

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Механіко-машинобудівний інститут  
Кафедра технології машинобудування**

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»  
Завідувач кафедрою ТМ**

\_\_\_\_\_ О.А. Охріменко  
(підпис) (ініціали, прізвище)

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2022 р.

**Дипломний проєкт  
на здобуття ступеня бакалавра  
за освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
на тему: «Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення  
деталі Корпус диференціала»**

**Виконав :**

**студент IV курсу, групи МТ-81**

\_\_\_\_\_ Слін Володимир Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник:**

\_\_\_\_\_ к. т. н., доцент, Медведєв Вадим Вячеславович  
(посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_ (посада, науковий ступінь, вчене звання, піб)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Засвідчую, що у цьому дипломному  
проєкті немає запозичень з праць інших  
авторів без відповідних посилань.**

**Студент** \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Київ – 2022 рік**

## **Зміст**

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Вступ .....</b>                                                            | <b>3</b>  |
| <b>1. Загальні питання машинобудування .....</b>                              | <b>8</b>  |
| 1.1. Різновид токарних верстатів .....                                        | 8         |
| 1.2. Види токарних робіт .....                                                | 11        |
| 1.3. Класифікація деталей.....                                                | 12        |
| 1.3.1. Обробка валів .....                                                    | 13        |
| 1.3.2. Обробка стаканів.....                                                  | 16        |
| 1.3.3. Оброблення втулок .....                                                | 18        |
| 1.3.4. Обробка дисків .....                                                   | 19        |
| 1.3.5. Оброблення фланців .....                                               | 21        |
| 1.4. Особливості обробки нежорстких деталей.....                              | 22        |
| <b>2. Технологічний розділ.....</b>                                           | <b>30</b> |
| 2.1. Технологічний контроль якості креслення .....                            | 35        |
| 2.1.1. Аналіз службового призначення і умов її роботи у вузлі .....           | 35        |
| 2.1.2. Визначення типу виробництва .....                                      | 37        |
| 2.1.3. Опрацювання конструкції деталі на технологічність.....                 | 39        |
| 2.2. Якісна оцінка технологічності конструкції .....                          | 40        |
| 2.3. Вибір заготовки та її техніко-економічне обґрунтування.....              | 41        |
| 2.4. Проектування технологічного процесу деталі.....                          | 44        |
| 2.4.1. Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь .....        | 44        |
| 2.4.2. Проектування технологічного процесу деталі „Корпус диференціалу” ..... | 47        |
| 2.5. Вибір обладнання для виготовлення деталі .....                           | 49        |
| 2.5.2. Розроблення та представлення маршрутного технологічного процесу .....  | 49        |
| 2.6. Визначення припусків на механічну обробку .....                          | 51        |
| 2.7. Аналітичний розрахунок припусків .....                                   | 52        |
| 2.8. Розрахунок режимів різання.....                                          | 55        |
| 2.9. Визначення норм часу.....                                                | 57        |
| <b>3. Конструкторський розділ .....</b>                                       | <b>58</b> |
| 3.1. Опис пристрою та принципу його дії.....                                  | 58        |
| 3.2. Розрахунок необхідної сили затиску Q .....                               | 59        |
| <b>4. Охорона праці .....</b>                                                 | <b>60</b> |
| 4.1. Значення освітлення для робочої діяльності.....                          | 60        |
| 4.2. Способи виміру освітленості приміщень .....                              | 61        |
| <b>Список використаних джерел.....</b>                                        | <b>63</b> |

# **Завдання на дипломний проект**

## **на здобуття ступеня бакалавра**

за напрямом **131. Прикладна механіка**  
(код та назва напрямку підготовки або спеціальності)

Студенту групи МТ-81 Єлін Володимир Володимирович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Конструкторсько-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Корпус диференціалу»

Керівник проекту Медведєв Вадим Вячеславович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «  »    2022 р. №  

2. Термін подання студентом проекту «  10  »   06   2022р.

3. Завдання з загальних питань машинобудування Обробка нежорстких деталей на токарних верстатах

«  »    2022 р.    завідувач кафедри ТМ О.А. Охріменко  
(дата) (підпис)

4. Завдання за темою дипломного проекту Розробити технологічний процес та технологічне оснащення для виготовлення деталі «Корпус диференціалу»

5. Перелік питань, які мають бути розроблені за завданням **п.3**  
Оцінка нежорсткості деталі обертання; пристосування і інструменти для обробки нежорстких деталей.

6. Перелік питань, які мають бути розроблені за завданням **п.4**  
Аналіз на технологічність; вибір заготовки; план обробки поверхонь; схеми базування; вибір інструмента та верстатів; технологічний процес; режими різання; нормування; керуючі програми для ЧПК; верстатні пристосування; економічна частина.

7. Перелік графічного матеріалу загальна частина; деталь; заготовка; технологічні карти; керуючі програми ЧПК; два пристосування.

8. Консультанти розділів проекту

| Назва розділу | Перелік питань                 | Термін виконання | Підпис керівник |
|---------------|--------------------------------|------------------|-----------------|
| Охорона праці | Оцінити рівень освітлення цеху | 30.05.2022       |                 |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту, які мають бути розроблені відповідно до завдання | Термін виконання етапів проекту | Позначки керівника про виконання завдань |
|-------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------|
| 1     | Технологічна частина                                                                        | 1 тиждень                       |                                          |
| 2     | Технологічна частина                                                                        | 2 тиждень                       |                                          |
| 3     | Конструкторська частина                                                                     | 3 тиждень                       |                                          |
| 4     | Конструкторська частина                                                                     | 4 тиждень                       |                                          |
| 5     | Інші частини                                                                                | 5 тиждень                       |                                          |
| 6     | Оформлення диплома                                                                          | 6 тиждень                       |                                          |
|       |                                                                                             |                                 |                                          |
|       |                                                                                             |                                 |                                          |
|       |                                                                                             |                                 |                                          |

Дата видачі завдання « 15 » 04 2022р.

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту

\_\_\_\_\_

(підпис)

\_\_\_\_\_

(ініціали, прізвище)

### Анотація

Пояснювальна записка дипломного проекту бакалавра на тему «Конструкторсько-технологічне забезпечення виробництва до випуску деталі «Корпус диференціалу» складається з 64 аркушів формату А4, містить 31 ілюстрацію, 9 таблиць, 1 додатка, у якому наведено технологічну карту. При написанні роботи використано 21 літературне джерело. Графічна частина роботи складається з 7-и аркушів формату А1.

Мета роботи розділу «Загальні питання машинобудування» – оцінити нежорсткість деяких типів деталей обертання і дослідити способи їх обробки. Мета роботи технологічного розділу – проектування маршрутного та операційного процесів виготовлення деталі «Корпус диференціалу». Основне завдання конструкторського розділу - проектування верстатного пристрою для виконуваних технологічних операцій.

### **Annotation**

Explanatory note of the bachelor's thesis project on "Design and technological support of production before the release of the part "Differential body" consists of 64 sheets of A4, contains 31 illustrations, 9 table, 1 appendice, which contain technological map. 21 literary sources were used in writing the work. The graphic part of the work consists of 7 sheets of A1 format.

The purpose of the section "General issues of mechanical engineering" - to assess the rigidity of some types of parts of rotation and to explore ways to process them. The purpose of the technological section - the design of routing and operational processes for the manufacture of parts "Differential body". The main task of the design section is the design of the machine tool for the performed technological operations.

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/п | Формат | Позначення             | Найменування                                             | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|------------------------|----------------------------------------------------------|------------------|----------|
| 1     | A4     |                        | Завдання на дипломний проєкт                             | 2                |          |
| 2     | A4     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.000    | Пояснювальна записка                                     | 60               |          |
| 3     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.001    | Люнети                                                   | 1                |          |
| 4     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.001-01 | Деформація валу                                          | 1                |          |
| 5     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.002    | Корпус диференціалу                                      | 1                |          |
| 6     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.002-01 | Заготовка корпусу диференціалу                           | 1                |          |
| 7     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.003    | Схеми технологічних переходів для операції 010           | 1                |          |
| 8     | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.004    | Пристрій верстатний для операцій (складальний кресленик) | 1                |          |
| 9     | A4     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.005    | Специфікація до складального кресленника                 | 1                |          |
| 10    | A1     | ДПБ.ММІ.МТ-8104.006    | Карта наладки для КВМ                                    | 1                |          |

|          |                 |       |      |                                 |                                                      |        |
|----------|-----------------|-------|------|---------------------------------|------------------------------------------------------|--------|
|          |                 |       |      | <b>ДПБ.ММІ.МТ-8104.00</b>       |                                                      |        |
|          | ПБ              | Підп. | Дата |                                 |                                                      |        |
| Розроб.  | Єлін. В. В.     |       |      | Відомість<br>дипломного проєкту | Лист                                                 | Листів |
| Керівн.  | Медведев В.В.   |       |      |                                 | 1                                                    | 1      |
| Н/контр. |                 |       |      |                                 | КПІ ім. Ігоря<br>Сікорського<br>Каф. ТМ<br>Гр. МТ-81 |        |
| Зав.каф. | Охріменко О. А. |       |      |                                 |                                                      |        |
|          |                 |       |      |                                 |                                                      |        |

## Вступ

Одним з найбільш широко застосовуваних методів обробки металів різанням є точіння, тобто отримання деталей, які є тілами обертання.

На цьому принципі заснована токарна обробка металу, яка здійснюється на спеціальних верстатах.

На таких верстатах можна обробляти циліндричні, фасонні, конічні або торцеві поверхні. Так само можна виточувати канавки, обробляти отвори, виконувати безліч інших робіт з досить високою точністю і якістю виготовлення деталей.

Здійснюється обробка металів на токарних верстатах за допомогою різучих інструментів, таких як свердла, розгортки, різці, плашки.

Процес різання здійснюється за рахунок обертання заготовки на токарному верстаті, а так само руху подачі, тобто поступального руху різця. Рух подачі може бути як поздовжніх, так і поперечних. Так само в широкому діапазоні може змінюватися кут різця до осі руху заготовки.

Весь процес обробки виробу в токарному верстаті здійснюється в напівавтоматичному режимі.

За допомогою токарного верстата можна здійснювати обточування, тобто обробку зовнішньої поверхні виробу, підрізування - робота з торцевими поверхнями, розточування - робота з внутрішніми поверхнями, а так само різання, тобто поділ виробу на частини або поділ заготовки і готового виробу.

Таким чином, на токарному верстаті можна з високою точністю виготовити зубчасті колеса, вали, шків, кільця, втулки, муфти і безліч інших деталей обертання.

## **1. Загальні питання машинобудування**

### **1.1. Різновид токарних верстатів**

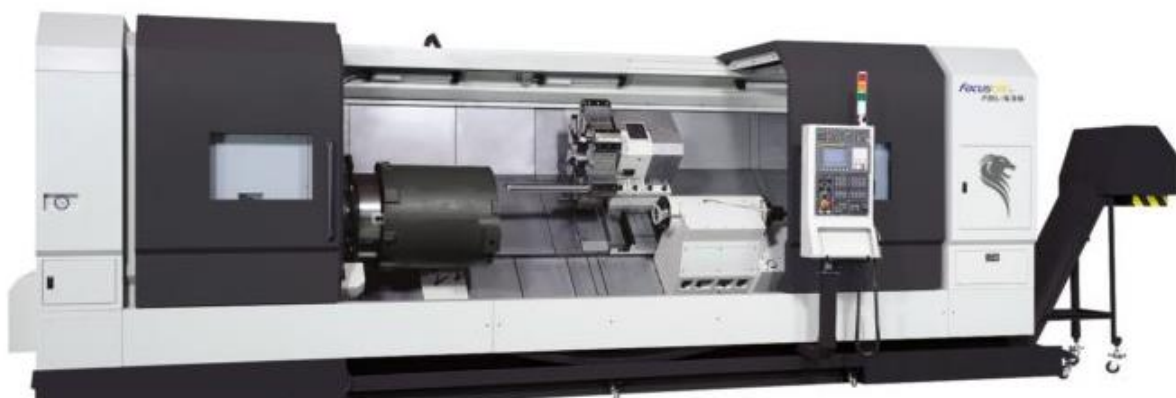
До верстатів токарної групи належать:

- токарні автомати;
- напівавтомати;
- токарно-револьверні;
- токарно-карусельні;
- токарно-гвинтонарізні;
- токарно-лобові;
- багаторізцеві;
- токарно-затиловочні;
- спеціальні токарні верстати.

