnothing 35$ мм на довжину 50 мм
<b>N012 X48*</b>	Відведення різця до $\varnothing 48$ мм
<b>N013 Z1E*</b>	Відведення різця по осі Z на швидкому ході
<b>N014 X25E*</b>	Підведення різця до $\varnothing 25$ мм на швидкому ході (3-я ступінь)
<b>N015 Z-29.5*</b>	Точіння $\varnothing 25$ мм на довжину 29,5 мм
<b>N016 X37*</b>	Відведення різця до $\varnothing 37$ мм
<b>N017 M02*</b>	Кінець програми (зупин обертання, відведення різця на швидкому ході в початкове положення спочатку по осі X, потім по осі Z)

Керуюча програма для обробки заготовки зі штамповки при  $n = 500$  об/хв,  $s = 0,3$  мм/об (рис. 3.4.9) у відносній системі має такий вигляд:

**N001 S2 500 F0,3 T1\***

**N002 X25 Z1E\***

**N003 W-30.5\***

**N004 U10\* ( $\varnothing 35$ )**

**N005 W-20.5\***

**N006 U11.2\* ( $\varnothing 46.2$ )**

**N007 W-52\***

**N008 U13.8\* ( $\varnothing 60$ )**

**N009 M02\* .**

**1.5.** Програмування обробки конічних поверхонь і зняття фасок під кутом  $45^\circ$ . При програмуванні обробки конічних поверхонь лінійні переміщення по вісям X і Z задають в одному кадрі.

КП для обробки деталі, що має прямий і зворотний конус, наведена нижче:

<b>N001 S3 600 F0,25 T1*</b>	Третій діапазон, частота обертання шпинделя $600 \text{ хв}^{-1}$ , робоча подача $0,25 \text{ мм/об}$ , різець № 1
<b>N002 Z5 X40 E*</b>	Підхід різця до точки 1 з координатами $Z = 5, X = 40$ на швидкому ході
<b>N003 Z0*</b>	Переміщення різця на робочій подачі в точку з координатами $X = 40, Z = 0$
<b>N004 X52 Z – 30*</b>	Рух вершини різця по контуру прямого конусу на робочій подачі
<b>N005 X40 W – 30*</b>	Рух вершини різця по контуру зворотного конусу на робочій подачі, переміщення по координаті $Z$ задано у відносній системі
<b>N006 M02*</b>	Кінець програми; повернення різця у початкову точку.

Якщо вершина різця має заокруглення, то при переході від циліндричної поверхні до конічної по осям  $X$  і  $Z$  виконується корекція на координати кінцевої опорної точки.

Операцію зняття фаски під кутом  $45^\circ$  задають кадром, в якому вказують наступні дані: координату, по якій виконується обробка деталі ( $X$  або  $Z$ ); числове значення координати кінцевої точки переміщення зі знаком, що вказують напрямок переміщення; адреса  $C$  і число, що визначає величину фаски. Знак перед числом під адресою  $C$  відповідає знаку обробки на координаті  $X$ . Напрямок по координаті  $Z$  задають тільки зі знаком «мінус». Приклади програмування зняття фасок наведени на рис. 3.4.5, 3.4.6.

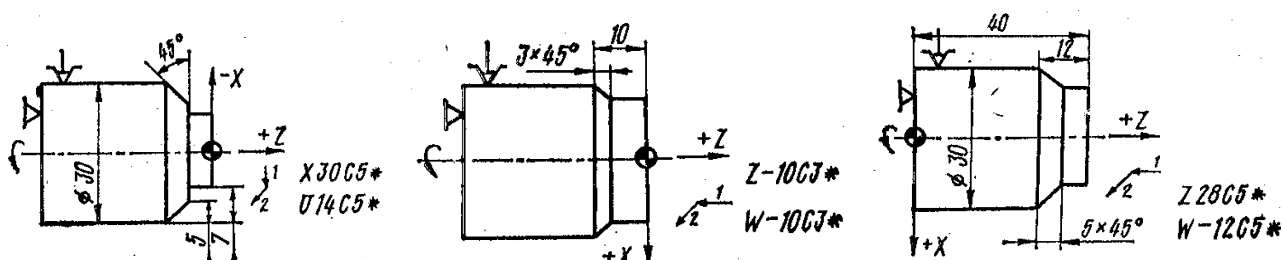


Рис. 3.4.5. Приклад запису в кадрах КП обробки фасок при зовнішньому точінні:

- 1 – рух, що передує обробці фасок;
- 2 – напрямок руху по осі  $X$  при обробці фаски

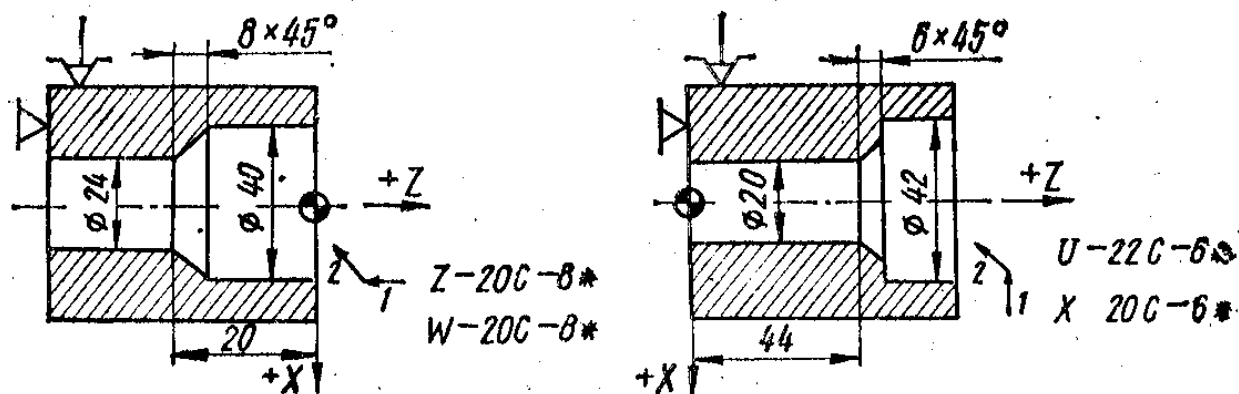


Рис. 3.4.6. Приклади запису в кадрах КП розточування фасок:

- 1 – напрямок руху, що передує обробці фаски,
- 2 – напрямок руху по осі  $X$  при обробці фаски

**1.6. Програмування обробки по дузі кола.** Кадр КП, по якому програмують обробку галтелі і скруглення, містить наступні дані: позначку координати, по якій проходить обробка деталі перед галтеллю або скругленням ( $X$  або  $Z$ ), числове.

Значення координати кінцевої точки переміщення зі знаком, що вказують напрямок переміщення; адреса  $Q$  і числове значення радіусу галтелі або скруглення. Знак перед числовим значенням під адресою  $Q$  повинен співпадати зі знаком обробки по координаті  $X$ . Напрямок по координаті  $Z$  задають тільки зі знаком «мінус».

Приклади запису обробки галтелей і скруглень в кадрах в абсолютній і відносній системах дані на рис. 3.4.7.

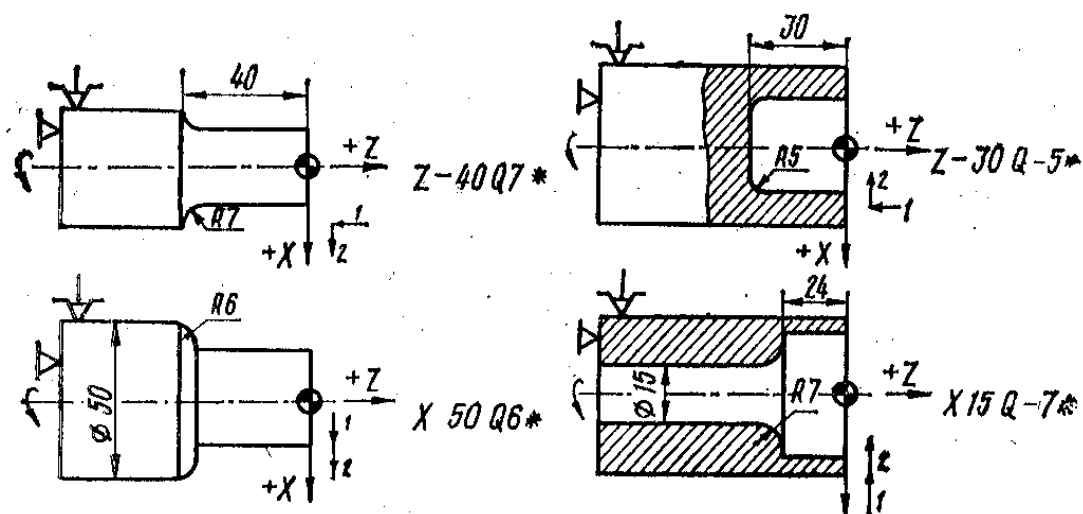


Рис. 3.4.7. Приклади запису у кадрах КП обробки галтелей і округлення:

- 1 – напрямок руху до галтелі або скруглення;
- 2 – напрямок галтелі або округлення по осі  $X$

Кадр КП, яким програмують обробку дуг, містить позначку координат кінцевої точки дуги ( $X$  і  $Z$ ), числові значення координат кінцевої крапки дуги в абсолютній або у відносній системах, адреса  $R$  і числове значення радіусу дуги зі знаком «плюс» при обробці по годинниковій, «мінус» – проти годинникової стрілки. Приклади запису обробки дуг в кадрах наведені на рис. 3.4.8, 3.4.9.

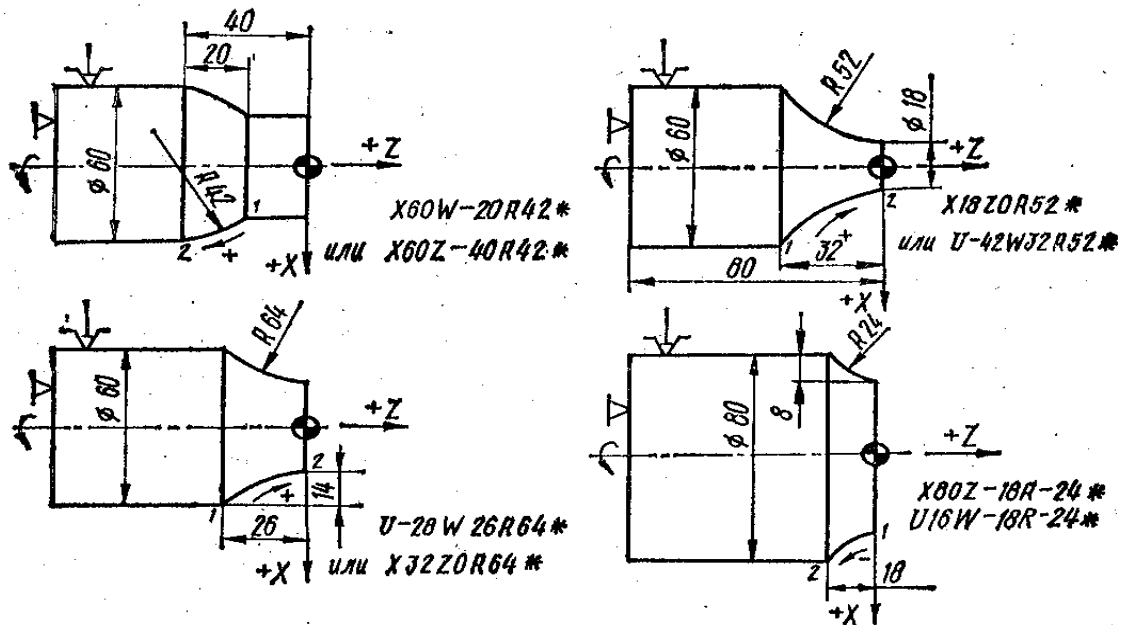


Рис. 3.4.8. Приклади запису в кадрах КП обробки зовнішніх поверхонь по дузі кола (у межах кута менше  $90^\circ$ ).