Промисловість продукує токарні верстати різних габаритів - від легких до важких і унікальних (особливо важких). Діаметр заготовок, що обробляються на токарних верстатх, сягає 12000 мм і часто набагато більше, а довжина - 20 000 мм при масі до 320 т.

Для охарактеризування властивостей загальних виробничих властивостей верстатів токарної групи використовують такі показники, як:

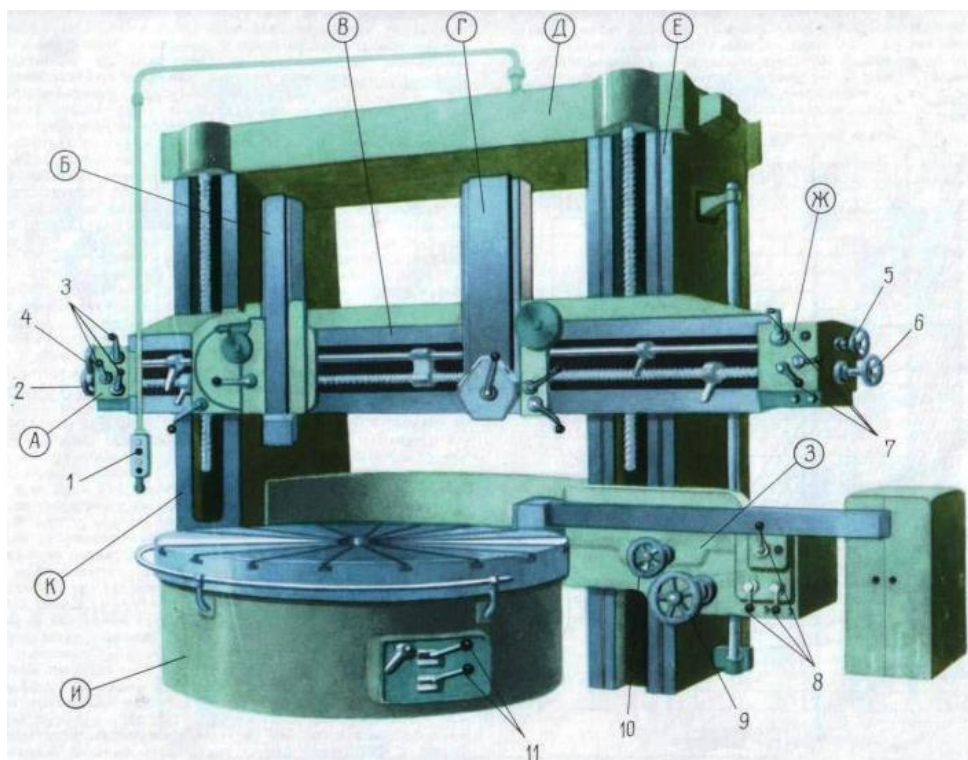
- найбільший діаметр заготовки, яку можна обробити на верстаті;
- найбільша довжина заготовки;
- частота обертання супорта і діапазон її регулювання;
- значення поздовжньої та поперечної подач
- тощо



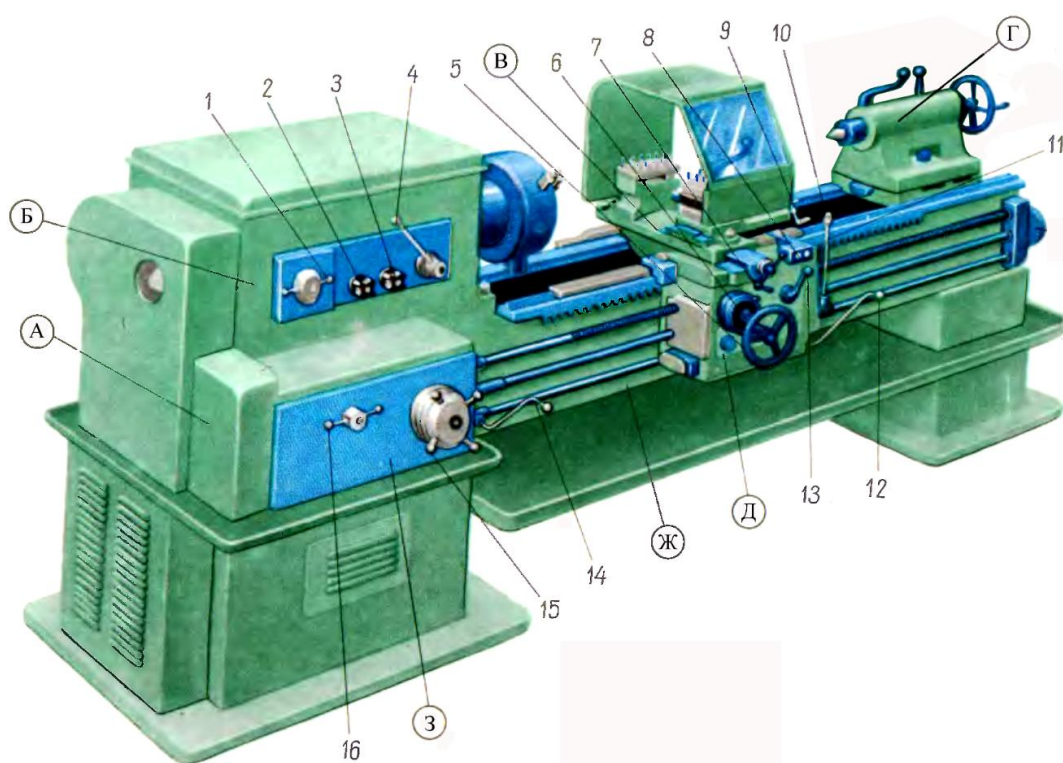
**Рис. 1.** Токарно-револьверный верстат



**Рис.2.** Токарный автомат



**Рис. 3. Токарно-карусельный верстат**



**Рис. 4. Токарно-затилочный верстат**

## 1.2. Види токарних робіт

Основним видом робіт, який виконують на токарних верстатах, є точіння.

Залежно від виду поверхні, що обробляється, точіння поділяється на:

1. Обточування зовнішніх циліндричних, рис. 5., а,

Для виконання цього різновиду токарних робіт використовують прохідні 2, 3 або упорно-прохідні різці 1.

2. Розточування внутрішніх циліндричних (рис. 5.,б) конічних і фасонних поверхонь.

Ці роботи виконують з застосуванням розточуш різців 4, 5.

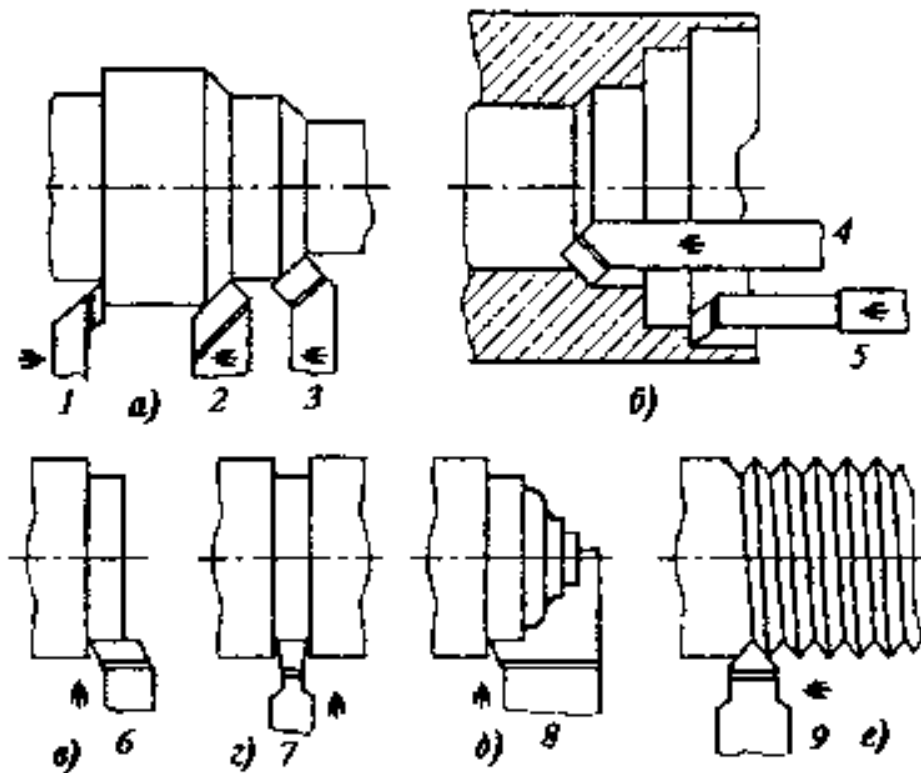
3. Підрізання торців (рис. 5., в) яке виконують з використанням підрізних різців 6.

4. Відрізання (рис. 5., г), яке здійснюють з використанням відрізних різців 7.

5. Обробку фасонних поверхонь (рис. 5.1, д) - з використанням фасонних різців 8.

6. Нарізання зовнішньої різи (рис. 5., е) і внутрішньої різи - з використанням різевих різців 9.

7. Методами точіння виконують зовнішні та внутрішні канавки, виточують галтелі, знімають фаски тощо.



**Рис. 5.** Різновиди точіння

### 1.3. Класифікація деталей

Стосовно деталей, які оброблюються на токарних верстатах, розрізняють такі класи:

- Вали;
- Втулки;
- Стакани;
- Диски;
- Фланці;
- Ексцентрикові;
- Корпусні деталі.

До валів відносять круглі деталі, в яких довжина набагато перевищує діаметр.

Втулки відрізняються присутністю наскрізного отвору і невеликою довжиною в порівнянні з зовнішнім діаметром.

Склянками вважаються деталі типу круглих посудин, які мають суцільне дно чи невеликий отвір в цьому ж дні.

Характерною особливістю деталей типу диск є насамперед невелика довжина, яка в кілька разів менша діаметра.

Фланці – це деталі дискової форми, які мають отвір та маточину, розташовану з однієї або з двох сторін.

Ексцентрикові деталі мають форму круглих поверхонь з паралельно зміщеними осями.

Корпусні деталі, в свою чергу, мають довільну, часто порожнисту форму.

Окрім зазначених основних властивостей деталей, кожен клас може розрізнятися між собою розмірами, формою поверхонь та багатьма іншими ознаками, які впливають на їх технологічні способи обробки. Через це всередині кожного типу деталі є додатково поділ на підгрупи.

### **1.3.1. Обробка валів**

Деталі цього типу поділяють на технологічні підгрупи в залежності від їх жорсткості, форми зовнішньої поверхні, поперечного перерізу і точності.

По точності вали бувають точні, деякі поверхні яких виконуються по 2 чи 3го класів точності, і вали невисокої точності – вони виготовляються з 4го класу точності і нижче.

Точність обробки будь-яких деталей, в тому числі і валів, визначається виконанням розмірів у межах встановлених допусків, правильною геометричною формою поверхонь, необхідною точністю взаємного розташування поверхонь і необхідною чистотою їх обробки. Допустимі похибки визначаються технічними умовами робочого креслення.

З технологічної точки зору важливо знати характерні вимоги, що пред'являються до кожної групи споріднених деталей. Для гладких валів найбільш істотною вимогою є правильність циліндричної форми на всій довжині. Ділянки поверхонь ступінчастих валів повинні бути співвісні між собою і правильно розташовані в осьовому напрямку. Пустотілі вали не повинні мати разностенности, а при наявності точних кінцевих ділянок отвори вісь останніх повинна збігатися з віссю зовнішніх поверхонь.

Способи обробки обирають на основі загального принципу найбільшої продуктивності в залежності від розмірів, точності, форми і кількості деталей у партії.

Короткі вали обробляють за одну або кілька установок у патроні. Якщо діаметр заготовки дозволяє, то такі деталі виготовляються з довгих прутків, які пропускають в отвір шпинделя. В цьому випадку технологічний процес значно спрощується і найчастіше здійснюється за дві операції. При наявності у коротких валів з двостороннім ступінчастістю поверхонь з точним взаємним розташуванням їх остаточне обточування виконують в центрах. Для цієї мети зручно користуватися переднім поводково-плаваючим центром.

Вали середніх розмірів виготовляються з штучних заготовок. Технологічний процес їх обробки зазвичай поділяють на дві основні частини: чорнову, виконувану в більшості випадків з більш жорсткою уставкою в патроні і задньому центрі, і чистову - центрах. Для зменшення зміщення ділянок вала, оброблюваних за дві установки в патроні і задньому центрі, чинять так: у першій установці обточують кінець заготовки на невелику довжину, потім її перевстановлюють, закріплюють в патроні за оброблений ділянку, підтискають центром і обточують частину.

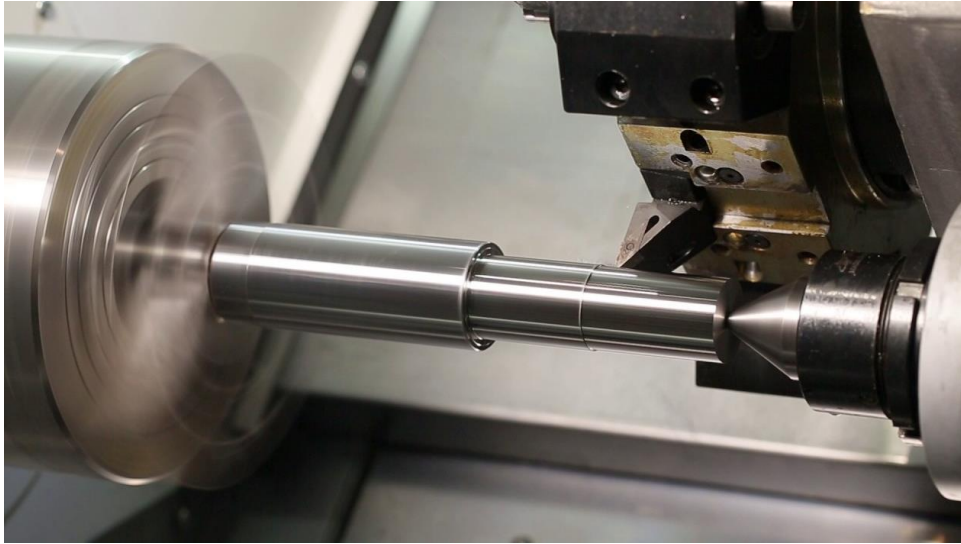
Для підвищення продуктивності чорнового обточування ділянок ступінчастих валів слід дотримуватися такої послідовності, яка відповідала б найменшою сумарною довжині робочого ходу різця. При обробці таких валів великими партіями токарний верстат рекомендується налаштовувати по поздовжніх упорів. При цьому важливо, щоб всі заготовки з партії мали однакову довжину і займали постійне поздовжнє положення на верстаті, що досягається одним із способів, розглянутих по 48.

Ділянки вала складної форми (фасонні, конічні, різьбові), виконання яких потребує особливої налагодження верстата, слід виділяти в самостійні операції.

Глибокі отвори в пустотілих валах отримують свердлінням спіральними свердлами з двох боків заготовки. Щоб при цьому зменшити зміщення ділянок отвори, зовнішню поверхню заготовки попередньо обточують і використовують в якості чистової настановної бази. При підвищених вимоги до такого отвору, а також при неможливості отримати його стандартними спіральними свердлами застосовують свердла для глибокого свердління. Точні кінцеві ділянки отвори пустотілих валів розточують або додатково розгортають при використанні чистової настановної бази - один кінець закріплюють заготовки в патроні, інший встановлюють у нерухомому люнеті.

Поверхні точних валів 2-3-го класів отримати обробкою різцями на токарних верстатах досить важко. Внаслідок цього їх економічно доцільніше обробляти попередньо з припуском на подальше шліфування.

Технологічний процес виготовлення довгих валів здійснюється аналогічно валів середніх розмірів за винятком того, що для зменшення прогину при обточування їх додатково підтримують люнетами. При дуже низької жорсткості такі вали перед чистовою обтачиванием правлять.



**Рис. 6.** Обробка валу в токарному верстаті

### **1.3.2. Обробка стаканів**

Деталі по типу стакан мають вигляд посудин з гладкою зовнішньою поверхнею або з фланцем на ній. Дно стакану часто суцільне, але також може і мати невеликий отвір малого діаметру.

Окрім загальних технічних вимог, яких повинні дотримуватися деталі з отворами, при обробці заготовок стаканів необхідно виконати характерні додаткові умови:

- 1) перпендикулярність отвору до осі циліндричної поверхні;
- 2) товщина дна;
- 3) потрібне розташування дна у відношенні до торця або фланця.

Перпендикулярність дна до циліндричних поверхонь має бути створена обробкою за одну установку або за допомогою однієї наставної чистової бази. Для стаканів в якості чистової бази зазвичай використовують чисто оброблену зовнішню поверхню.

В деяких випадках можуть використати також оброблений отвір, на якому за допомогою спеціальної розжимної оправки обробляють інші зовнішні поверхні.

При виготовленні деталей малими партіями використовують лише прості патронні оправки - дно стакан підтискають шайбою і обертовим заднім центром.

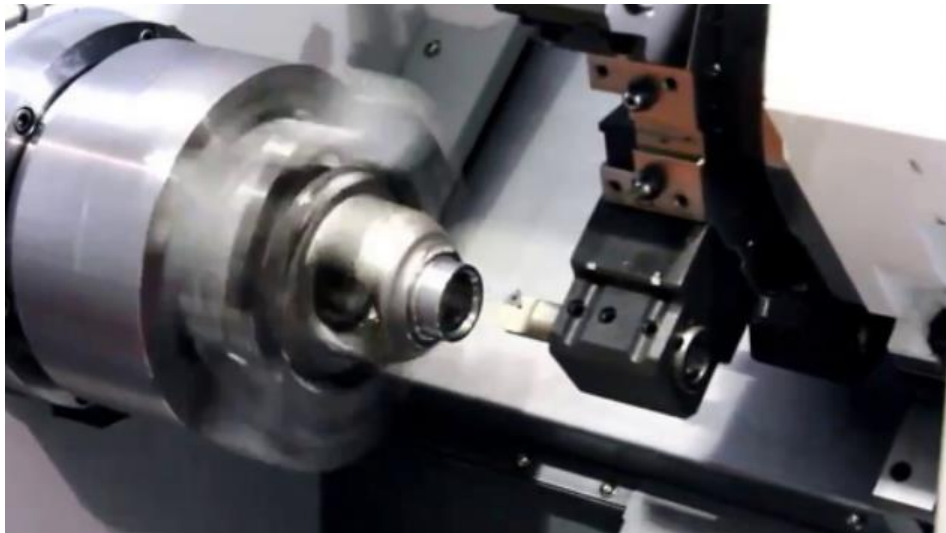
Вимоги до товщини дна і його розташування відносно торця виконуються вибором правильної послідовності обробки. При виробництві малої кількості виробів поздовжнє переміщення різьця рахується з лімбу чи з розмітки. Якщо ж потрібно обробляти велику партію виробів і станок налаштований по поздовжнім упорам, потрібно дотримуватися правила суміщення вимірювальної наставної бази.

Заготовками для стаканів служать:

- Круглий прокат;
- Литі чавунні стержні;
- Відливки;
- Поковки.

Останні зазвичай використовуються у серійному виробництві, або ж також можуть використовуватися при виробництві стаканів великих розмірів і складних форм.

При виробництві стаканів з виливків і поковок потрібно максимально перевіряти їх на достатній припуск для всіх його оброблюваних поверхонь.



**Рис. 7.** Обробка стакану на токарному верстаті

### **1.3.3. Оброблення втулок**

За основними техознаками втулки поділяються на 4 основні підгрупи:

- Гладкі;
- З ступінчастим отвором;
- З ступінчастою зовнішньою поверхнею;
- Складні, (поверхні яких можуть мати різноманітну форму).

При виготовленні втулок в серійному виробництві технологічний процес ділять на дрібні операції і використовують в якості чистової бази зовнішню або внутрішню поверхню.



**Рис. 8.** Обробка втулки на токарному верстаті

#### **1.3.4. Обробка дисків**

За формою диски поділяють на 3 підгрупи: гладкі суцільні, гладкі з отвором і складні

**Диски гладкі суцільні.** Спосіб обробки гладких дисків без отвору обирається в залежності від, наприклад, кількості деталей, їхніх розмірів і точності, яка вимагається від них.

При виготовленні малих партій дисків невеликого діаметра проводиться такий технологічний процес: береться круглий прокат на кілька деталей, який закріплюють у патроні, підрізають торець, проточують поверхню і обрізають по довжині. У другий установі заготовку закріплюють іншою стороною в патроні і притискають торцем до шпиндельного упору. Для цієї мети використовують неглибоку виточку прямих кулачків, уступ яких виконує роль упору.

Для дисків з великими партіями вже використовують штучні заготовки, які отримують різанням круглого прокату на механічних ножовках або ж на так званих відрізних верстатах. Якщо наприклад прокату потрібного діаметра немає, то заготовку можна нарізати з прокату меншого діаметру і довести до потрібних розмірів куванням. В цьому випадку застосовують такі способи обробки:

- Якщо не пред'являють високих вимог - заготовку закріплюють в патроні за коротку частину, підрізають її торець і точуть зверху до кулачків. При другій установі підрізають другий торець і обточують частину іншої поверхні.
- Диски з більш точною поверхньою – виготовляють з заготовок по довжині, де передбачений додатковий припуск для закріплення в кулачках патрона. При цьому в першій установі ріжуть торець і точуть поверхню на довжину деталі. У другій установі підрізають другий торець за кілька проходів до необхідної довжини деталі.

**Диски гладкі з отвором.** У більшості випадків технологія обробки відрізняється від обробки суцільних дисків лише додатковою обробкою отвору. Але ця наявність отвору часто дозволяє застосувати його для облегшення обробки деталі.

**Складні диски.** До них зазвичай відносять диски з отворами, які мають уступи, канавки чи виємки на поверхнях.

Загалом їх процес обробки складних дисків не має різниці з обробкою втулок, крім однієї відмінності, яка полягає в тому, що невелика довжина отвору дисків зазвичай не повзволяє використати його як наставну базу.

Для цього у таких дисках використовують зовнішню поверхню, чи також виступи або виїмки на торцях.

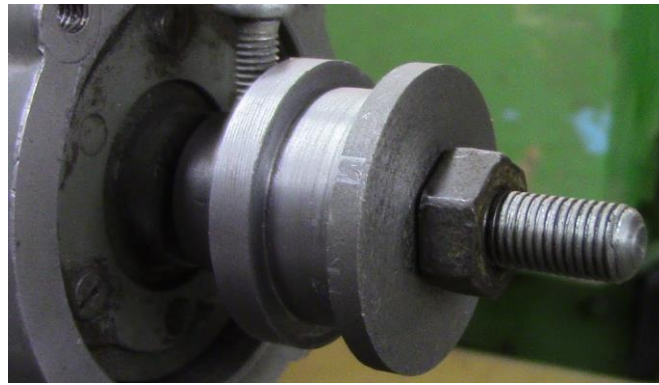


**Рис. 9.** Обробка диску на токарному верстаті

### **1.3.5. Оброблення фланців**

Фланці - це деталі, які мають дискову форму, отвір та маточину, яка розташована з однієї або з обох сторін. До цього типу деталей можна додати деякі такі зубчасті колеса, як: шків, зірочки з ланцюгових передач і інші подібні деталі. Характерною вимогою, що ставиться до обробки деталей-фланців, є точність їх взаємного розташування поверхонь дискової частини та маточини з отворами. Ця вимога часто забезпечується чистовою обробкою зовнішніх поверхонь на оправці. В якості першої наставної бази при закріпленні заготовки у патроні використовується зовнішня поверхня поверхні-диска, якщо вона має достатню жорсткість, або ж використовують маточину.