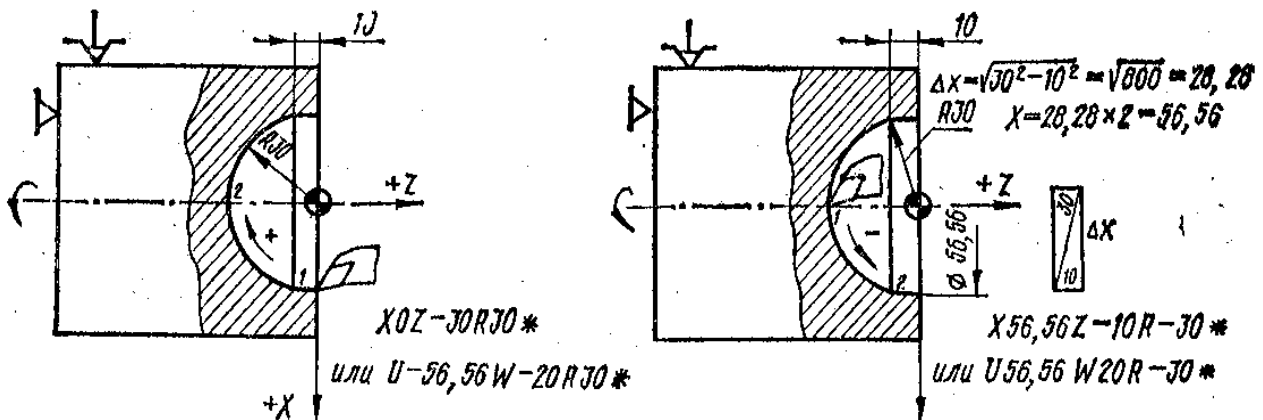


Рис. 3.4.9. Приклади запису в кадрах УП обробки внутрішніх поверхонь по дузі кола (у межах кута менше  $90^\circ$  )

КП чистової обробки фасонної поверхні деталі (рис. 3.4.10) контурним різцем наведена в абсолютній системі. Частота обертання шпинделя складає  $372 \text{ об/хв}$ , подача –  $0,53 \text{ мм/об}$ . Вхідна точка з координатами  $Z = 150 \text{ мм}$ ;  $X = 120 \text{ мм}$ . Відрізок  $OA = 80 - 20 = 60 \text{ мм}$ ;  $A3 = A5 = (80^2 - 60^2)^{1/2} = 52,9 \text{ мм}$ .

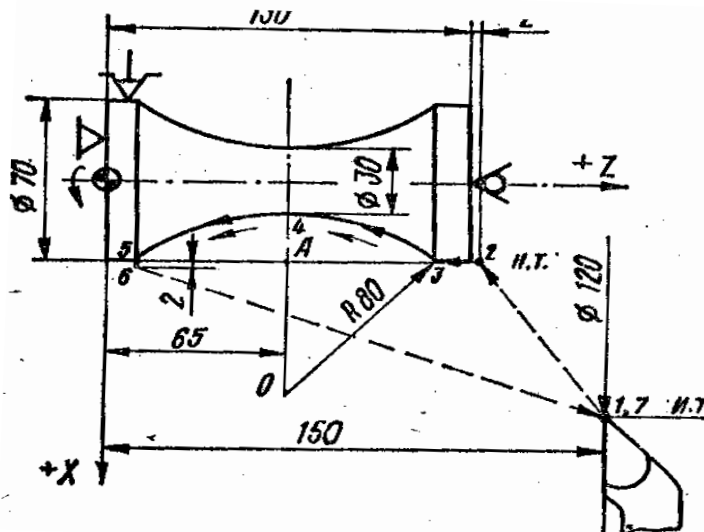


Рис. 3.4.10. Ескіз деталі і циклограма руху інструмента при обробці фасонної (радіусної) поверхні.

Запис КП має наступний вид:

<b>N001 S2 372 F0,53 T1*</b>	Другий діапазон, $n = 372$ об/хв, $s = 0,53$ мм/об, різцетримач встановлюється в першу позицію
<b>N002 X70 Z132 E*</b>	Підведення до точки 2 на швидкому ході
<b>N003 Z 117.9</b>	Переміщення в точку 3 на робочій подачі
<b>N004 X30 Z65 R-80 G05*</b>	Переміщення по $R80$ мм з точки 3 в точку 4, відміна гальмування в точці спряження дуг
<b>N005 X70 Z12.1 R – 80*</b>	Переміщення по $R80$ мм з точки 4 в точку 5
<b>N006 X74*</b>	Переміщення в точку 6
<b>N007 M02*</b>	Кінець програми, відведення в і. т. (7)

Цю ж КП у відносній системі координат можна записати наступним чином:

**N001 S2 372 F0,53 T1\***

**N002 U-50 W-18E\***

**N003 W-14. 1\***

**N004 U-40 W – 52.9 R – 80 \***

**N005 U40 W – 52.9 R-80\***

**N006 U4\***

**N007 M02\***

Для укладання КП обробки фасонної поверхні деталі з двома сферичними поверхнями (рис. 3.4.11, а) при  $n = 600$  об/хв,  $s = 0,25$  мм/об.

Спочатку слід визначити розмір  $\delta$ , заданий кресленням. Розмір  $\delta$  знаходять з прямокутного трикутника  $O_1BK$  (рис. 3.4.11, б):

$$R - \delta = (R^2 - 10^2)^{1/2} = (22^2 - 10^2)^{1/2} = 19,6 \text{ мм};$$

$$\delta = R - 19,6 = 22 - 19,6 = 2,4 \text{ мм}.$$

Запис КП наведений нижче: **N001 S3 600 F 0,25 T1\***

Третій діапазон,  $n = 600$  об/хв,  $s = 0,25$  мм/об, різцетримач встановлюють на першій позиції.

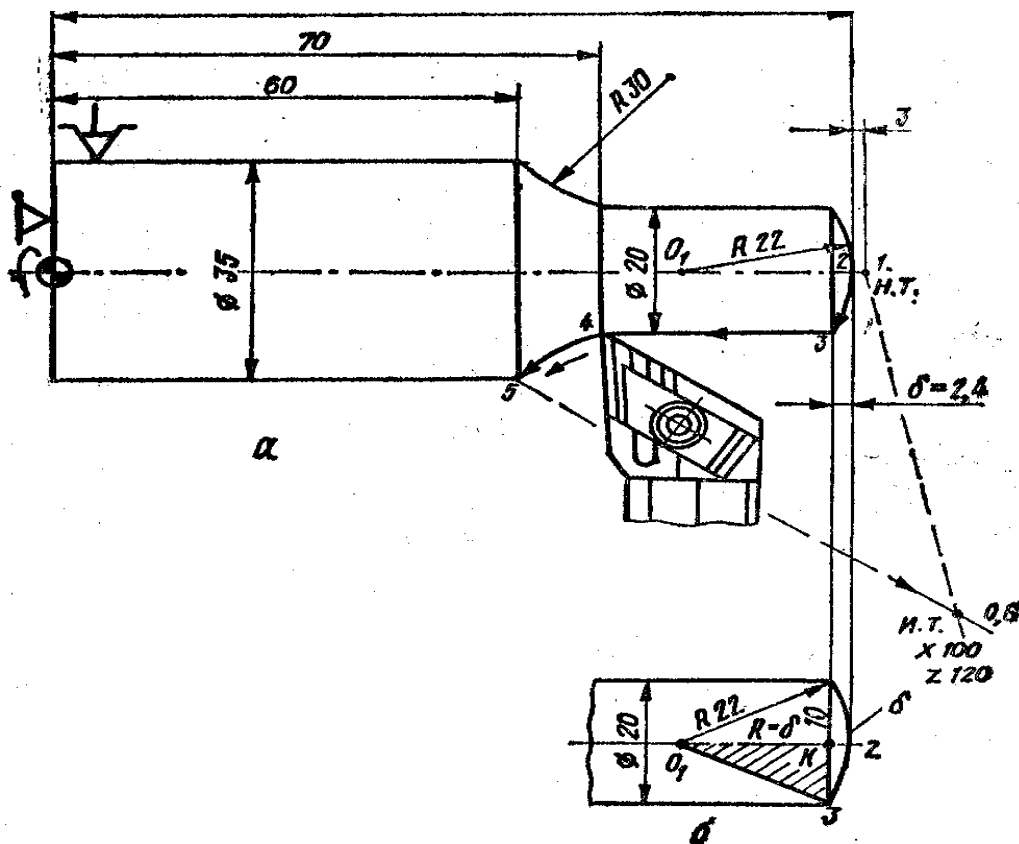


Рис. 3.4.11. Ескіз деталі і циклограма руху інструменту при обробці деталі з двома сферичними поверхнями: а – схема деталі; б – геометрична побудова (для визначення розміру  $\delta$ ).

**N002 X0 Z105 E\*** Підведення до точки 1 на швидкому ході

**N003 Z102\*** Переміщення різця до точки 2 на робочій подачі

**N004 X20 W-2, 4 R22\*** Точіння по дузі  $R22$  мм (дуга 2–3)

**N005 Z70\*** Точіння в розмір  $\varnothing 70$  мм (точки 3–4)

**N006 X35 Z60 R – 30\*** Точіння по дузі  $R30$  мм (дуга 4–5)

**N007 M02\*** Кінець програми, відведення у початкову точку

**1.7. Цикл нарізання різьби L01.** Нарізання циліндричних і конічних різьб з автоматичним розподілом на проходи програмують постійним циклом L01.

Перед програмуванням нарізання різьби задають початкову точку циклу зі наступними координатами:

X – рівній зовнішньому діаметру різьби при нарізанні зовнішньої різьби і внутрішньому при нарізанні внутрішньої різьби;

Z – рівній значенню координати початку нарізання різьби, збільшеному на величину рівну або більше подвійного кроку різьби (для забезпечення розгону приводу).

Структуру циклу записують наступним чином: **L01, F, W, X, A, P, C**, де:

*F* – крок різьби;

*W* – довжина різьби, програмується зі знаком «—»;

*X* – внутрішній діаметр різьби, визначається за довідниковими таблицями для різьб;

*A* – нахил різьби, програмується без знаку, тобто:

для конічної поверхні це – різниця діаметрів; для циліндричної різьби  $A = 0$ ;

*P* – максимальна глибина різання за один прохід (на радіус): при багатопрхідному циклі параметр *P* приймають меншим глибини різьби; при однопрхідному циклі *P* приймають рівним глибині різьби.

*C* – збіг різьби (запис *C1* означає, що збіг рівному кроку різьби, *C0* – збіг буде відсутній).

При багатопрхідному циклі нарізання різьби перед кожним черговим робочим ходом різець автоматично зміщується по координаті *Z* ліворуч або праворуч для того, щоб відбувалося різання однією кромкою різця. На останньому робочому ході різець працює двома кромками. На останньому витку здійснюється вихід різця.

Фрагмент КП з проточуванням канавки (рис. 3.4.12) наведений нижче:

<b>...N011 S3 600 F0,4 T3*</b>	Третій діапазон – технологічні параметри $n = 500$ об/хв, $s = 0,4$ мм/об; різцетримач встановлюється в третю позицію
<b>N012 X38 Z4, 5 E*</b>	Підведення різця до зони різання на швидкому ході. Між торцем деталі і вершиною різця відстань дельта <i>Z</i> складає $4,5$ мм $> 2F$
<b>N013 X36 M08*</b>	Різець встановлюють в початкову точку циклу, включають подачу ЗОТС
<b>N014 L01 F 1, 5 W-57 X34,38 AO P0.4 CO*...</b>	Крок різьби – $1,5$ мм, величина переміщення різця з урахуванням виходу в канавку – $57$ мм, внутрішній діаметр різьби – $34,38$ мм; <i>AO</i> – нахил відсутній; <i>P</i> – глибина різання за перший прохід (на радіус) складає $0,4$ мм; <i>CO</i> – без збігу.

Фрагмент КП для нарізання конічної різьби з кроком  $P = 2$  мм, дельта  $Z = 5,8$  мм, наведений нижче:

**N013 X19.84 M08**

**N014 L01 F2 W – 77.8 X17, 8 A6 P0, 45 C1.**

Тут *A6* – прирощення діаметрів конічної різьби –  $(26-20 = 6$  мм), *C1* – збіг, рівний кроку  $P = 2$  мм.



**1.8.** Цикл проточування канавок L02. КП проточування канавок з автоматичним розподілом на проходи виконують по постійному циклу L02.

Структура циклу має вигляд: L 02, D, X, A, P,

де: D – витримка (*c*) наприкінці робочого ходу;

X – внутрішній діаметр канавки, мм;

A – ширина канавки, мм;

P – ширина різальної кромки різця, мм.

Цикл включає переміщення різця на робочій подачі до координати X, витримку часу (адреса D), його повернення у вхідну точку на швидкому ході, зміщення по координаті Z у додатному напрямку на величину P (процес повторюється стільки раз, скільки потрібно для досягнення ширини канавки A).

Для обробки канавки з перекриттям параметр P задають меншим ширини різця, а параметр A зменшують на цю різницю ( $A - P$ ).

Для однопрохідної канавки параметр  $P = A$ . Цикл завершується прискореним відведенням по осі X у початкову точку. Причому, по осі Z різець залишається у точці останнього робочого ходу.

Фрагмент КП із проточуванням канавки (рис. 3.4.12) наведений нижче:

- N009 S2 700 F0,5 T2\*** Третій діапазон, технологічні параметри:  $n = 700$  об/хв,  $s = 0,5$  мм/об; різцетримач встановлюється в другу позицію
- N010 X56 Z-60E\*** Підведення різця до зони обробки на швидкому ході
- N011 X52\*** Встановлення різця в н. т. циклу
- N012 L02 D2 X30 A19 P5\*** Проточування канавки з внутрішнім  $\varnothing 30$  мм, шириною 10 мм, різцем із шириною кромки 6 мм, часу виходу різця наприкінці робочого ходу – 2 с.
- N013 M02\*** Повернення у п. т., кінець програми.

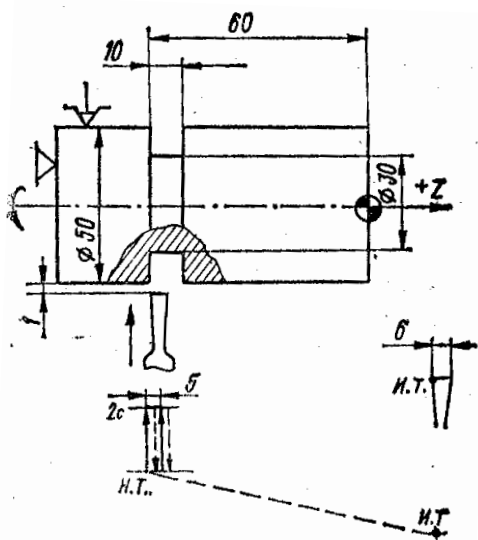


Рис 3.4.12. Схема для ілюстрації програмування проточування канавки (L02)

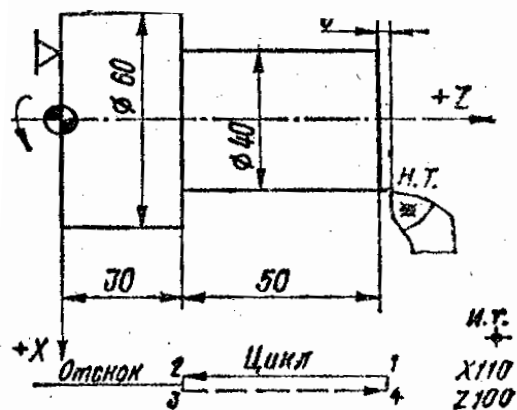


Рис. 3.4.13. Схема деталі для ілюстрації програмування зовнішнього точіння деталі (цикл L03)

**1.9.** Цикли зовнішнього та внутрішнього точіння за схемою «петля» *L03*, *L04*. Одноразове зовнішнє або внутрішнє точіння заготовки по координаті *Z* з автоматичним поверненням у початкову точку програмується постійними циклами *L03* та *L04*. Структура цих циклів має наступний вигляд: *L03* (*L04*), *W*, де *W* – довжина петлі.

Цикли включають переміщення на робочій подачі на величину *W* з урахуванням знаку, швидке відведення (відскок) на 1 мм по осі *X* і повернення на швидкому ході у п. т.

Запис КП для зовнішнього точіння (рис. 3.4.14) із застосуванням циклу *L03* (зовнішньої «петлі») має наступний вигляд:

<b>N001 S3 1100 F0,3 T1</b>	Третій діапазон, технологічні параметри: $n = 1100 \text{ об/хв}$ , $s = 0,3 \text{ мм/об}$
<b>N002 X40 Z3 E*</b>	Підхід до п. т. циклу 1
<b>N003 L03 W – 53*</b>	Переміщення з точки 1 у точку 2 на робочій подачі, відскок на 1 мм, відведення на швидкому ході у точку 1.
<b>N004 M02*</b>	Зупинка шпинделя, кінець програми, повернення у п. т.

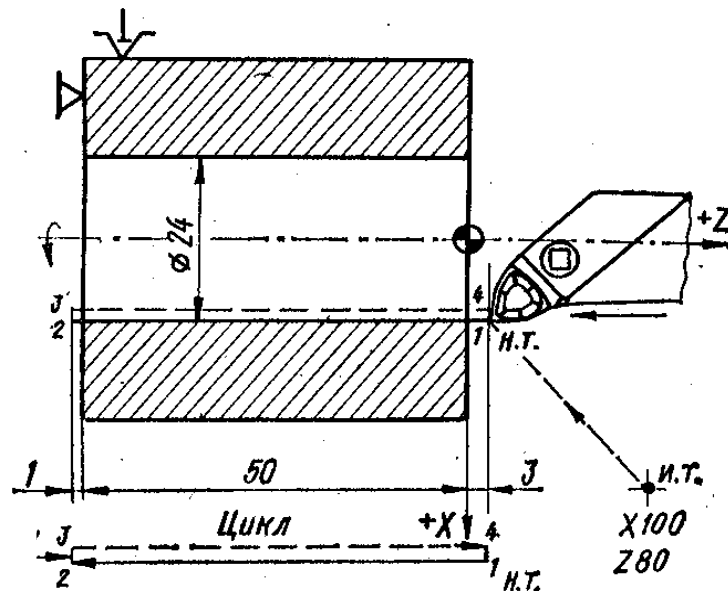


Рис. 3.4.14. Схема для ілюстрації програмування розточування деталі (цикл *L04*)

Запис КП для розточування (рис. 3.4.14) із застосуванням циклу *L04* (внутрішньої «петлі») має наступний вигляд:

<b>N001 S3 600 F0,3 T1*</b>	Третій діапазон $n = 600 \text{ об/хв}$ , $s = 0,3 \text{ мм/об}$
<b>N003 L04 W – 54*</b>	Переміщення з точки 1 у точку 2, відскок на 1 мм у точку 3, переміщення з точки 3 у точку 4, а після цього – у точку 1 на швидкому ході

N002 X24 Z3 E*	Підхід до п. т. циклу
N004 M02*	Кінець програми, повернення у п. т.

**1.10.** Цикл одноразової торцевої обробки за схемою «петля» L05. Одноразове підрізання торців із автоматичним поверненням у початкову точку програмується постійним циклом L05.

Структура постійного циклу має вигляд: L05, X,  
де: X – кінцевий діаметр торця, що підрізається.

Цикл L05 містить переміщення на робочій подачі по осі X до заданого діаметру, відскок на 1 мм по координаті Z в позитивну сторону, повернення на швидкому ході у п. т. («торцева петля»).

У процесі обробки по мірі зміни діаметра відбувається автоматичне безступінчасте регулювання частоти обертання шпинделя з метою підтримання постійності заданої швидкості різання, якщо до циклу L05 була задана функція G10.

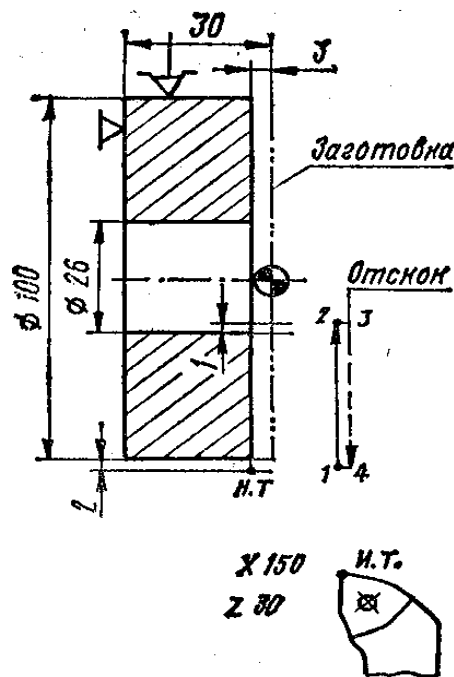


Рис. 3.4.15. Схема деталі для ілюстрації програмування торцевої обробки деталі (цикл L06)

Запис КП обробки торцевої поверхні деталі (рис. 3.4.15) наведена нижче:

N001 S3 700 F0, 25 T1*	Третій діапазон, $n = 700 \text{ об/хв}$ , $s = 0,25 \text{ мм/об}$
N002 X104-3 E*	Підхід до початкової точки циклу 1
N003 G10*	Завдання постійної швидкості різання
N004 L05 X24*	Підрізання торця на робочій подачі (переміщення з 1 у 2), відскок на 1 мм (3), відведення на швидкому ході у точки 4 і 1
N005 M02*	Кінець програми, повернення у п. т.

**1.11.** Цикл глибокого свердління *L06*. Свердління глибокого отвору виконують з періодичним виведенням свердла для його охолодження та зняття напруги повздожнього згину.