З метою зменшення зайвої витрати металу і полегшення обробки фланців, їх зазвичай виготовляють з виливків або ковок, а з круглого прокату – рідше, наприклад в одиничному виробництві.



**Рис. 10.** Обробка фланця на токарному верстаті

#### **1.4. Особливості обробки нежорстких деталей**

Серед такого величезного різноманіття деталей більше 30% займали і займають завжди тіла обертання. Ці деталі також умовно ділять на три підвиди судячи по відношенню довжини деталі до зовнішнього діаметру.

- При  $L/D > 1$  – вали, осі, шпинделі, стержні, стволи і т. д.
- При  $2 > L/D > 0,5$  – це втулки, стакани, пальці, барабани і інші.
- При  $L/D < 0,5$  – диски, кільця, фланці, шківви і так далі

Але найбільш трудоемних при виготовленні вважаються деталі, які мають досить малу жорсткістю, наприклад як нежорсткі вали.

До нежорстких деталей відносять вали, піддатливість яких перевищує піддатливість технологічної системи, тобто відношення довжини до найбільшого зовнішнього діаметру яких є більше 12.

Через таку маленьку жорсткість нежорсткого валу технологічна система верстат-оснастка-інструмент-заготовка є доволі слабкою до дій зовнішніх сил і динамічних факторів, супроводжуючих процеси різання.

Через це обробка цих деталей вважається дуже складна, так як вона обумовлюється деформацією оброблюваної заготовки через дії сил різання, а також через вібрації деталі під час обробки, які можуть бути настільки інтенсивними, що змушують знижати швидкості різання і

використовувати багтоходову обробку, що таким чином і призводить до зниження стійкості і довготривалості інструмента обробки. Виникнення вібрації також небажано на кінцевих чистових етапах обробки, так як це може призвести до пошкодження деталі.

Поряд із цим, некеровані механічні коливання з порівняно великою амплітудою є обмежуючим фактором зі збільшенням продуктивності процесу різання. Разом з тим поява коливань обумовлена наявністю та взаємним впливом технологічних умов різання, зовнішніх збурювальних сил та параметрів пружної системи токарного верстата. Тому підвищення ефективності обробки нежорстких валів, головним чином, залежить від забезпечення стійкості їх обробки.

Нині визначення стійкості часто проводиться з урахуванням досвіду технолога. Існуючі технологічні методи визначення стійкості не забезпечують необхідної точності. Пов'язано це з тим, що математичні моделі, що використовуються, є надмірно спрощеними.

На сьогоднішній металорізальний верстат являє собою складну закриту багатоконтурну систему з великою різноманітністю сил і наявністю в ній зворотних зв'язків.

Основними елементами у закритої динамічної системи станка є його пружна система та його динамічний процес різання.

Недостатність експериментів про визначення динамічного процесу різання складових в якості динаміки стружкоутворення, різання по сліду, залишеному різцем на попередньому обороті заготівлі ускладнює вирішення на практиці проблем металорізальних верстатів.

#### **7.4.1. Що таке люнети і як це допомагає при обробці нежорстких деталей**

Нежорсткий вал при обробці в центрах відтискується, що призводить до збільшення розмірів його середньої частини - бочкоподібності, або ж до

вібрації тощо. Через це нежорсткі вали обробляють в центрах з додатковою підтримкою, а саме спеціальними пристроями - люнетами. Люнети поділяються на нерухомі і рухомі.

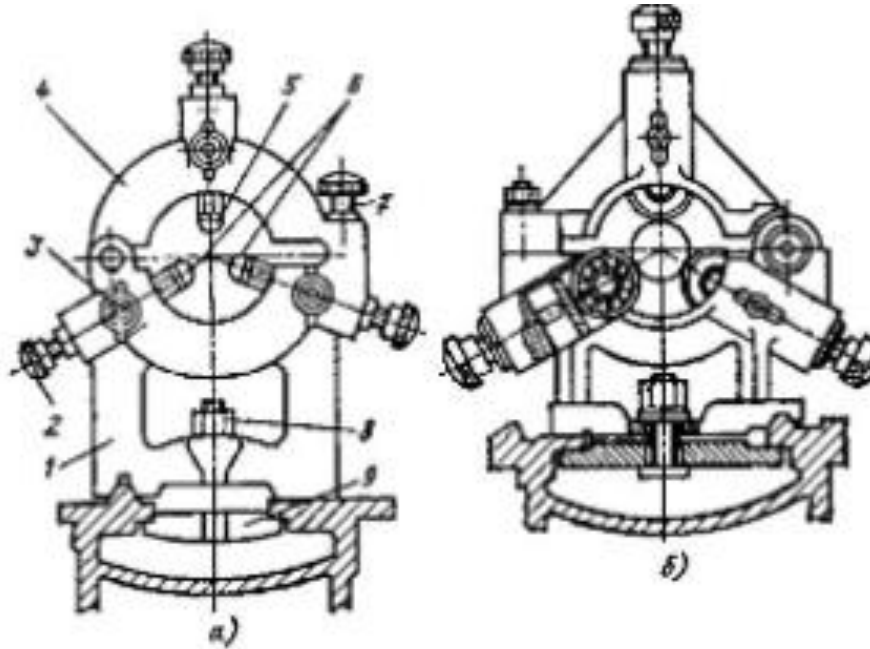


**Рис. 11.** Люнет

#### **7.4.2. Нерухомі люнети**

Нерухомий люнет (рис. 12.) складається з корпусу з чавуну (1), на якому болтом (7) закріплюються накидна кришка (4), яка полегшує встановлення заготовки. Основа корпусу має форму яка відповідає напрямним станини, на якій люнет встановлюється за допомогою планки (9) і болта (8). В корпусі за допомоги регулюючих болтів (2) і гвинтів (3) переміщаються два кулачка (6), а в кришці лише один кулачок (5). Для закріплення кулачків у робочому положенні використовують гвинти (3). Цей пристрій дає змогу встановлювати в люнет вали різних діаметрів – від малих до великих. Для швидкої обробки валів не використовують люнети

зі звичайними кулачками. В цьому випадку беруть люнети з роликовими чи шариковими підшипниками, які працюють замість звичайних кулачків, що таким чином полегшує роботу роликів і одночасно зменшує нагрів заготовки. Це є дуже важливим при роботі на великих режимах різання.



**Рис. 12.** Конструкція люнета (1 – корпус, 2 – болт, 3 – гвинт, 4 – кришка, 5 – кулачок, 6 – кулачки, 7 – болт, 8 – болт, 9 – планка)

Кулачки люнетів зазвичай виготовляють із чавуна. Якщо поверхню оброблюємої заготовки в результаті тертя з кулачками може бути зіпсована, то на стальні кулачки додатково ставлять бронзові кінцівки. Іноді використовують кулачки, робочі поверхні яких покриті «бабітом», чи в випадку швидкого зносу кулачків, на їх робочі поверхні наплавляють твердим сплавом, або використовують люнети, у яких на кулачках наявні ролики.

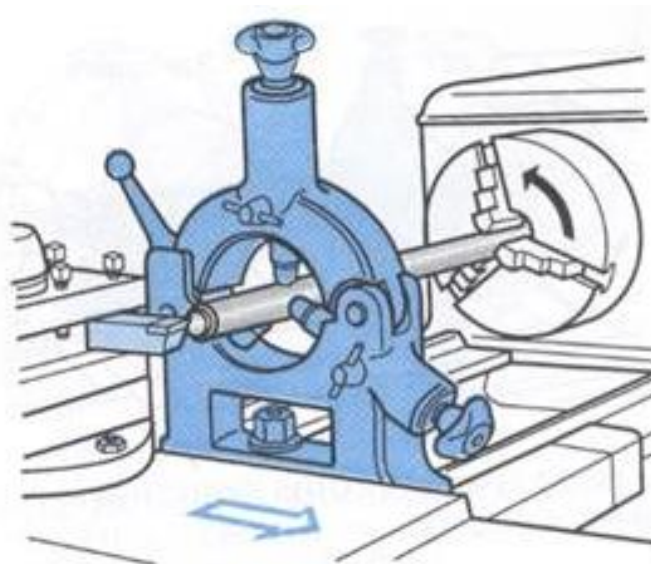
Обробку шийки можна провести декількома способами - її довжина має бути трішки більше ширини кулачків люнета. Якщо деталь довга і тонка, то її встановлюють в центрах і обробляють шийку у потрібному місці. Подача і глибина різання мають бути настільки меншими, щоб уникнути прогину вала і усіляких вібрацій. При цьому головний кут

різальної кромки повинен бути настільки більшим, щоб передня поверхня була вгнутою.

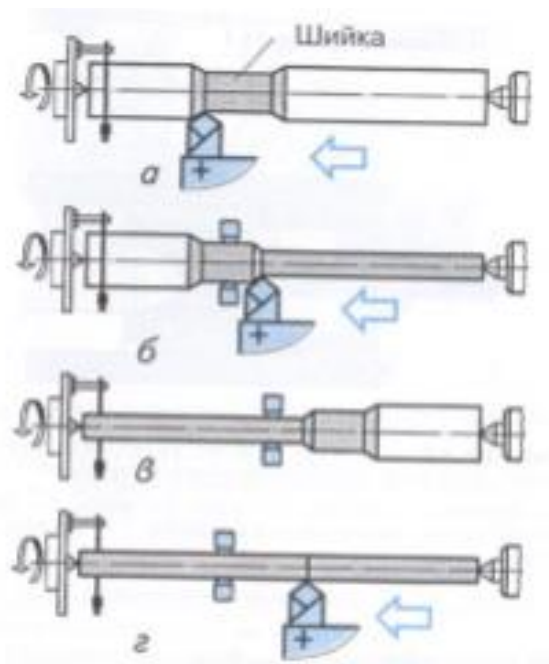
Кут нахилу головної різальної кромки різця має бути від'ємним, так як в цьому випадку різець натягує деталь на себе, що зменшує вібрації під час обробки, але стружка буде йти вліво до люнета. При обточуванні деталей в нерухомому люнеті, кут нахилу різальної кромки різця має бути позитивним. Стружка буде в цьому випадку відходити направо і не попадатиме в кулачки люнета.

Закріплення вала одним кінцем у кулачковому патроні, а іншим - у нерухомому люнеті, дає змогу підрізати торець і обробити осьовий отвір.

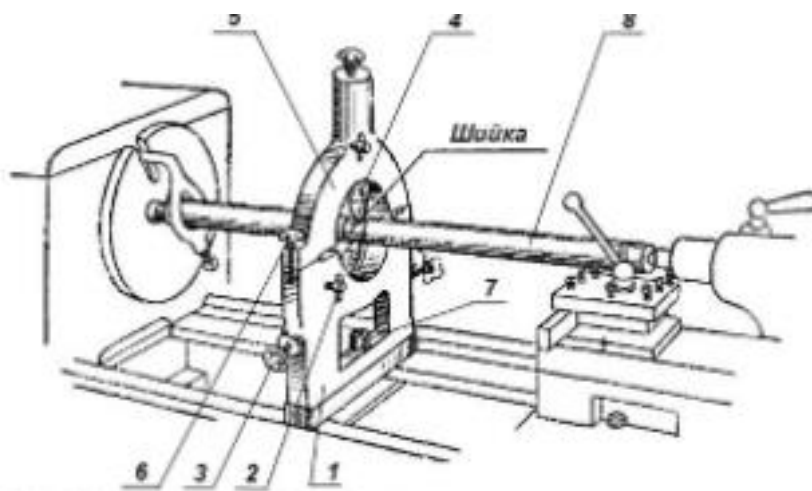
Вал встановлюють у центрах і в середній частині деталі можна проточити на зниженому режимі шийку за допомогою люнета. На напрямній станині встановлюють нерухомий люнет і його кулачки можуть охопити проточину шийку заготовки. Після встановлення люнета заготовку зазвичай обточують аж від задньої бабки до люнета. Після цього вал перевертають, знову закріплюють у центрах та люнеті, де обточують другий кінець.