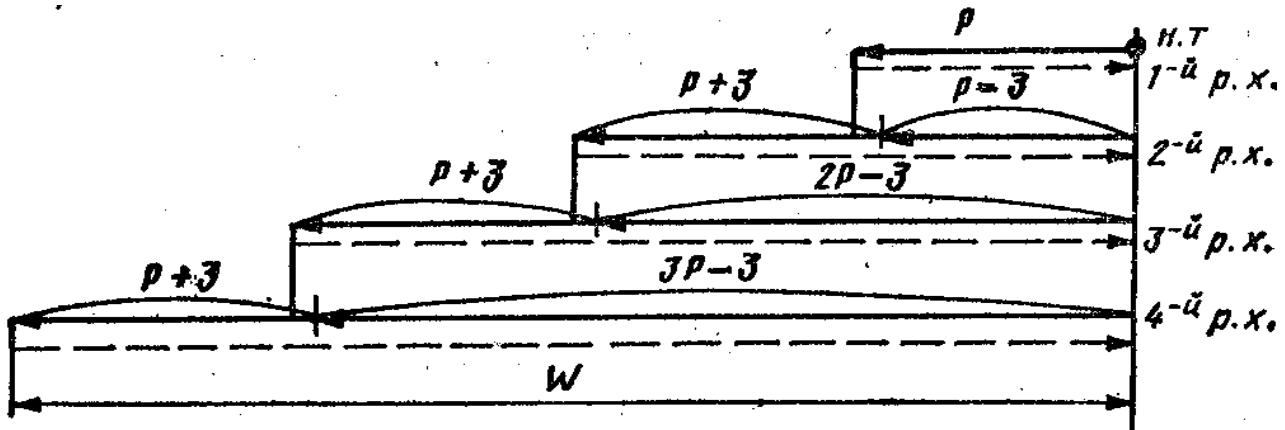


Рис. 3.4.16. Схема автоматичного циклу глибокого свердління *L06*

Програмування такої обробки виконується із застосуванням постійного циклу глибокого свердління з автоматичним розподілом на проходи – *L06*.

Структура циклу глибокого свердління має наступний вигляд: **L06, P, W.**

Тут *W* – довжина різьби, програмується зі знаком «-»; *P* – максимальна глибина різання за один прохід (на радіус):

– при багатопрохідному циклі параметр *P* приймають меншим глибини різьби;

– при однопрохідному циклі *P* приймають рівним глибині різьби.

Цикл включає переміщення на робочій подачі на величину *P*, повернення на швидкому ході в п. т., переміщення на швидкому ході в точку, що відстає від точки попереднього свердління на 3 мм, переміщення на робочій подачі на величину  $(P + 3)$  мм і т. д. до досягнення необхідної глибини свердління *W* (рис. 3.4.16).

Фрагмент КП для глибокого свердління наведений нижче:

<b>N007 S2 400 F0,35 T2*</b>	Другий діапазон, $n = 400$ об/хв, $s = 0,35$ мм/об
<b>N008 XO Z6 E*</b>	Підхід до п. т. циклу
<b>N009 L06 P46 W-180*</b>	Свердління на глибину 45 мм за один прохід (загальний шлях проходу свердла 180 мм)
<b>N010 M02*</b>	Кінець програми.

**1.12.** Цикл нарізання різьби мітчиком або плашкою *L07*. Для програмування нарізання внутрішньої різьби мітчиком, а зовнішньої – плашкою застосовують постійний цикл *L07*.

Структура циклу має наступний вигляд:

**L07, F, W,**

де *F* – крок різьби; *W* – загальний шлях проходу інструмента (з урахуванням повітряного зазору та перебігу).

Цикл включає наступні дії:

- переміщення різального інструмента на величину  $W$  при подачі, рівній кроку  $F$ ;
- реверс шпинделя;
- повернення у початкову точку.

Фрагмент КП нарізання різьби мітчиком наведений нижче:

<b>N015 S2 120 T3*</b>	Другий діапазон, $n = 120 \text{ хв}^{-1}$ , виклик мітчика на робочу позицію
<b>N016 XO Z3 E*</b>	Підхід до п. т. циклу
<b>N017 L07 F1, 5 W – 53*</b>	Нарізання різьби з кроком 1,5 мм на довжину 50 мм.
<b>N018 M02*</b>	Кінець програми.

**1.13.** Цикли багатопрхідної обробки  $L08$ ,  $L09$ . Багатопрхідна обробка циліндричних заготовок або заготовок із контуром, близьким до кінцевого, наприклад, поковок, з автоматичним розподілом на проходи, програмується відповідно циклами  $L08$  і  $L09$ .

Структура постійних циклів  $L08$  і  $L09$  має наступний вигляд: **L08 (L09), A, P**, де  $A$  – припуск під чистову обробку в мм (якщо чистовий робочий хід не задається, то  $A = 0$ );  $P$  – максимальна глибина різання (мм) за один робочий хід (на сторону).

Цикли  $L08$  і  $L09$  застосовують при обробці деталей з діаметром, що збільшується при зовнішній обробці або зменшуються при внутрішній. Після програмування кадру, що містить ці цикли, необхідно запрограмувати опис кінцевого контуру деталі, що може складатися з одного або декількох кадрів, але не більше п'ятнадцяти. Кадри з фасками і галтелями вважаються за два.

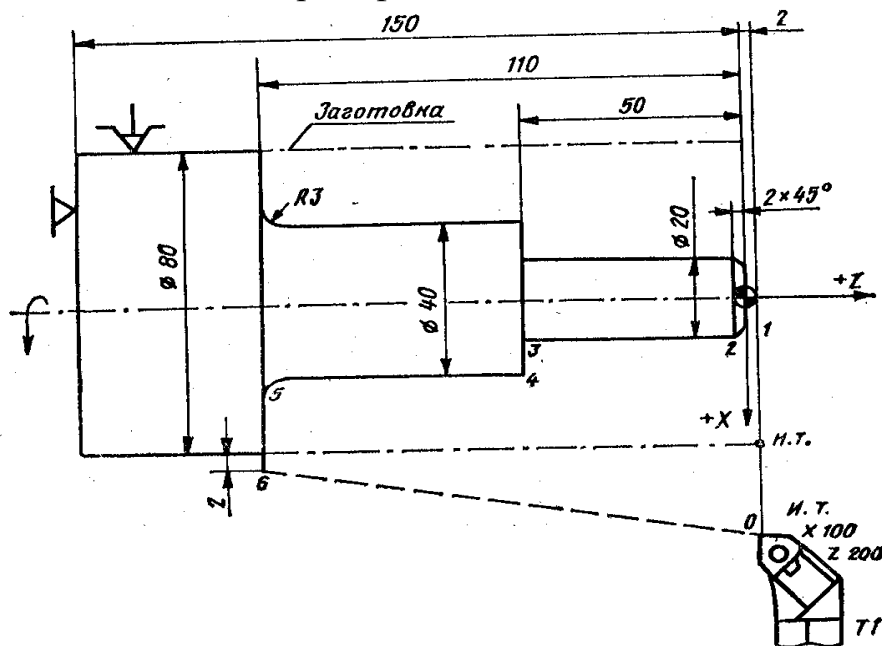


Рис. 3.4.17. Схема деталі для програмування обробки (цикл  $L08$ )

Деталь описують у напрямку шпинделя. Ознакою закінчення опису деталі служить функція M17. Припуск під чистову обробку по осі Z визначається шляхом ділення заданого припуску по діаметру на чотири. Початковою точкою циклу L08 є початок заготовки.

КП для обробки східчастого циліндричного валика за циклом L08 (рис. 3.4.17.) наведена нижче:

<b>N001 S2 500 F0,3 T1*</b>	Другий діапазон, $n = 500$ об/хв, $s = 0,3$ мм/об; різцетримача встановлюють в першу позицію
<b>N002 X80 Z2 E*</b>	Швидкий підхід до п. т. циклу
<b>N003 ZO*</b>	Підведення до п. т. циклу
<b>N004 L08 A0 P5*</b>	Багатопрхідна обробка (припуск на чистову обробку A0, глибина різання 5 мм)
<b>N005 X20 C2*</b>	Обробка фаски $2 \times 45^\circ$ (точка 2)
<b>N006 Z – 50*</b>	Підведення у точку 3
<b>N007 X40*</b>	Підведення у точку 4
<b>N008 Z – 110 Q3*</b>	Обробка галтелі R3 (точка 5)
<b>N009 X84 M17*</b>	Відведення у точку 6, кінець опису деталі
<b>N10 MO2</b>	Кінець програми, повернення у п. т.

Для визначення координат початкової точки циклу L09 необхідно спочатку обчислити величини максимальних припусків по довжині на сторону та діаметр. Якщо чотириразовий припуск по довжині більший за припуск по діаметру, то координату X п. т., знаходять, як суму діаметра правого торця і чотириразового припуску по довжині, а координату Z п. т. – як суму координат Z торця і припуску по довжині на сторону.

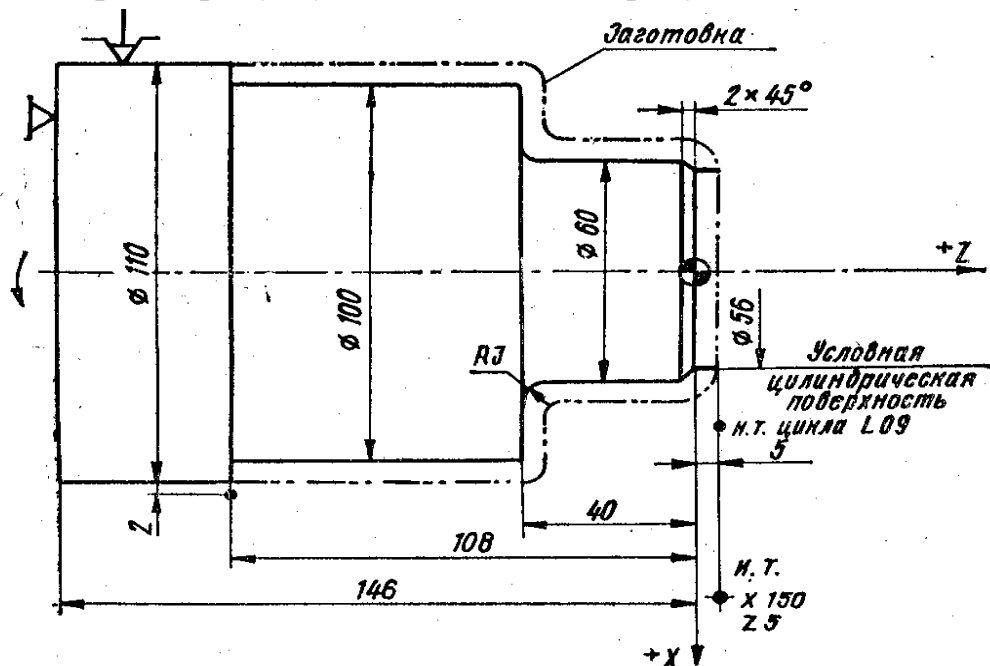


Рис. 3.4.18. Схема до програмування зовнішнього точіння канавки (цикл L09)

Коли чотириразовий припуск по довжині на сторону менший, ніж припуск по діаметру, то координатою  $X$  п. т. є сума діаметра правого торця і припуску на діаметр, а координатою  $Z$  п. т. – сума координати  $Z$  торця і припуску по діаметр, поділеному на чотири. Наприклад, для заготовки (рис. 3.4.18) чотириразовий припуск по довжині на сторону дорівнює 20 мм, тобто, він є більшим за припуск на діаметр. Отже, координата  $X$  п. т. буде дорівнювати 80 мм ( $60 + 20 = 80$  мм), а координата  $Z$  п. т. – 5 мм.

Якщо кінцевий контур деталі починається з фаски, галтелі або конуса, необхідно програмувати перед циклом  $L09$  умовний циліндричний східець на довжині припуску за координатами  $X$  і  $Z$  (рис. 3.4.18).

КП для обробки циліндричного східця у випадку застосування циклу  $L09$  (рис. 3.4.18) має вигляд:

<b>N001 S2 600 F0,5 T1*</b>	Завдання технологічних параметрів
<b>N002 X80 Z5 E M08*</b>	Підхід різця до початкової точки циклу $L09$ , ввімкнення подачі ЗОТС
<b>N003 G10*</b>	Задання постійної швидкості різання
<b>N004 L09 A0 P3*</b>	Задання максимальної глибини різання 3 мм на радіус
<b>N005 X56*</b>	Умовна циліндрична ступінь
<b>N006 Z0*</b>	
<b>N007 X60 C2*</b>	Програмування фаски $2 \times 45^\circ$
<b>N008 Z – 40 Q3*</b>	Обробка $\varnothing 60$ мм і галтелі $R3$ мм
<b>N009 X100*</b>	Підрізання виступу до $\varnothing 100$ мм
<b>N010 Z – 108*</b>	Обробка $\varnothing 100$ мм
<b>N011 X114 M17*</b>	Підрізання виступу до $\varnothing 114$ мм. Кінець опису деталі
<b>N012 ZO E*</b>	Відхід по осі $Z$ на координату $Z = 0$
<b>N013 X62 E*</b>	Підведення по осі $X$ на координату $X62$
<b>N014 X0, F0,25*</b>	Підрізання торця
<b>N015 Z1 E M09*</b>	Відхід на координату $Z = 1$ , вимкнення подачі ЗОТС
<b>N016 M02*</b>	Кінець програми

**1.14.** Цикл чистової обробки по контуру з заданого номера кадра  $L10$ . У тих випадках, коли з одного установу виконується чорнове і чистове точіння (в одній КП), для спрощення програмування та зменшення обсягу КП застосовують постійний цикл чистової обробки по контуру з заданого кадра  $L10$ . В цьому випадку чистова обробка виконується по програмі для чорнової обробки.

Структура циклу має вигляд: **L10, B**, де **B** – номер кадра початку повторення опису контуру деталі.

У першу чергу необхідно запрограмувати п. т. циклу, координати якої повинні співпадати з координатами початку кінцевого контуру.

Ознакою кінця опису контуру деталі для циклу  $L10$  є функція  $M17$ .

Запис КП для обробки деталі (рис. 3.4.17) чорновим і чистовим точінням (цикли *L08* і *L10*) наведений нижче:

<b>N001 S2 500 F0,3 T1*</b>	Завдання на чорнову обробку
<b>N002 X80 Z2 E*</b>	
<b>N003 ZO*</b>	
<b>N004 L08 A1 P5*</b>	Припуск на чистову обробку 1 мм (діаметральний)
<b>N005 X20 C2*</b>	
<b>N006 Z-50*</b>	
<b>N007 X40*</b>	
<b>N008 Z – 110 Q3*</b>	
<b>N009 X84 M17*</b>	
<b>N010 S2 1000 F0,1 T2*</b>	
<b>N011 Z0 E*</b>	
<b>N012 X16 E*</b>	
<b>N013 L10 B5*</b>	Завдання на чистову обробку з кадра <i>N005</i>
<b>N014 M02*</b>	

**1.15.** Цикл повторення частини програми *L11*. Якщо однакові елементи розміщені на деталі через рівномірні проміжки (мають постійний крок), то їх програмування значно спрощується у випадку застосування постійного циклу *L11*.

Структура циклу має наступний вигляд: **L11, N, B**, де **N** – кількість повторень однакових елементів.

Ознакою кінця частини програми, що буде повторюватися в циклі *L11*, є функція **M18**.

Фрагмент УП із застосуванням циклів наведений нижче:

<b>N005 S2 X300 F0,1 T2*</b>	Частина УП, що описує проточування канавки
<b>N006 X84 ZO E*</b>	(цикл <i>L02</i> ) із наступним зміщенням по осі <i>Z</i>
<b>N007 F1,5W – 25E*</b>	на 25 мм для задання циклу <i>L11</i>
<b>N008 F0,1 X80, 5*</b>	
<b>N009 L02 D0.5 X60 A12 P4*</b>	
<b>N010 X84 W-8 F1,5 M18*</b>	
<b>N011 L11 N2 B7*</b>	цикл <i>L11</i> : число повторень – 2, початок повторення з кадра 7
<b>N012 W – 4*</b>	Частина УП, яка описує точіння та враховує зміщення по осі <i>Z</i> на 25 мм для наступного задання циклу <i>L11</i>
<b>N013 F0.5 U – 16 W4*</b>	
<b>N014 X84 E*</b>	
<b>N015 F1, 5 W25 M18*</b>	Кінець частини УП, що буде повторюватись в циклі <i>L11</i>
<b>N016 L11 N3 B12*</b>	Цикл <i>L11</i> : число повторень – 3, початок повторення з кадра 12.



## **2. Порядок виконання роботи.**

**2.1.** Ознайомитися з усіма питаннями роботи оперативної системи (ОС) ЧПК 2P22.

**2.2.** Ознайомитися з токарно-гвинторізним верстатом із ЧПК, його технологічними характеристиками та можливостями.

**2.3.** Отримати завдання, здійснити проточування поверхонь ①, ②, ③, канавок ④ та ⑤ на вказаних режимах обробки. Виконати підготовку креслення деталі.

**2.4.** Розробити карту кодування інформації (фрагмент КП) та занести її у таблицю.

**2.5.** Виконати звіт по роботі.

## **3. Зміст звіту.**

**3.1.** Найменування та мета роботи.

**3.2.** Креслення деталі (завдання).

**3.3.** Карта кодування інформації.

**3.4.** Висновки.

## **4. Література: [1, 6]**

## **5. Задання для самостійного контролю**

### **5.1. Обробка канавок, яке має позначення циклу:**

1) L01;

2) L03;

3) L05;

4) L07;

5) L09.

**5.2. Зовнішня кільцева канавка в абсолютній системі координат має запис кадра N005x20\*. Який це діаметр?**

1) 5;

2) 10;

3) 20;

4) 100;

5) він не позначений.

### 3.5. Обробка отворів і розробка керуючої програми для свердлильного верстата з ЧПК мод. 2P135Ф2

**Мета роботи:** ознайомитись з обладнанням та оснащенням для обробки отворів, технологічними процесами їх обробки, режимами різання, схемами наладок; вивчити технологічні можливості свердлильних верстатів із ЧПК, отримати навички розробки керуючої програми та наладки вертикально-свердлильного верстата мод. 2P135Ф2 для обробки заданої деталі.

#### 1. Загальні відомості

Свердління – один з найбільш відомих способів отримання глухих і наскрізних отворів.

Застосовується для отримання невідповідальних отворів, наприклад, під кріпильні болти, заклепки, шпильки тощо. Згідно існуючої класифікації свердлильні верстати відносяться до другої групи, розділяються на декілька типів та позначаються цифрами:

- 1 – вертикально-свердлильні;
- 2 – одношпиндельні напівавтомати;
- 3 – багатошпиндельні напівавтомати;
- 4 – координатно-розточувальні;
- 5 – радіально-свердлильні;
- 6 – розточувальні;
- 7 – алмазно-розточувальні;
- 8 – горизонтально-свердлильні;
- 9 – різні свердлильні.

Наприклад, позначення верстата мод. 2P135Ф2 розшифровується наступним чином: 2 – верстат відноситься до свердлильної групи; P – вказує на наявність револьверної головки; 1 – вертикально-свердлильний; 35 – величина найбільшого умовного діаметру свердління, мм; Ф2 – позиційна система ЧПК.

**1.1.** Обробка отворів на свердлильних верстатах. У машино- та приладобудуванні більшість отворів обробляють на свердлильних верстатах. Отвори можуть бути циліндричні, ступінчаті, конічні, фасонні, відкриті та глухі. Отвори, у яких відношення довжини до діаметру більше 5, називають глибокими.

Отвори, що обробляються на свердлильних верстатах, розрізняються розмірами, точністю, шорсткістю поверхні. Точність отворів та параметри шорсткості поверхні визначаються числом і характером проходів при обробці.

Для обробки отворів застосовують частіше свердла, зенкери та розвертки. При цьому виконуються відповідно технологічні операції свердління, зенкерування та розвертання.

Свердління – чорнова обробка отвору в суцільному матеріалі. При цьому знімається великий припуск, інструмент працює в тяжких умовах. Свердлінням забезпечується точність не вище 12...14 квалітетів та  $Ra = 12...25$  мкм. Спіральні свердла випускають діаметром до 80 мм. При свердлінні більших діаметрів (понад 30 мм) з'являється значне осьове зусилля, тому жорсткість верстата стає недостатньою. В таких випадках застосовують дворазове свердління: вводять додатковий прохід – розсвердлювання. Діаметр першого свердла вибирають рівним – 0,5...0,6 від номінального. При діаметрі отвору більше 50 мм застосовують три свердла.

Спіральне свердло представляє собою двозубий різальний інструмент (рис. 3.5.1). Робоча частина свердла має різальну та направляючу частини. Різальна частина свердла призначена безпосередньо для виконання різання, вона заточена на кінці та має різальні кромки. Направляюча частина свердла забезпечує напрямок його переміщення при різанні. Хвостовик слугує для закріплення свердла на верстаті та передачі йому крутного моменту та руху подачі від шпинделя. Хвостовики бувають конічні, які закінчуються лапкою, і циліндричні, які закінчуються поводком.

Лапка є упором при зніманні свердла за допомогою клину із отвору шпинделя, передає крутний момент від шпинделя.

Передня поверхня представляє собою гвинтову поверхню, по якій відводиться стружка. Спіральне свердло має два зуби та відповідно дві передні поверхні.

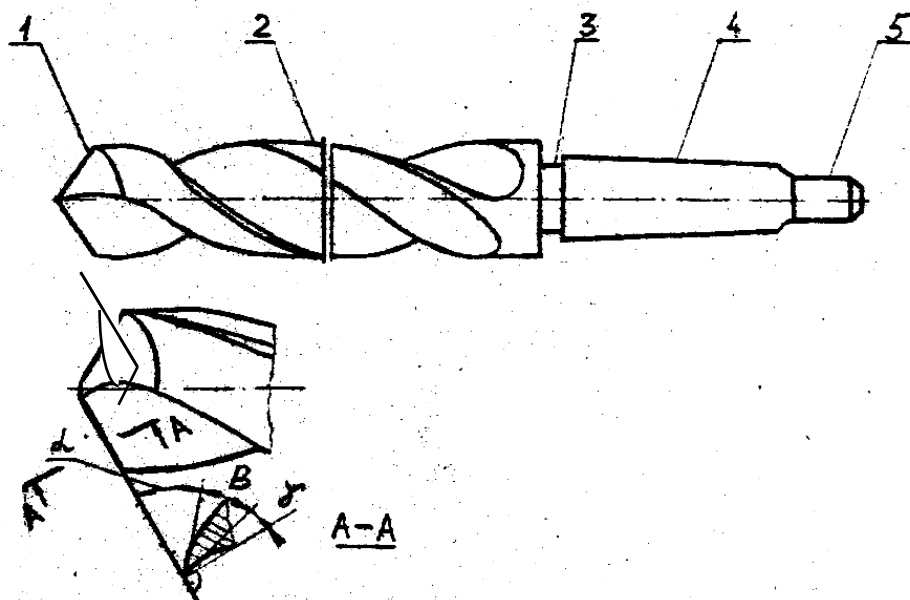


Рис. 3.5.1. Конструктивні та геометричні параметри свердла:

- 1 – різальна частина; 2 – робоча частина; 3 – шийка; 4 – хвостовик;  
5 – лапка;  $\alpha$  – передній кут;  $\beta$  – кут загострення;  $\gamma$  – задній кут

В залежності від способу заточування задня поверхня свердла виконується конічною, гвинтовою або плоскою і повернута до поверхні різання. Свердло має дві задні поверхні. Головна різальна кромка – лінія

перетину передньої і задньої поверхонь, яких у спіральному свердлі дві. Поперечна кромка – лінія перетину задніх поверхонь свердла.