**Рис. 12.** Підрізання торця вала, закріпленого в люнеті та патроні



**Рис. 14.** Технологічна схема обробки нежорсткого вала.



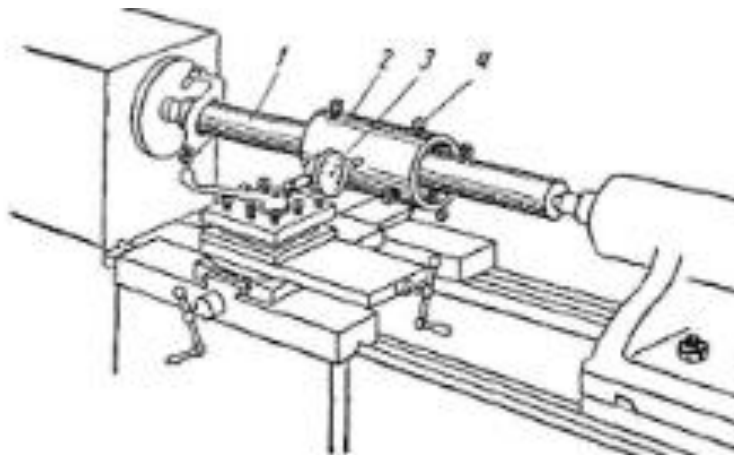
**Рис. 15.** Оточування деталі з використанням нерухомого люнету.

Якщо з виникаючих причин точіння шийки на поверхні заготовки неможливе, або не бажане (наприклад наявний нерівномірний припуск чи заготовка «особливо» не жорстка), то на заготовку встановлюють та закріплюють гвинтами так звану люнету – це втулка з гладенькою зовнішньою поверхнею.



**Рис. 16.** Застосування люнетної втулки.

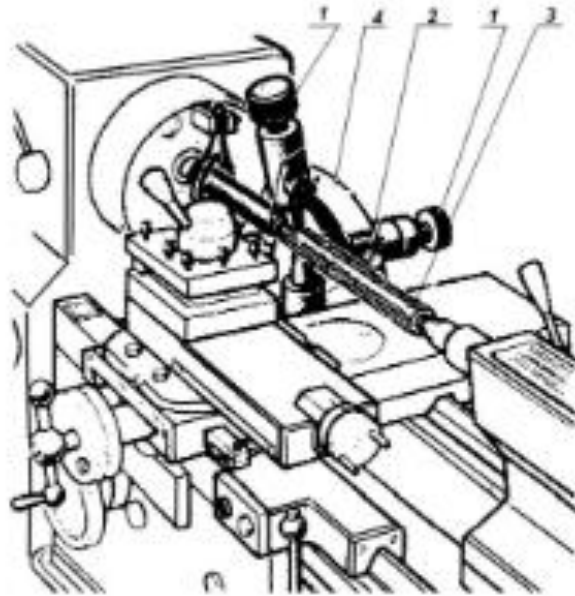
Циліндричну втулку (2) ставлять на середню частину заготовки (рис. 16.) та болтами (4) закріплюють концентрично з віссю заготовки. Концентричність втулки можна перевірити індикатором (3). Заготовку з вдягнутою втулкою ставлять у люнет, а торці - в центри, де обточують до люнету. Після цього можна відкривати люнет, зняти заготовку з центрів та видалити втулку. Тепер заготовку можна перевернути та встановити кулачки люнета по діаметру обточеної частини, що б обточити частину заготовки, яка залишилась необробленою.



**Рис. 17.** Перевірка концентричності установки втулки для обробки деталі у нерухомому люнеті.

### 7.4.3. Рухомі люнети

Рухомий люнет використовують при чистовому точінні довгих нежорстких деталей. В нього наявні лише 2 кулачки, які висувають та закріплюють так само, як кулачки нерухомого люнету.



**Рис. 18.** Рухомий люнет (1 – гвинт, 2 – гвинт, 3 – кулачки, 4 – салаки, 5 – корпус, 6 – болт).

Рухомий люнет закріплюється на повздовжніх салазках (4) суппорта болтами (6). В корпусі (5) люнета розташовані два кулачка (3). Ці кулачки регулюються гвинтами (1) і закріплюються гвинтами (2).

Цей люнет переміщується разом із суппортом вздовж заготовки, одночасно слідкує за різцем і підтримує заготовку в місці прикладання сил різання. Кулачки люнета мають змогу таким чином доторкатися до поверхні валу поблизу різьця, при цьому відносне положення різьця і кулачків люнета завжди залишається незмінним.

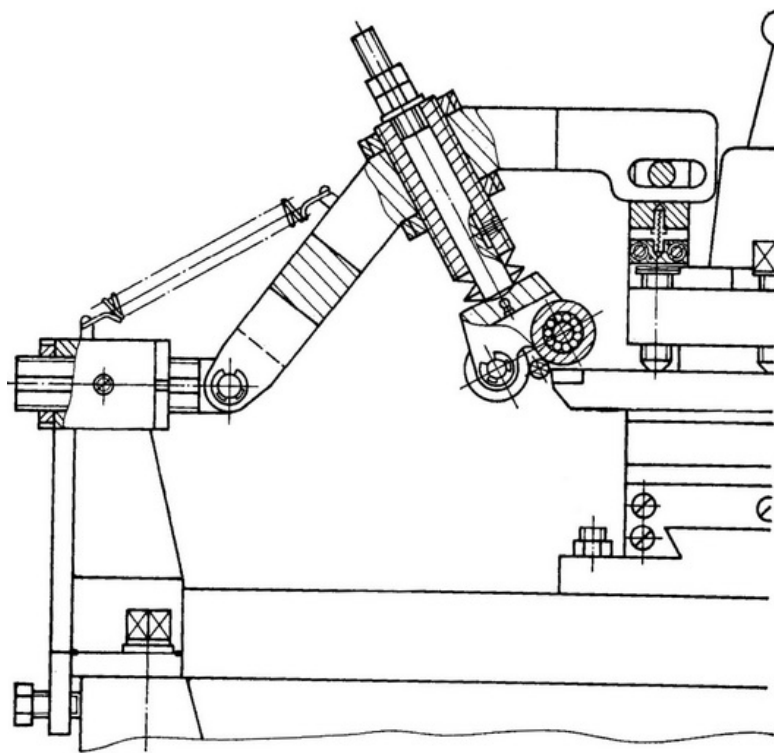
Щоб стружка не потрапила під кулачки люнета кут нахилу головної різальної кромки різця потрібно зробити від'ємним. Стружка таким чином відійде в праву сторону як і потрібно.

Загалом рухомий люнет використовують при чистовому точінні довгих деталей та нарізанні різьби на довгих гвинтах.

#### 7.4.4 Люнет-віброгасник

При токарній обробці нежорстких деталей на верстатах часто виникають інтенсивні вібрації, які негативно позначаються на чистоті обробленої поверхні, точності різання, а іноді навіть призводять до поломки інструменту. Найбільш ефективно усунути вібрації дозволяє використання спеціальних пристроїв – люнетів-віброгасників.

Такий віброгасник дозволяє провести точіння деталей малої жорсткості майже без вібрацій, що виникають під дією сили різання.



**Рис. 19.** Люнет-віброгасник

Віброгасник, який зображений на ілюстрації, виконаний у вигляді важеля, що несе ролики (ролик), що взаємодіють з оброблюваною деталлю безпосередньо за різцем, один кінець якого шарнірно пов'язаний з різцетримачем, а інший через тарілчастий демпфер тертя - з кареткою

супорта. Так утворюється замкнута механічна система, що забезпечує ефективне віброгасіння, а також зменшення пружних деформацій та підвищення точності обробки. У вихідному положенні важіль віброгасника під дією пружини утримується на кронштейні.

Пропонований пристрій не тільки добре усуває вібрацію, але й істотно впливає на форму деталі в поздовжньому перерізі, виконуючи значною мірою функцію рухомого люнета. Однак на відміну від останнього цей пристрій дозволяє розвивати велику швидкість різання і вимагає менших витрат часу при введенні в роботу.

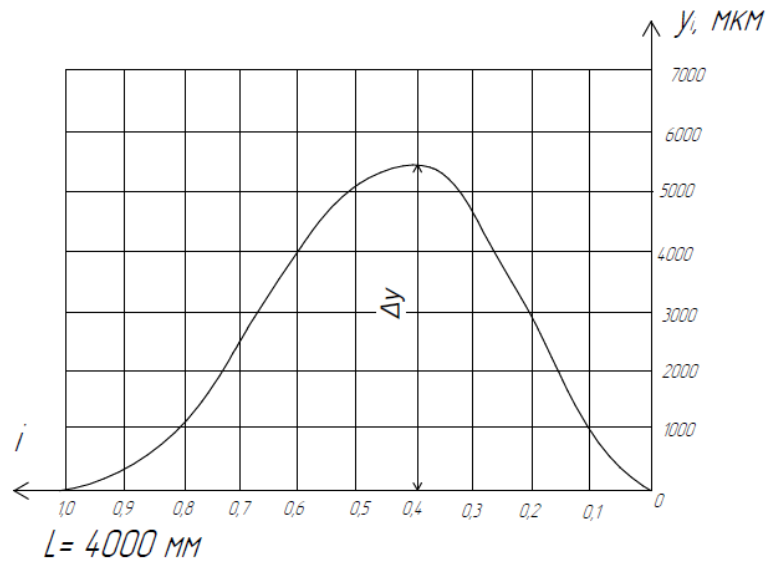
Використання віброгасника вдвічі-втричі підвищує режими різання при токарній обробці нежорстких валів.

#### **7.4.5 Деформація валу при обробці**

Щоб перевірити ефективність люнетів в обробці нежорстких валів проведений експеримент. У цьому експерименті при однакових режимах різання оброблювались 4 однакових вали ( $L = 4000$  мм) з малою жорсткістю, але з різними допоміжними засобами для обробки.

В першому досліді вал закріплюється в патроні та задньому центрі і навантажувався послідовно в 11 точках через кожні 400 мм. Максимальна величина деформації стала 5500 мкм. Графік деформацій цього валу наведений нижче:

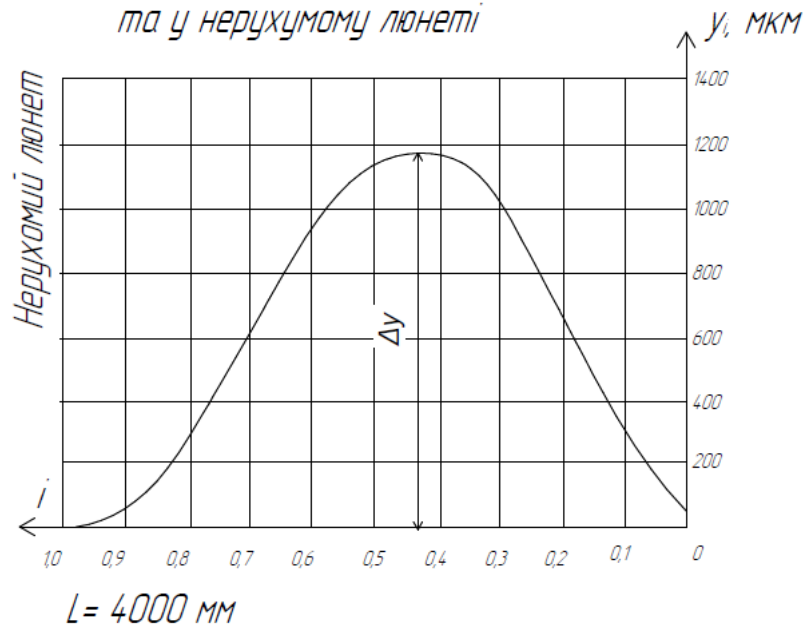
*Деформація вала при закріпленні в патроні та задньому центрі*



**Рис. 20.** Графік деформацій вала закріпленого в патроні та задньому центрі.

У другому досліді вже був встановлений нерухомий люнет посередині довжини вала. Навантаження проводилося на правій частині вала в 11 точках через кожні 200 мм. Максимальна величина деформацій вийшла 1130 мкм. Графік наведений нижче:

*Деформація вала при закріпленні в патроні, задньому центрі та у нерухомому люнеті*

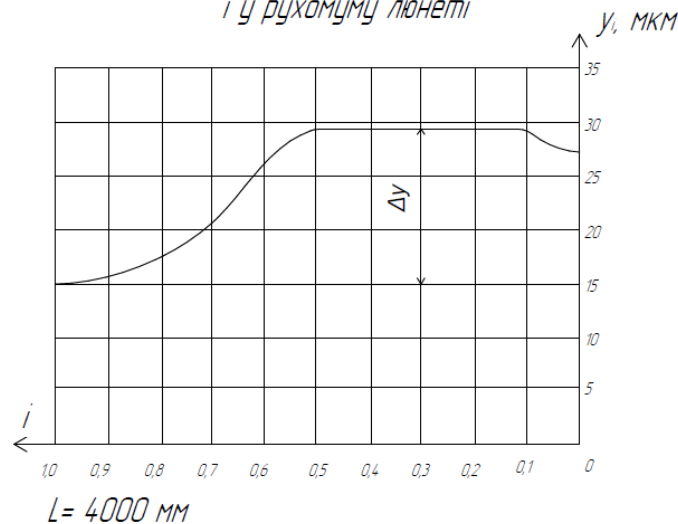


**Рис. 21.** Графік деформацій вала закріпленого в патроні, задньому центрі і у нерухомому люнеті.

Це вже показує наскільки є ефективним люнет при обробці, адже деформації системи зменшилися більш ніж у 6 разів. Але провели ще 2 додаткових досліди – з рухомим люнетом та з двома люнетами. В обох випадках деформацій стало менше в рази:

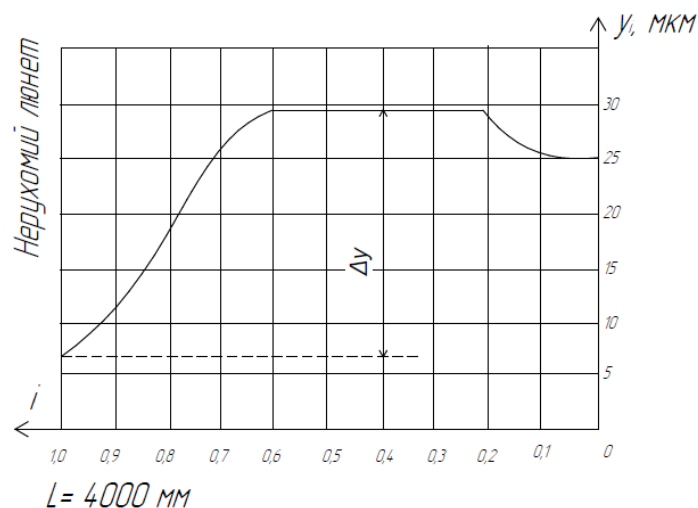
- При рухомому люнеті – 29 мкм
- При 2-х люнетах – 29,5 мкм

*Деформація вала при закріпленні в патроні, задньому центрі і у рухомому люнеті*



**Рис. 22.** Графік деформацій вала закріпленого в патроні, задньому центрі та рухомому люнеті.

*Деформація вала при закріпленні в патроні, задньому центрі та в двох люнетах*



**Рис. 23.** Графік деформацій вала закріпленого в патроні, задньому центрі і двох люнетах.

## **2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ**

Даний курсовий проект присвячений розробці та розмірному моделюванню і аналізу технологічного процесу виготовлення деталі „Корпус диференціалу”.

Мета курсового проекту - одержати практичні навички при вирішенні задач, що виникають у зв'язку з розробкою та розмірним моделюванням технологічних процесів виготовлення деталей і проектуванням технологічного оснащення.

У ході виконання проекту вирішуються такі задачі: розробка технологічного процесу виготовлення деталі „Корпус диференціалу”, що включає вибір методу одержання заготовки, вибір устаткування й інструментів для кожної операції технологічного процесу, розрахунок режимів різання, сил різання, припусків і норм часу, розмірне моделювання і аналіз запропонованого ТП, проектування верстатного пристрою для операції.

У пояснювальній записці відображені результати вирішення задач розробки і моделювання технологічного процесу виготовлення деталі „Корпус диференціалу” та проектування верстатного пристрою.

## **2.1. Технологічний контроль якості креслення**

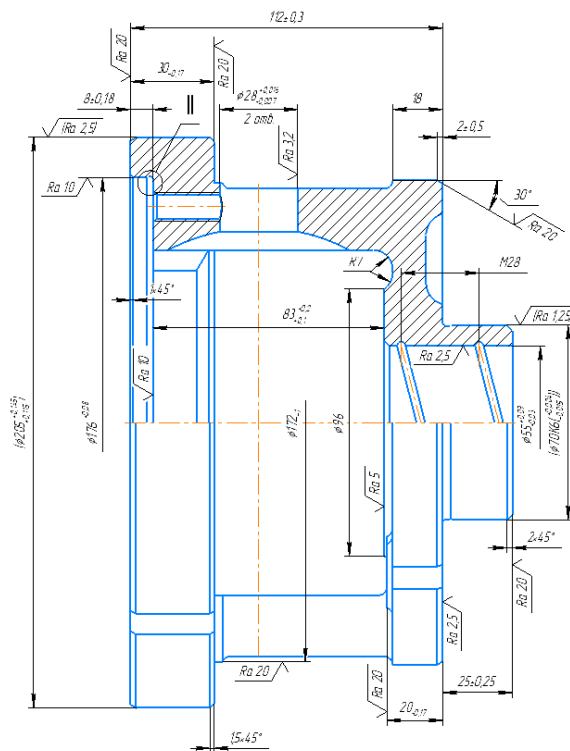
У результаті технологічного контролю креслення „Корпус диференціалу”, яке було видане як завдання на курсову роботу, виявлено наступне:

- на кресленні вказані всі розміри, необхідні для виготовлення деталі;
- шорсткість усіх поверхонь корпусу вказана відповідно до ГОСТ 2789-73;
- допуски і відхилення розмірів наведені відповідно до ГОСТ 25346-89 та ГОСТ 25347-82;
- допуски форми та розташування поверхонь вказані відповідно до ГОСТ 24643-81;
- вимоги до точності виготовлення поверхонь корпусу відповідають вимогам, які пред’явлені до шорсткості цих поверхонь.

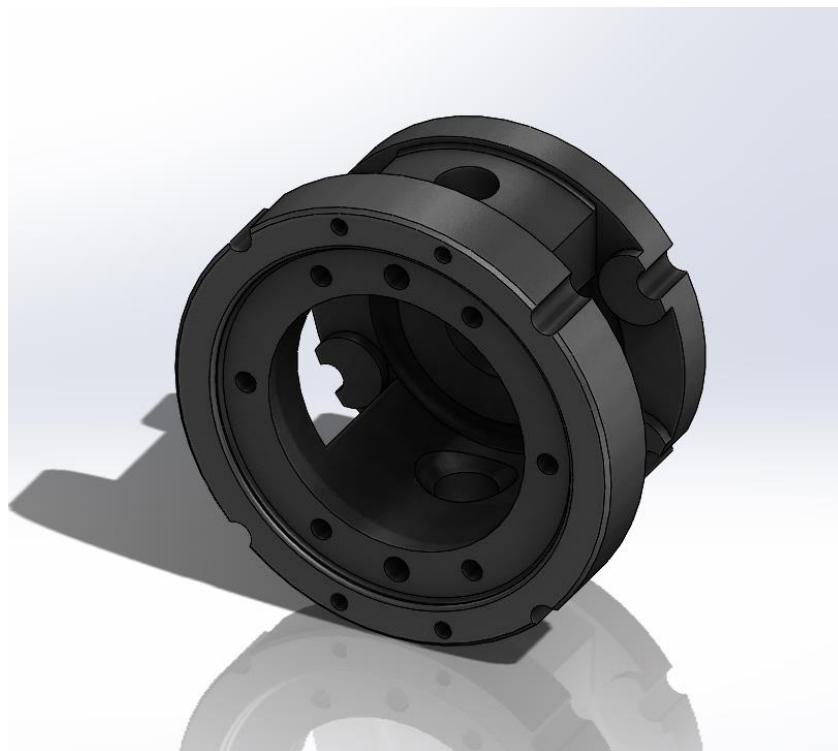
### **2.1.1. Аналіз службового призначення і умов її роботи у вузлі**

Відсутність складального креслення виробу затрудняє визначення службового призначення деталі, проте за функціональним призначенням „Корпус диференціалу” (рис.2.1) є базовою деталлю у вузлі, що служить для розміщення шестерного механізму, який передає обертання на ведучі колеса трактору и дає їм можливість обертатися з різними оборотами при постійних оборотах диференціалу.

При виготовленні корпусу необхідно приділити увагу конструкторській базі, якою є зовнішня циліндрична поверхня  $\varnothing 70_{\text{к6}}$ , внутрішня циліндрична поверхня  $\varnothing 176^{+0,08}$ . Деталь корпус виготовляють з сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.



**Рис. 2.1.** Деталь „Корпус диференціалу”



**Рис. 2.2.** 3Д модель деталі «Корпус диференціалу»

Хімічний склад та фізико-механічні властивості сірого чавуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 наведені в табл.2.1.

**Таблиця 2.1.** Хімічний склад та фізико-механічні властивості сірого чавуну марки СЧ20

| C, %                                                                                                                                                                                 | Si, %     | Mn, %     | S         | P   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----|
|                                                                                                                                                                                      |           |           | Не більше |     |
| 3,3...3,5                                                                                                                                                                            | 1,4...2,4 | 0,7...1,0 | 0,15      | 0,2 |
| - границя міцності при розтягуванні ( $\sigma_B^D$ ) – 200 МПа;<br>- границя міцності при стисканні ( $\sigma_A^{nd}$ ) – 940 МПа;<br>- твердість за Брінеллем (МПа) – 170...241 НВ. |           |           |           |     |

Чавун, як матеріал, характеризується антифрикційними властивостями, що здатний поглинати вібрації, але який не витримує великих ударних навантажень.

**Висновок:** Приймаючи до уваги те, що деталь в процесі експлуатації працює в нормальних умовах, не зазнає впливу агресивних середовищ та сприймає невеликі знакозмінні навантаження вказаний матеріал забезпечить виконання усіх вимог пред'явлених до деталі, а також матиме досить низьку собівартість її виготовлення.

### 2.1.2. Визначення типу виробництва

Тип виробництва - це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску продукції.

У відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 ЄСТПВ однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій ( $K_{30}$ ), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом місяця до кількості робочих місць та розраховується по формулі:

$$K_{3.0} = \frac{\sum_{i=1}^n TO}{\sum_{j=1}^m PM}, \quad (1.1)$$

де:  $\sum_{i=1}^n TO$  - число технологічних операцій,

$\sum_{j=1}^m PM$  - число робочих місць з різними операціями.

Оскільки на даному етапі розробки ще невідомі ні кількість всіх операцій, ні кількість робочих місць, то неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій. У той же час, тип виробництва може бути визначений на основі маси та річного обсягу випуску виробу або заданих завдань на курсовий проект. Визначимо тип виробництва згідно наступної таблиці (2.2.)