Інші типи сверدل використовуються наступним чином:

– центрувальні – для свердління центрових поглиблень в заготовках, які в подальшому встановлюються в центрах верстатів;

– перові – для свердління невідповідальних отворів діаметром до 25 мм;

– для глибокого свердління – при довжині осевого розміру не менше 5 діаметрів;

– гарматні – для свердління точних отворів; це однокромочні свердла;

– шнекові – для глибокого свердління;

– кільцеві свердла – для свердління наскрізних отворів вищих діаметрів.

При цьому матеріал всередині отвору не переводиться в стружку, а вирізається у вигляді циліндра.

Для отримання отворів більш вищого квалітету точності та меншої шорсткості, ніж при свердлінні, для збільшення діаметру отвору, отриманого відливанням, штамповкою чи свердлінням, а також для обробки наскрізних чи глухих отворів і більшої довжини, циліндричних поглиблень під головки гвинтів чи болтів, конусних фасок по краях отворів та торцевих поверхонь бобишок чи ступиць застосовують зенкерування. Являючись напівчистою операцією обробки отворів, зенкерування характеризується невеликими величинами припусків, що знімаються. Останні дорівнюють приблизно 1/8 діаметра отвору, досягаючи величин в середньому 1...4 мм на діаметр. Оскільки припуск в порівнянні зі свердлінням зменшується, зменшуються сила різання та об'єм стружки, що знімається. Для відведення стружки не потрібен великий перетин канавок, що дає можливість збільшити кількість зубів зенкерів до 3...6. Підвищується жорсткість інструменту, кут забірного конусу, покращуються умови центрування інструменту при обробці. При зенкеруванні точність обробки підвищується до 10–11 квалітетів, а  $Ra = 1,6...6,3$  мкм.

Розвертання – чистова обробка отворів. Припуск під чорнове розвертання дорівнює 0,25...0,50 мм на діаметр, а під чистове – 0,05...0,15 мм. При цьому досягнута точність відповідає 7...9 квалітетам точності, а шорсткість поверхні  $Ra = 0,4...1,6$  мкм. При розвертанні утворюється мало стружки, що дає можливість збільшити кількість зубів до 12–20. Інструменти для розвертання – розвертки, які мають високі жорсткість та міцність.

Конструктивні елементи зенкерів та розверток. Зенкер і розвертка, як і свердло, складаються з робочої частини, шийки та хвостовика, а їх робоча частина – з різальної та направляючої частин; у розвертки є також направляючий конус, який сприяє кращому направленню розвертки в оброблюваному отворі.

До геометричних параметрів свердл, зенкерів та розверток належать кути: передній  $\gamma$ , задній  $\alpha$ , загострення  $\beta$ , різання  $\delta$  (див. рис. 3.5.1).

Типи зенкерів та розверток. Зенкери та розвертки класифікують:

– за призначенням – для обробки циліндрових та конічних отворів, поглиблень, торцевих поверхонь бобишок, ступиць та ін.;

– за конструкцією – хвостові чи насадні, цільні чи збірні, постійного чи регулюємого діаметру, машинні чи ручні.

Для підвищення точності взаємного розміщення отворів при свердлінні рекомендується застосовувати центрування коротким свердлом ( $2\phi = 90^\circ$ ). На точність впливає стан поверхні, на якій оброблюються отвори. Наприклад, при свердлінні по литій необробленій поверхні точність міжцентрових відстаней на 30...40 % нижча, ніж при свердлінні по обробленій поверхні.

При обробці отворів на свердлильних верстатах послідовність робочих та холостих ходів різальних інструментів наступна: швидке підведення, робоча подача та швидке відведення. При цьому можливі дві основних схеми послідовності обробки декількох отворів:

– паралельна – кожний інструмент оброблює всі отвори даного розміру, а потім виконується зміна інструменту та цикл повторюється;

– послідовна – кожний отвір оброблюється всіма інструментами, потім переходить до обробки наступного отвору.

**1.2.** Елементи режимів різання при роботі на свердлильних автоматах. Режими різання при свердлінні в основному характеризуються подачею та швидкістю різання. Їх обирають для конкретних умов обробки в залежності від призначення верстата, інструменту, заготовки, потрібної точності та чистоти обробки. При діаметрі свердлування (8...16) мм, подача дорівнює (0,18...0,31) мм/об, швидкість різання для даного випадку обирається відповідно (36...24) м/хв.

Швидкість різання  $V$  – колова швидкість найбільш віддаленої від осі інструменту точки різальної кромки визначається за формулою:

$$V = \frac{\pi d n}{1000},$$

де  $d$  – діаметр інструменту, мм;

$n$  – частота обертів інструменту,  $\text{хв}^{-1}$ .

Подача  $S_o$  – переміщення інструменту вздовж осі за один його оберт, вимірюється в міліметрах. При свердлінні також можна визначити значення подачі, (м/хв):

$$S_m = S_o \cdot n.$$

Глибина різання  $t$  – відстань від обробленої поверхні до осі свердла, при свердлінні в суцільному матеріалі дорівнює половині діаметру свердла, мм:

$$t = d/2.$$

При свердлінні, зенкеруванні та розвертанні глибина різання – відстань між обробленою та необробленою поверхнями отвору:

$$t = (d - d_0)/2,$$

де  $d$ ,  $d_0$  – відповідно діаметр свердла, зенкера чи розвертки та попередньо обробленого отвору, *мм*.

**1.3.** Технологічні можливості вертикально-свердлильного верстата з ЧПК мод. 2P135Ф2. Верстати з ЧПК – прогресивний вид металорізального обладнання. Їх функціонування засновано на останніх досягненнях автоматики, обчислювальної техніки та електроніки. Верстати з ЧПК міцно увійшли у практику машинобудівних підприємств та виконують значний обсяг робіт по обробці деталей.

Вертикально-свердлильний верстат мод. 2P135Ф2 призначений для обробки корпусних деталей, а також деталей типу фланців, кришок, плит, важелів, кронштейнів тощо. На ньому можна виконувати такі технологічні операції, як свердління, розточування, зенкерування, зенкування, цекування, нарізання різьби та інші. При цьому забезпечується точність виконання міжосьових відстаней поверхонь, що обробляються, в межах (0,10...0,15) *мм*. Найбільш раціональна область застосування – дрібносерійне та серійне виробництво.

Верстат має великі діапазони подач (10–500) *мм/хв* (табл. 3.5.1)) і частот обертання шпинделя (31,5–1400,0)  $хв^{-1}$  (табл. 3.5.2)), які практично повністю забезпечують режими обробки деталей зі сталі, чавуну та кольорових металів.

Таблиця 3.5.1.

**Цифрові коди подач при програмуванні**

Номер подачі	01	02	03	04	05	06	07	08	09
Значення подачі, <i>мм/хв</i>	10	12,5	16	20	25	31,5	40	50	63
Номер подачі	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Значення подачі, <i>мм/хв</i>	80	100	125	160	200	250	315	400	500

Таблиця 3.5.2.

**Цифрові коди частот обертання шпинделя**

Номер частоти обертання	01	02	03	04	05	06
Значення, $хв^{-1}$	31,5	45	63	90	125	180
Номер частоти обертання	07	08	09	10	11	12
Значення, $хв^{-1}$	250	355	500	710	1000	1400

Точність позиціонування стола 0,05 мм, розв'язувальна здатність приводу системи ЧПК – 0,01 мм. Швидкість швидкого ходу револьверного супорта – 4 м/хв, стола – 3,8 м/хв.

Верстат обладнано хрестовим столом із телескопічним захистом напрямних, а також шестишпindelною револьверною голівкою, яка дозволяє здійснювати автоматичну зміну інструментів за керуючою програмою. Для прискорення ручної заміни інструментів передбачено спеціальний випресовувальний пристрій.

Для керування переміщенням столу (координати  $X$  та  $Y$ ) та револьверної голівки з інструментом (координата  $Z$ ) за програмою, написаною на перфострічці, верстат обладнано системою ЧПК «Координата С-70». Наявність цифрової індикації на пульті управління пристрою ЧПК дозволяє вести візуальний нагляд за положенням стола, а також контролювати правильність запису програми на перфострічці.

На верстаті передбачено зворотній зв'язок із положенням робочих органів. Датчиками зворотного зв'язку є кругові електроконтактні кодові перетворювачі.

Значна перевага свердлильних верстатів із ЧПК перед універсальними полягає у тому, що при обробці деталей з точно розташованими отворами відпадає необхідність застосування кондукторів.

Доцільність використання свердлильних верстатів із ЧПК замість універсальних тим вища, чим більша кількість отворів повинна бути оброблена при одній установці деталі. Це пояснюється, насамперед, невеликими витратами часу при виконанні холостих переміщень. На універсальних верстатах холості установчі переміщення вимагають у 10...20 раз більше часу. У той же час точність переміщень на верстатах із ЧПК вища, ніж на універсальних, і це ще більше підвищує ефективність застосування такого обладнання.

**1.4.** Особливості проектування операційної технології обробки отворів. При проектуванні технологічного процесу обробки деталей на верстатах із ЧПК з'являється принципово новий елемент – числова керуюча програма (КП). Для підготовки цієї програми необхідні не тільки технологічні, а й спеціальні знання з математики та програмування, що зумовлює підвищені вимоги до кваліфікації технологів, які займаються експлуатацією верстатів із ЧПК.

Вихідними даними для проектування технологічного процесу є: схема та технічні умови на виготовлення деталі, програма випуску деталей, креслення заготовки.

При підготовці до проектування детально аналізується робоче креслення деталі для виявлення розмірів і конструктивно-технологічних даних, а також з метою оцінки та поліпшення технологічності конструкції деталі.

Проектування технологічного процесу для свердлильного верстата з ЧПК виконується таким чином:

1. Розробка технологічного процесу обробки (визначення схеми базування та послідовності обробки отворів – вибір інструмента та проектування інструментальної наладки, призначення режимів різання).

2. Вибір початку прямокутної системи координат для деталі, що обробляється та розрахунок координат центрів отворів, що обробляються послідовно.

3. Розрахунок величини осевого переміщення інструмента при обробці кожного отвору.

4. Заповнення карти програмування або буквено-цифровий запис програми відповідно інструкції з програмування, що додається до системи ЧПК.

Виготовлення перфострічки. Характерною особливістю верстатів із ЧПК є те, що числова інформація про проекцію руху інструмента, швидкість різання, подачу та інших технологічних командах задається у вигляді цифр, закодованих у визначеній послідовності на різних програмоносіях.

Керуюча програма – це записана на програмоносій в закодованому вигляді маршрутно-операційна технологія виготовлення конкретної деталі з відображенням траєкторії руху інструмента.