**Таблиця 2.2.** Допоміжна таблиця для орієнтовного визначення типу виробництва

| Тип виробництва | Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт. |                           |                          |
|-----------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|--------------------------|
|                 | Легкі, масою до 20 кг                                 | Середні, масою 20...30 кг | Важкі, масою більше 30кг |
| одиничне        | До 100                                                | До 10                     | 1...5                    |
| малосерійне     | 101...500                                             | 11...200                  | 6...10                   |
| середньосерійне | 501...5000                                            | 201...1000                | 101...300                |
| великосерійне   | 5001...50000                                          | 1001...5000               | 201...1000               |
| масове          | більше 50000                                          | більше 5000               | більше 1000              |

Отже, для деталі масою  $m=7,1$  кг та за річного обсягу випуску 10 000 штук можна прийняти великосерійний тип виробництва. Для великосерійного типу виробництва встановлено  $K_{30}$  в межах 1...10. Приймаємо  $K_{30}=4$ .

Тип виробництва визначає структуру технологічних процесів, форму їх організації, вибір металорізальних верстатів, інструментів, засоби проектування операцій, організацію роботи на виробництві.

Для великосерійного типу характерна не потокова форма організації виробництва. Виробничу ділянку організовують за принципом обробки конструктивно подібних деталей, наприклад дільниця корпусних деталей. На дільниці використовують спеціалізоване устаткування, у тому числі верстати з ЧПУ, розставлене в порядку виконання операцій.

Розмір партії деталей можна визначити по формулі:

$$n = \frac{N \cdot t}{F}, \text{ шт}$$

де: N - річна програма випуску деталей, N=10000 шт.;

t - кількість днів, на який необхідно мати запас деталей, t=5 днів;

F - кількість робочих днів у році, F=245 днів.

Підставивши у формулу (1.2) значення, одержимо:

$$n = \frac{10000 \cdot 5}{245} = 204 \text{шт.}$$

**Висновок:** Тип виробництва - великосерійний. Всі подальші технологічні рішення будемо виконувати для великосерійного типу виробництва з  $K_{30} = 4$ .

### 2.1.3. Опрацювання конструкції деталі на технологічність

Технологічність це властивості виробу, які забезпечують найбільшу простоту реалізації технологічного процесу.

Відпрацювання на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції за встановленими показниками, що спрямована на підвищення продуктивності праці, зниження затрат і скорочення часу на виготовлення виробу при забезпеченні її якості. Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції взагалі на основі досвіду і допускається на всіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовим показником і доцільна у тому випадку, коли ці показники сильно впливають на технологічність виробу.

В дипломному проекті частково використаємо обидва види оцінки.

## **2.2. Якісна оцінка технологічності конструкції**

Матеріал виробу – чавун марки СЧ20 ГОСТ 1412-85 має гарні ливарні властивості та добре оброблюється.

Поверхні, що обробляються є простими. При обробленні деталі не потрібно використовувати спеціальний різальний інструмент, всі

поверхні є легкодоступні. Забезпечується точне та надійне базування в процесі оброблення.

Аналіз технологічності конструкції корпусу дозволяє зробити наступні висновки:

- конструкція відрізняється високою жорсткістю, допускає високі режими різання та широке використання наборів інструментів;
- конструкція корпусу забезпечує вільний доступ різального та контрольного інструменту до поверхонь, що обробляються;
- всі оброблювані поверхні та отвори, або паралельні, або розміщені під прямим кутом один до одного;
- більшість поверхонь і отворів можуть бути оброблені стандартним інструментом.

### 2.3. Вибір заготовки та її техніко-економічне обґрунтування

У машинобудуванні для одержання заготовок найбільш широко застосовують лиття, оброблення металів тиском і зварювання, а також комбінації цих методів. Однак кожен з методів має велику кількість способів одержання заготовок. Найчастіше при виборі методу необхідно в першу чергу враховувати матеріал деталі та її призначення.

Заготовку будемо одержувати литвом, тому що чавун має добрі ливарні властивості. Виливки можна виготовляти у піщано-глинистих, оболонкових формах, кокілях, під тиском, відцентровим литвом, за моделями, які виплавляються тощо.

Враховуючи матеріал деталі та обсяг випуску 10000 деталей приймаємо спосіб виготовлення литвом в піщано-глинисті форми.

Мета обґрунтування методу отримання заготовки – знаходження найбільш економічно доцільного методу при визначеному типі виробництва, відомому матеріалі заготовки та вимог до якості виготовлення деталі.

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання чорнових заготовок з економічними конструкторськими формами, що забезпечують можливість використання найоптимальніших методів оброблення, тобто оброблення з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами виробництва. На вибір метода отримання заготовки впливають: матеріал деталі, її призначення

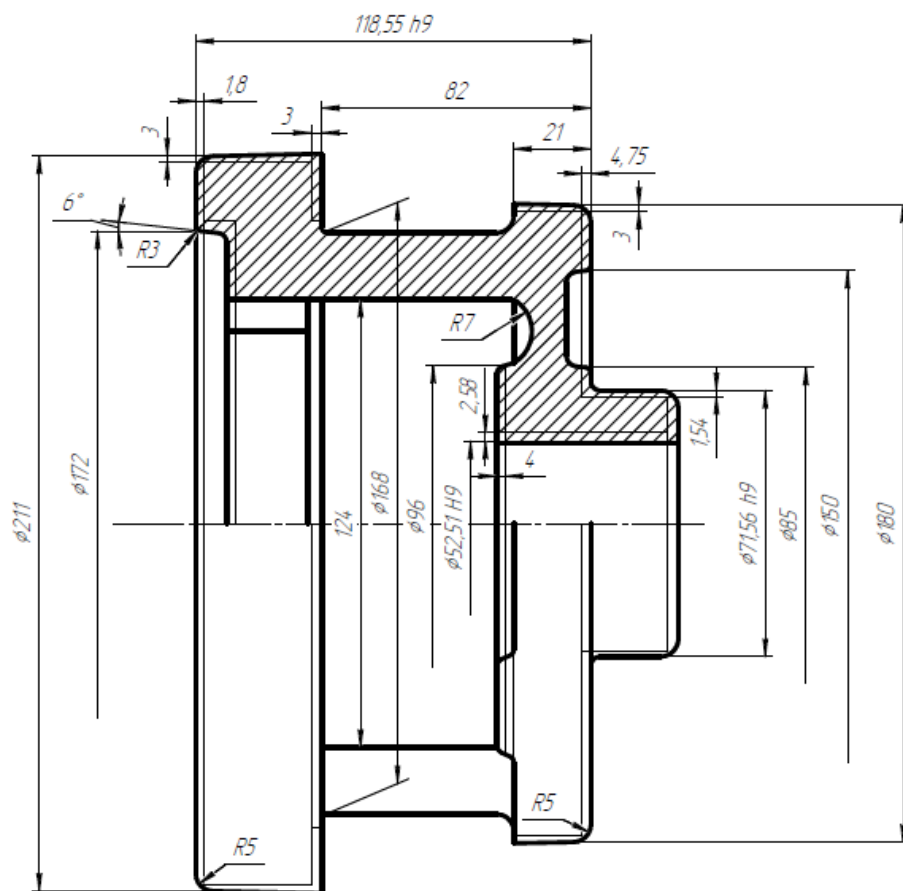
та технологічні вимоги на виготовлення, обсяг та серійність випуску, форма поверхонь та розміри деталі. Оптимальний метод отримання заготовки визначається на основі усестороннього аналізу вказаних факторів та техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі.

З огляду на розміри й матеріал корпусу, і найменшу вартість литво в піщано-глинисті форми, заготовку будемо одержувати литвом у форми з

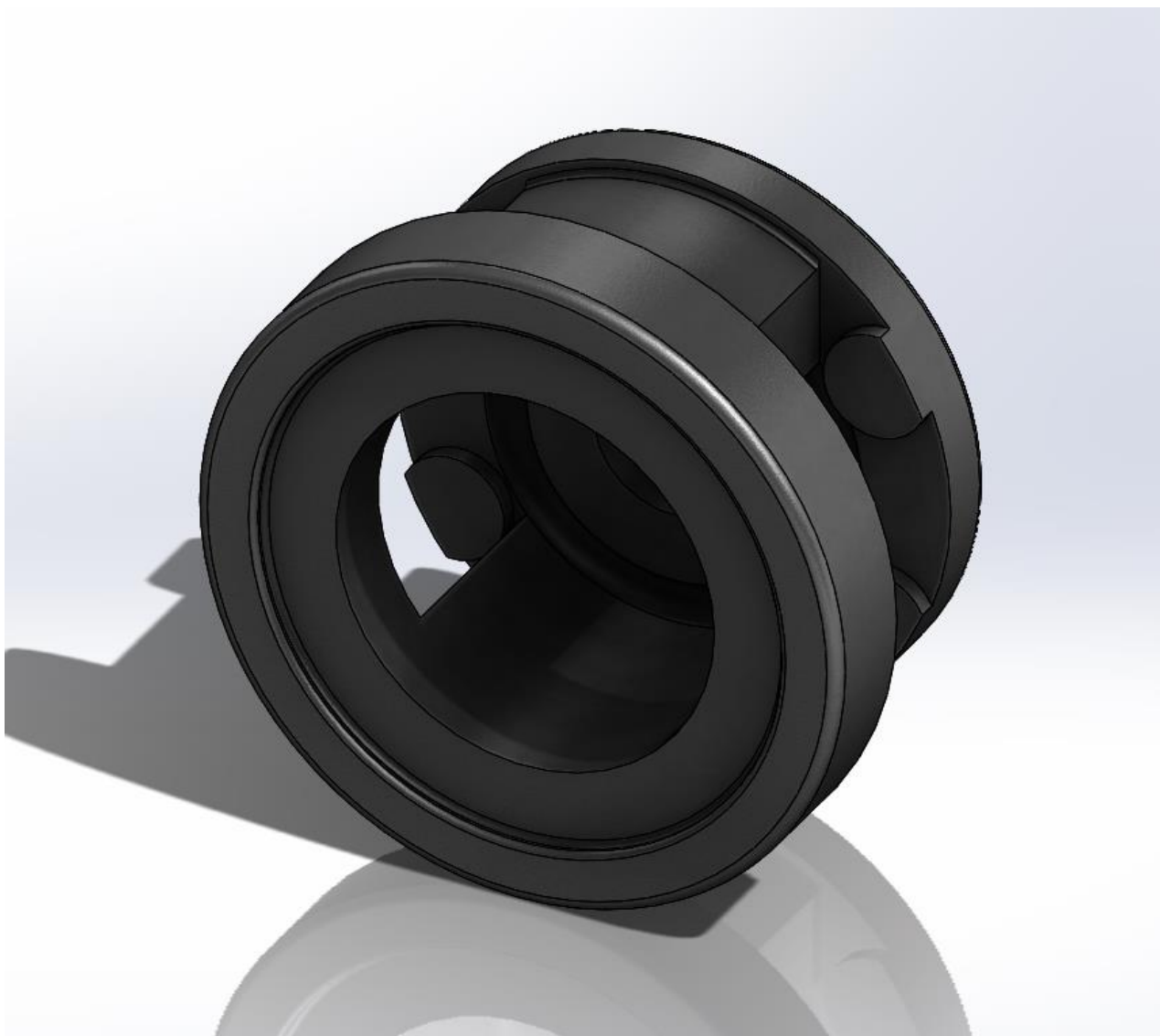
До переваг методу лиття в піщано-глинисті форми відносяться підвищена продуктивність, низька трудомісткість та собівартість процесу. Метод лиття в землю рекомендується в серійному та масовому виробництві складних за формою та тонкостінних деталей.

$$K_{im} = \frac{M_{\partial}}{M_3},$$
 $M_3=9,9 \text{ кг.}$ 

$$K_{im} = \frac{7,1}{9,9} = 0,71$$



**Рис. 2.3.** Заготовка деталі «Корпус диференціалу»



**Рис. 2.4.** 3Д модель заготовки деталі «Корпус диференціалу»

## **2.4. Проектування технологічного процесу деталі**

### **2.4.1 Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь**

Конструкцію деталі можна розділити на сукупність типових геометричних фігур, до поверхонь яких, згідно робочого креслення, висунуто певні вимоги щодо параметрів точності та якості.