Керуюча програма складається з окремих пронумерованих часток-кадрів. Під кадром розуміють частину програми з декількох слів, яка містить інформацію для виконання єдиного переходу при обробці деталі або єдиного переміщення робочого органу з однієї точки позиціонування в другу. Під словом розуміють частину кадра, яка містить інформацію про одну з функцій, що програмується – ознака, адреса, знак, число.

За основний програмоносій прийнята восьмидоріжкова перфострічка шириною  $(25,4 \pm 0,05)$  мм та товщиною  $(0,1 \pm 0,08)$  мм, виготовлена з паперу або інших матеріалів. Перфострічка має транспортний шлях, який розташований між третім і четвертим кодovими шляхами. Крок перфорації та відстані між кодovими доріжками  $(2,54 \pm 0,05)$  мм. Діаметр отворів транспортного шляху  $(1,17 \pm 0,025)$  мм, а діаметр отворів кодovих доріжок  $(1,83 \pm 0,05)$  мм.

Кодування керуючих програм для свердлильних верстатів із ЧПК виконується згідно вимог міжнародної системи ISO–7bit з використанням восьмидоріжкової перфострічки та двійково-десятькової системи кодування цифрової інформації.

Для запису інформації використовують латинські букви, для кодування – сім доріжок, восьма – для пробивання контрольного символу у випадку, якщо у самій кодovій комбінації число отворів непарне. Такий контроль на парність в рядку дозволяє виявити велику кількість помилок, які були допущені при перфорації. Найменування та визначення основних символів коду, які застосовуються при розробці керуючих програм для свердлильних верстатів із ЧПК, приведено у табл. 3.5.3. Символ «1» («0») на доріжках відповідає наявності (відсутності) отворів на перфострічці.

Перфорування програмних стрічок виконується на спеціальних приладах підготовки даних на перфострічці (ППДС). Перфорувальний механізм складається



з восьми пуансонів, приведених в рух відповідними кулачками. Останні починають працювати за командами кодових сигналів, які поступають від клавіатури друкарської машинки.

Прилади підготовки даних складаються з перфоратора, фотозчитувального прилада або електрифікованої друкарської машинки. На цих пристроях можна також отримувати дублікат перфострічки.

Зчитування інформації з перфострічки на верстаті виконується спеціальним приладом, який входить до складу системи ЧПК. Прилад утримує стрічкопротяжний механізм і вісім-дев'ять датчиків, які фіксують коди пробитих в рядку отворів.

Таблиця 3.5.3

**Основні символи коду**

Найменування символів	Символи	Номера доріжок							
		8	7	6	5	4	3	2	1
Цифра 1	1	1	0	1	1	0	0	0	1
Цифра 2	2	1	0	1	1	0	0	1	0
Цифра 3	3	0	0	1	1	0	0	1	1
Цифра 4	4	1	0	1	1	0	1	0	0
Цифра 5	5	0	0	1	1	0	1	0	1
Цифра 6	6	0	0	1	1	0	1	1	0
Цифра 7	7	1	0	1	1	0	1	1	1
Цифра 8	8	1	0	1	1	1	0	0	0
Цифра 9	9	0	0	1	1	1	0	0	1
Цифра 0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Переміщення вздовж осі X	X	1	1	0	1	1	0	0	0
Переміщення вздовж осі Y	Y	0	1	0	1	1	0	0	1
Переміщення вздовж осі R (точка на поверхні деталі)	R	1	1	0	1	0	0	1	0
Переміщення вздовж осі R (точка в глибині деталі)	Z	0	1	0	1	1	0	1	0
Номер кадра	№	0	1	0	0	1	1	1	0
Номер подачі	F	1	1	0	0	0	1	1	0
Номер швидкості обертання шпинделя	S	0	1	0	1	0	0	1	1
Номер інструмента	T	1	1	0	1	0	1	0	0
Допоміжні функції	M	0	1	0	0	1	1	0	1
Підготовчі функції	G	0	1	0	0	0	1	1	1
Номер корекції	L	1	1	0	0	1	1	0	0
Знак «+»	+	0	0	1	0	1	0	1	1
Знак «-»	-	0	0	1	0	1	1	0	1
Кінець кадра	ПС	0	0	0	0	1	0	1	0
Забій	ЗБ	1	1	1	1	1	1	1	1

Зчитування інформації з перфострічки на верстаті 2P135Ф2 виконується за допомогою спеціальних щупів (датчиків). Під час переміщення перфострічки вісім

щупів ковзають по стрічці, а в місці, де пробито отвір, щуп, провалюючись замикає контакти та подає сигнал в систему ЧПК. Швидкість зчитування складає 45–120 знаків за секунду.

Для реалізації послідовності робочих та холостих ходів переміщень робочих органів верстата в останньому передбачене відпрацювання стандартних технологічних циклів. Інформація про цикли записується в пам'ять приладу ЧПК. Цикл задають одним кадром програми. Цикли можуть бути стандартними, коли одним кадром задають обробку декількох отворів, розташованих з постійним кроком по прямій або колі. В цьому випадку в програмі задаються координати першого отвору, крок за ними та число отворів.

В обох заданих схемах послідовності обробки отворів (п. 1.1.1.) інструменти в револьверній голівці розташовуються в порядку, що визначається технологією.

Оскільки у верстаті 2P135Ф2 час позиціонування менше часу зміни інструменту, то обробку отворів 9–10 квалітету точності необхідно виконувати за більш продуктивнішою першою паралельною схемою. При обробці отворів 7–8 квалітету точності або отворів із жорсткими допусками на міжосьові відстані (0,2 мм і менше) попередні переходи (центрування, свердління, зенкерування, цекування) треба виконувати за першою (паралельною) схемою, а остаточні (зенкерування під розвертання, розвертання, нарізування різьби) – за другою (послідовною) схемою.

## **1.5. Розробка КП.**

### **1.5.1. Етапи підготовки керуючої програми:**

1. Вивчити креслення деталі, що обробляється та відпрацювати його таким чином, щоб всі розміри до отворів, що обробляються були задані в прямокутній системі координат. Початок координат прив'язати до базових поверхонь, по яким деталь базується в затискному пристрою. Отвори, що обробляються нумерують у послідовності їх обробки.

2. Вибрати необхідний різальний інструмент та розрахувати режими різання. Кожному режиму різання привласнити номер подачі та номер частоти верстата. Кожному інструменту визначити номер позиції в його револьверній голівці, а також привласнити номер корекції.

3. Скласти керуючу програму та записати її зміст в коді ISO–7 bit. Для полегшення складання програми по координаті  $Z$  величину переміщення до координати  $R$  (швидке підведення) для одного з інструментів застосовують більш фактичний.

Наприклад,  $R = 300$  мм. Координата  $R$  для інших інструментів задається з урахуванням різниці довжини інструментів, що входять в наладку. При налагодженні верстата «Плаваючий нуль» по осі  $Z$  встановити перемикачем «OZ» на пульті пристрою ЧПК так, щоб забезпечувався швидке підведення інструмента (підведення до координати  $R$ ) за два–три міліметри до оброблюваної деталі.

Для встановлення «OZ» супорт з інструментом опускається до деталі, що обробляється та зупиняється для забезпечення зазору між інструментом та деталлю 2–3 мм. Вмикається індикація по  $R$  та перемикачем «OZ» на блоці індикації встановлюється величина координати  $R$  для даного інструмента.

4. За допомогою приладу підготовки даних EC–9021 нанести розроблену керуючу програму на перфострічку методом перфорації. Виконати контроль отриманої перфострічки.

5. По отриманій перфострічці обробити контрольну деталь та перевірити якість обробки і відповідність отриманих розмірів кресленню.

6. При позитивних результатах обробки перфострічка розмножується і робочі екземпляри передаються до цеху.

#### 1.5.2. Порядок побудови кадрів керуючої програми:

1. Вся інформація у програмі повинна складатися з адрес, чисел і спеціальних команд, що передбачаються кодом.

2. Об'єм слів та структура кадрів (послідовність слів), яких повинен дотримуватись програміст при складанні програм на обробку деталі, приведені у табл. 3.5.4.

Таблиця 3.5.4.

№ з/п	Найменування	Ознака адреси	Кількість рядків	Застосування
1.	Номер кадра	$N$	4	Зміна по приходу нової ознаки адреси
2.	Номер інструменту (позиції револьверної головки)	$T$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси $T$
3.	Підготовчі функції	$G$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси «Відповідь по $M$ »
4.	Допоміжні функції	$M$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси
5.	Номер подачі	$F$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси
6.	Номер швидкості шпинделю	$S$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси
7.	Номер корекції	$L$	3	Зміна по приходу нової ознаки адреси
8.	Переміщення повздовж осі $Z$ і $R$	$X, R$	8	Збій за сигналом «Кінець циклу»
9.	Переміщення повздовж осі $Y$ і $Z$	$Y, Z$	7	Збій за сигналом «Кінець циклу»
10.	Кінець кадра	ПС	1	Збій за сигналом «Відповідь по ПС»

3. У кадрі деякі слова можуть бути відсутні, тому що технологічні функції діють до відміни, а координат у кадрі може бути одна чи дві.

Під словом у керуючій програмі розуміють частину програми, що містить інформацію про одну з функцій, що програмується.

Під кадром – частину програми, що складається з декількох слів і містить інформацію для виконання одного переходу при обробці деталі, а також для переміщення робочого органу верстата з однієї точки в другу при позиціонуванні.

4. Функції  $F, S, T, G, M, L$  у кадрі можна змінювати між собою місцями.

5. Ознака адреси завжди записується перед числовою інформацією.

6. Знак координати записується одразу ж після ознаки адреси.

7. Кожна команда в одному кадрі повинна зустрічатися тільки один раз.

8. З метою скорочення часу циклу роботи по осі  $Z$  зміну позиції револьверної головки рекомендується робити спільно з позиціонуванням по осі  $X$  та  $Y$ .

**1.5.3.** Характеристика підготовчих та допоміжних функцій, ЧПК «Координата С-70». Функція  $G 81$  (керування по осі  $Z$ , свердління по постійному циклу) забезпечується швидке підведення робочого органу до координати  $R$  (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати  $Z$  (обробка деталі), відведення робочого органу до координати  $R$  (відведення з деталі).

Функція  $G 82$  (керування по осі  $Z$ , підрізання торця за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати  $R$  (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати  $Z$  (обробка деталі), затримку після обробки координати  $Z$  і швидке відведення робочого органу до координати  $R$  (відведення з деталі).

Функція  $G 84$  (керування по осі  $Z$ , різьбонарізання за постійним циклом) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати  $R$  (до деталі), рух робочого органу на робочій подачі до координати  $Z$  (обробка деталі), затримку після обробки координати  $Z$  і швидке відведення робочого органу до координати  $R$  (відведення з деталі).

Функція  $G 86$  (керування по осі  $Z$ , розточування по постійному циклу) забезпечує швидке підведення робочого органу до координати  $R$  (до деталі), зупинку обертання після обробки координати та швидке відведення робочого органу до координати  $Z$  (відведення з деталі).

Функції  $G91, G92, G94, G96$  – відповідно відрізняються від функцій  $G81, G82, G84, G86$  тим, що після підведення робочого органу до координати  $R$  (відведення з деталі) забезпечує подальше швидке відведення робочого органу до початку відліку координати  $R$ . Як правило ці функції використовуються для відведення робочого органу у верхнє початкове положення.

Функція M01 – зупинка по програмі, застосовується для програмування зупинки верстата в процесі обробки деталі, наприклад, із метою перевірки якості обробки.
Функція M02 – кінець програми
Функція M03 – обертання шпинделя праворуч
Функція M04 – обертання шпинделя ліворуч
Функція M06 – зміна інструменту
Функція M20 – відмова від функції M04

Налаштування, налагодження верстата і режим роботи.

У верстаті передбачено чотири режиму роботи:

- налагоджувальний;
- ручний (з перемикачем);
- напівавтоматичний (з перфострічки);
- автоматичний (з перфострічки).

Вибір режиму роботи виконується перемикачем режимів, що розташовується на пульті керування приладом ЧПК «Координата Ц70-3».

Перед початком роботи на верстаті необхідно встановити всі органи керування на пульті верстата і приладу ЧПК в початкове положення: всі перемикачі – в крайнє ліве положення, програмні перемикачі – у положення 0.

На верстаті встановлюється затискний базуючий пристрій для кріплення деталі, що обробляється.

Ось шпинделя револьверної головки поєднується з базовою крапкою деталі, що обробляється, яка знаходиться в пристрої. Для цього стіл переміщується по осі  $X$  та  $Y$  в налагоджувальному режимі по поєднанню осі шпинделя з базовою крапкою деталі. Поєднання визначається за допомогою центрошукача, оправки або конусного центру, що встановлюється в отвір шпинделя.

За допомогою перемикачів « $OX$ » та « $OY$ » встановлюються координати базової крапки деталі відносно початку координат  $X$ ,  $Y$  вказаного на кресленні деталі (зі знаком), що обробляється, відповідним напрямку руху столу від базової крапки деталі до початку координат.

У шпинделі револьверної голівки встановлюється інструмент згідно характеру отворів, що обробляються.

За допомогою блоку індикації приладу ЧПК визначається відповідність відстаней від кінця інструменту кожного шпинделя до поверхні деталі, що обробляється, величинам координати  $R$  запрограмованим на перфострічці або на перемикачі.

У випадку невідповідності впроваджується корекція довжини інструменту на перемикачах корекції. При цьому номер інструменту повинен відповідати номеру корекції, що визивається, запрограмованому для даного номеру інструменту.

Кулачок початкового положення супорту встановлюється по висоті на такій відстані від столу, яка забезпечувала б розвертання револьверної головки на 360° із встановленим інструментом і завантаженої в пристрої деталі, що обробляється. При цьому плаваючий нуль по *Z* на перемикачі *OZ* повинен бути розташований вище кулачка початкового положення супорта.

Верстат вмикається в одному з режимів: ручному, напівавтоматичному, автоматичному.

## 2. Порядок виконання роботи

**2.1.** Обладнання та інструменти: вертикально-свердлильний верстат із ЧПК мод. 2P135Ф2; комплект інструментів для обробки отворів; установлювально-затискні пристосування для закріплення деталей.

**2.2.** Ознайомитись з роботою свердлильних верстатів із ЧПК.

**2.3.** Отримати завдання за кресленнями деталі, обробити отвір, розмір якого вказано на кресленні за режимом, що наданий до креслення – табл. 3.5.7.

**2.4.** Вивчити зміст технологічних операцій, які застосовують при обробці отворів на свердлильних верстатах, а також різальні інструменти, які при цьому застосовуються.

**2.5.** Ознайомитись з призначенням та управлінням вертикально-свердлильного верстата мод. 2P135Ф2.

Вивчити особливості проектування операційної технології та послідовність розрахунку і кодування інформації для складання керуючої програми.

**2.6.** Ознайомитись з кресленням та технічними умовами на виготовлення заданої деталі, виконати їх аналіз. В залежності від заданих умов встановити метод отримання заготовки та її форму.

**2.6.** Розробити технологічний процес обробки отворів в заданій деталі. Вибрати різальний інструмент та визначити режими різання для кожного переходу. Кожному різальному інструменту надати порядковий номер вказати його місце в револьверній головці та номер його корекції. Надати вибраній для кожного інструмента подачі та частоті обертання умовні номери відповідно паспортним даним верстата. Результати здійснених розрахунків оформити у вигляді табл. 3.5.5.

Таблиця 3.5.5.

### Результати розрахунків

№ п/п	Зміст переходу	Різальний інструмент				Режими різання			
		Найменування	Діаметр	Номер корекції	Номер позиції	Частота обертання		Подача	
						$хв^{-1}$	код	$мм/хв$	код

**2.9.** Ознайомитись з буквено-цифровим кодом, що застосовується для запису інформації у керуючих програмах свердлильних верстатів з ЧПК (табл. 3), а також з методичними рекомендаціями по складанню програм обробки деталей на верстаті 2P135Ф2.

Розробити КП для обробки заданої деталі відповідно індивідуального завдання (див. табл. 3.5.5.) та викласти її у вигляді табл. 3.5.6.

Таблиця 3.5.6.

№ отвору	Діаметр оброблюваного отвору	Координати отворів			Запис інформації, що кодується
		X	Y	Z	

Під наглядом лаборанта вивчити основи управління вертикально-свердлильним верстатом мод. 2P135Ф2. Виконати налагоджування верстата і обробити задану деталь по отриманій на пристрої підготовки даних перфострічці.

**2.10.** Зробити короткі висновки по роботі.

### **3. Зміст звіту**

#### **3.1.** Найменування та мета роботи.

Технологія обробки отворів на свердлильних верстатах, різальний інструмент, що при цьому використовується, режими різання.

Технологічні можливості та коротка характеристика вертикально-свердлильного верстата мод. 2P135Ф2, особливості обробки отворів на даному верстаті.

Операційний ескіз заданої деталі (варіант за табл. 3.5.5) зі вказанням схеми базування та напрямком осей прийнятої системи координат. Цифрами вказати послідовність обробки отворів.

**3.2.** Результати розробки операційного технологічного процесу у вигляді табл. 3.5.3.

**3.3.** Розрахунок режимів різання та уточнення їх за паспортними даними верстата.

**3.4.** Результати розробки КП по формі табл. 3.5.6 і дод. 3.5.7.

**3.5.** Короткі висновки по роботі.

### **4. Література [1, 6]**

### **5. Запитання для самоконтролю**

#### **5.1. Функція M10, що це:**

- 1) кінець програми;
- 2) обертання шпинделя праворуч;

- 3) обертання шпинделя ліворуч;
- 4) зміна інструменту;
- 5) зупинка по програмі.

### 5.2. Який режим роботи верстата Ви вмикаєте:

- 1) ручний;
- 2) напівавтоматичний;
- 3) автоматичний;
- 4) налагоджувальний;
- 5) всі вірні.

Таблиця 3.5.7

### Варіанти індивідуальних завдань

Номер варіанту	Ескіз деталі	Номер варіанту	Ескіз деталі
1		6	
2		7	
3		8	



Номер варіанту	Ескіз деталі	Номер варіанту	Ескіз деталі
4		9	
5		10	

## ЛІТЕРАТУРА

1. Жигуц Ю.Ю., Лазар В.Ф. Збірник лабораторних робіт: Навч. пос. – К.: Кондор-Видавництво, 2013. – 352 с.
2. Збірник задач і вправ з технології машинобудування: Навчальний посібник для студентів спеціальностей 7.090202, 8.090202 «Технологія машинобудування» та 7.090203, 8.090203 «Металорізальні верстати та системи» / Кол. авторів. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 314 с.
3. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ. Навчальний посібник / Під заг. ред. В.А. Кириловича. – Житомир: ЖІТІ, 2001. – 600 с.
4. Кирилович В.А., Мельничук П.П., Яновський В.А. Основи технологій обробки поверхонь деталей машин: Підручник. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 266 с.
5. Мельничук П.П. Технологія машинобудування: підручник / П.П. Мельничук, І.А. Боровик, П.А. Лінчевський, Ю.В. Кетранов. – Житомир: ЖДТУ, 2006. – 836 с.
6. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з курсу «Технологія машинобудування» для студентів напряму 6.050502 – «Інженерна механіка», спеціальностей 7.05050201, 8.05050201 – «Технології машинобудування» (денна та заочна форми навчання) (ч. II) / Укл. П.П. Мельничук, Є.В. Салогуб, Н.О. Балицька. – Житомир: ЖДТУ, 2014. – 56 с.
7. Основи технології машинобудування. Ч. 2. Самостійна та індивідуальна робота студентів: навч. посіб. / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, С.В. Репінський, С.І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 90 с.
8. Павленко І.І. Технологічні основи машинобудування. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей «Прикладна механіка», «Галузеве машинобудування» / І.І. Павленко, А.М. Артюхов, М.М. Підгаєцький, М.О. Сторожук. – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 50 с.
9. Пурдик В.П. Технологія машинобудування: лабораторний практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 71 с.
10. Руденко П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навч. посіб. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.
11. Северилов В.С., Полонський Л.Г., Клименко С.А. Теоретичні основи технології механічної обробки: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2002. – 246 с.
12. Скочко Є.В. Різальні інструменти: Навчальний посібник. – Житомир: ЖІТІ, 2000. – 234 с.

13. Технологічні основи машинобудування: навчальний посібник для студентів інженерно-хімічного факультету та механіко-машинобудівного інституту, які навчаються за спеціальністю 131 «Прикладна механіка», спеціалізацією «Технологія машинобудування» [Електронний ресурс] / С.С. Добрянський, Ю.М. Малафєєв, А.А. Субін, В.М. Гриценко. – К.: КПІ імені Ігоря Сікорського, 2018. – 112 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36762>

14. Технологія автоматизованого виробництва: Підручник / О.О. Жолобов, В.А. Кирилович, П.П. Мельничук, В.А. Яновський. – Житомир: ЖДТУ, 2008. – 1014 с.

15. Технологія машинобудування та технологічні основи машинобудування: метод. вказ. до викон. лаборатор. робіт і самот. роботи для студ. мех.-маш. ін-ту та інж.-хім. ф-ту / Уклад. С.С. Добрянський та ін. – К.: НТУУ «КПІ», 2008. – 88 с.

16. Шевченко О.В., Беляєва А.Ю. Металорізальні верстати. Кінематичний аналіз. Практикум до виконання практичних та лабораторних робіт [Електронний ресурс]: Навч. посібник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка» та 133 «Галузеве машинобудування», спеціалізації «Металорізальні верстати та системи». – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 86 с. – Режим доступу: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/27001>

17. Яновський В.А., Полонський Л.Г. Технологічна оснастка. Методичні вказівки з проведення практичних занять і організації самотійної роботи для студентів освітнього рівня «Бакалавр» напрямків 6.050502 «Інженерна механіка», 6.050503 «Машинобудування» та спеціальностей 131 «Прикладна механіка» і 133 «Галузеве машинобудування». – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 95 с.

*Навчальне видання*

**Балицька Наталія Олександрівна  
Глембоцька Лариса Євгеніївна  
Громовий Олексій Андрійович  
Колеснік Василь Михайлович  
Кремєв Георгій Петрович  
Мельник Олександр Леонідович  
Мельничук Петро Петрович  
Ночвай Володимир Матвійович  
Пилипенко Олександр Михайлович  
Полонський Леонід Григорович  
Яновський Валерій Анатолійович**

## **ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ**

**Навчально-методичний посібник**  
*Лабораторно-практичні заняття*

Електронне видання

Державний університет «Житомирська політехніка»  
Адреса: 10005, м. Житомир, вул. Чуднівська, 103