Практикою машинобудівного виробництва накопичено виробничий досвід технологічних маршрутів (послідовностей) економічного оброблення типових поверхонь для забезпечення заданої точності розмірів та параметрів шорсткості робочих поверхонь.

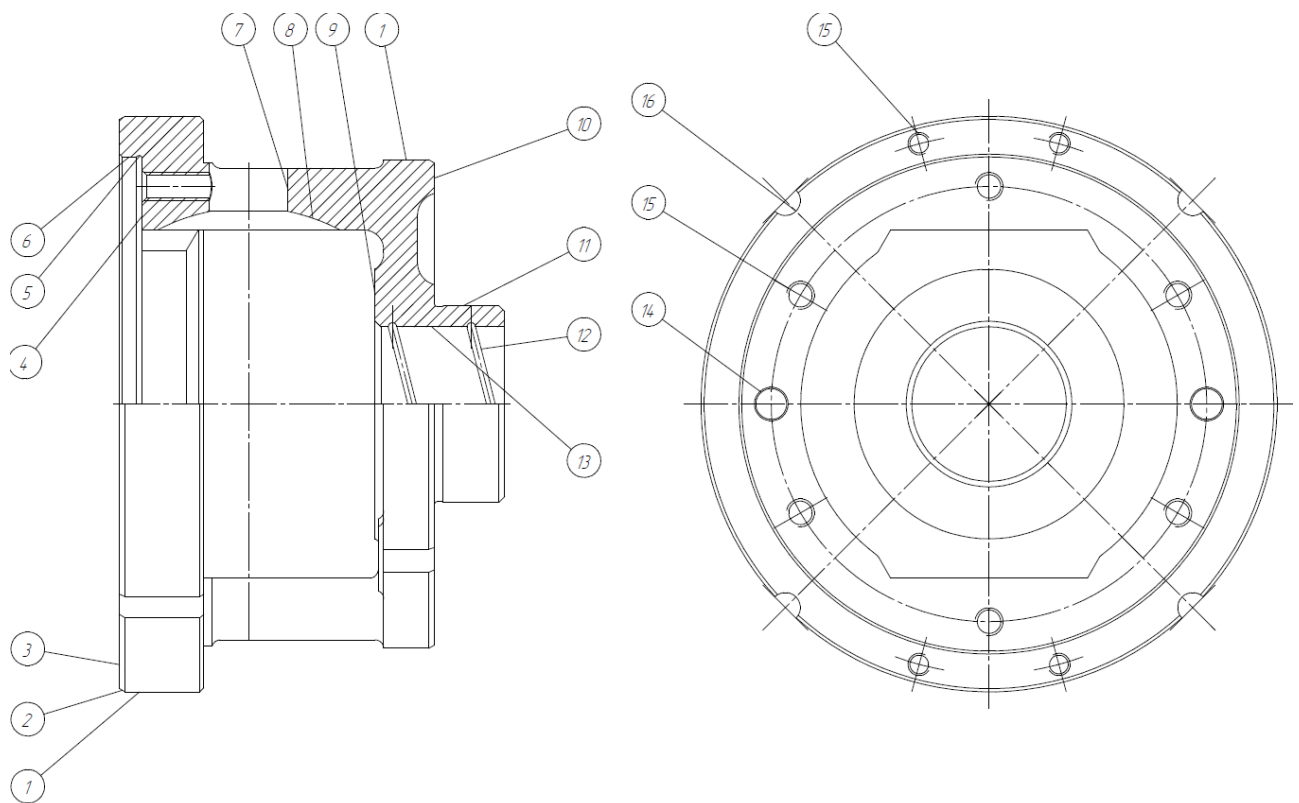
Практично всі технологічні довідники приводять такі послідовності. Типові технологічні маршрути (послідовності) оброблення поверхонь є рекомендаціями, які необхідно додатково аналізувати та уточнювати при технологічному проектуванні.

Маршрути оброблення поверхонь, економічна точність та шорсткість робочих поверхонь, що при цьому буде забезпечена наведено в табл.2.3 Поверхні, що обробляються деталі „Корпус диференціалу” вказані на рис.2.2.

**Таблиця 2.3. Маршрути оброблення елементарних поверхонь деталі  
„Корпус диференціалу”**

| Номер<br>поверхні | Вид поверхні                                      | Вид обробки                | Квалітет ІТ | Шорсткість,<br>Ra, мкм |
|-------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|-------------|------------------------|
| 1.                | Зовнішня циліндрична поверхня                     | Точіння чорнове            | 14          | 12,5                   |
|                   |                                                   | Точіння                    | 12          | 6,3                    |
|                   |                                                   | напівчистове               | 9           | 5                      |
|                   |                                                   | Точіння чистове            |             |                        |
| 2.                | Фаска                                             | Точіння<br>однократне      | 14          | 12,5                   |
| 3.                | Торцева поверхня                                  | Точіння чорнове            | 14          | 12,5                   |
|                   |                                                   | Точіння чистове            | 13          | 6,3                    |
| 4.                | Торцева поверхня                                  | Точіння чорнове            | 14          | 12,5                   |
|                   |                                                   | Точіння                    | 12          | 6,3                    |
|                   |                                                   | напівчистове               | 10          | 5                      |
|                   |                                                   | Точіння чистове            |             |                        |
| 5.                | Канавка                                           | Точіння<br>однократне      | 14          | 12,5                   |
| 6.                | Внутрішня циліндрична<br>поверхня                 | Точіння чорнове            | 14          | 12,5                   |
|                   |                                                   | Точіння чистове            | 10          | 6,3                    |
|                   |                                                   | Точіння тонке              | 9           | 5                      |
| 7.                | Внутрішня циліндрична<br>поверхня малого діаметру | Свердління                 | 14          | 12,5                   |
|                   |                                                   | Зенкерування               | 12          | 6,3                    |
|                   |                                                   | Розвертування              | 6           | 5                      |
| 8.                | Сферична поверхня                                 | Зенкерування               | 13          | 6,3                    |
| 9.                | Торцева поверхня                                  | Фрезерування<br>однократне | 12          | 12,5                   |

| Номер<br>поверхні | Вид поверхні                                      | Вид обробки                                                   | Квалітет IT    | Шорсткість,<br>Ra, мкм |
|-------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|----------------|------------------------|
| 10.               | Торцева поверхня                                  | Точіння чорнове<br>Точіння<br>напівчистове<br>Точіння чистове | 14<br>13<br>12 | 12,5<br>6,3<br>2,5     |
| 11.               | Зовнішня циліндрична поверхня                     | Точіння чорнове<br>Точіння<br>напівчистове<br>Точіння чистове | 14<br>12<br>9  | 12,5<br>6,3<br>3,2     |
| 12.               | Внутрішня кільцева поверхня                       | Точіння                                                       | 14             | 12,5                   |
| 13.               | Внутрішня циліндрична<br>поверхня                 | Точіння чорнове<br>Точіння чистове<br>Розвертування           | 14<br>12<br>9  | 12,5<br>6,3<br>5       |
| 14.               | Внутрішня циліндрична<br>поверхня малого діаметру | Свердління<br>Зенкерування<br>Розвертування                   | 14<br>12<br>8  | 12,5<br>6,3<br>3,2     |
| 15.               | Внутрішня різбова поверхня                        | Свердління<br>Нарізання різби                                 | 13<br>10       | 6,3<br>1,6             |
| 16.               | Напівкругла канавка                               | Фрезерування<br>однократне                                    | 12             | 12,5                   |



**Рис. 2.5.** Ескіз корпусу диференціалу із зазначеними поверхнями під обробку

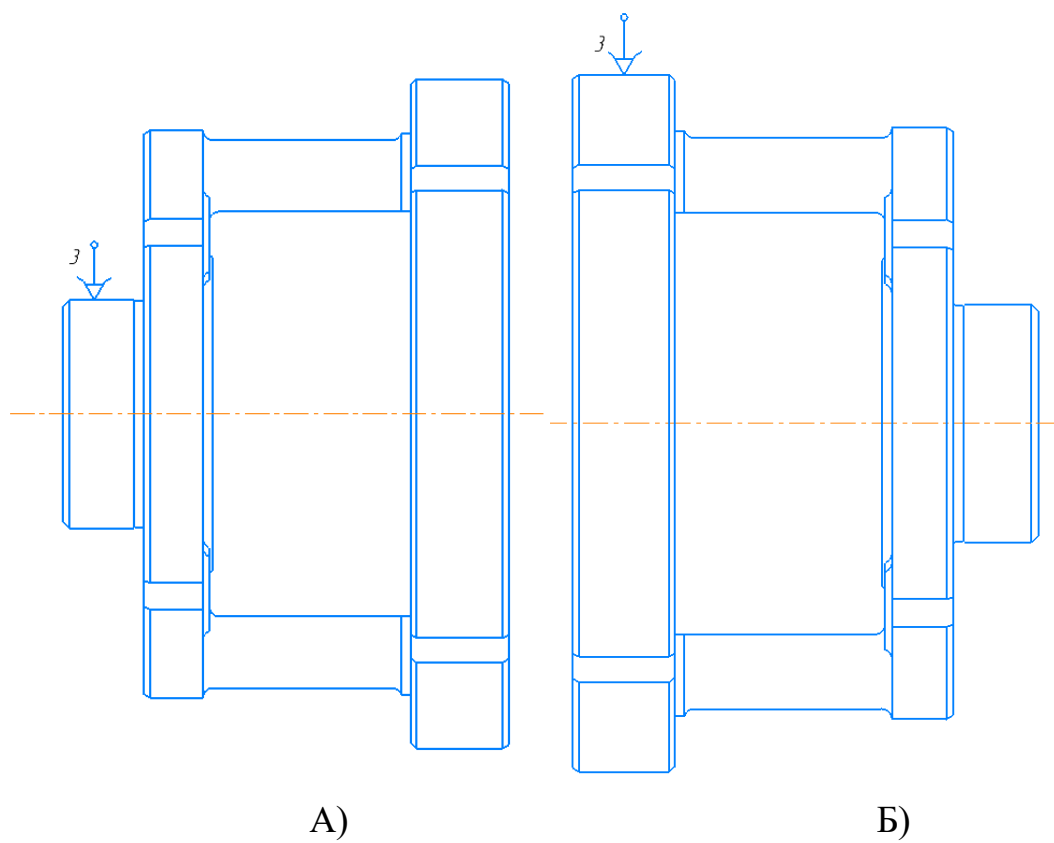
#### **2.4.2. Проектування технологічного процесу оброблення деталі „Корпус диференціалу”**

Від правильного вибору баз значною мірою залежить точність обробки деталі.

При виборі технологічних баз слід дотримуватися наступних правил:

- чорнові бази використовувати лише перших операціях;
- технологічні бази повинні бути точними та максимально протяжними;
- принцип суміщення баз;
- принцип сталості баз.

Базувати будемо за допомогою самоцентрівного трьохкулачкового патрона. Схеми базування:



**Рис. 2.6.** Схеми базування (а – перша установка, б – друга установка)

## 2.5. Вибір обладнання для виготовлення деталі

Для реалізації обробки деталі обираємо багатоцільовий верстат: токарно-револьверний обробляючий центр з ЧПУ HAAS ST-35.



**Рис. 2.7.** Токарно-револьверний обробляючий центр з ЧПУ HAAS ST-35

**Таблиця 2.4.** Характеристики обробляючого центру

| Переміщення по осях              | ST35 |
|----------------------------------|------|
| Вісь X, мм                       | 239  |
| Вісь Y, мм                       | -    |
| Вісь Z, мм                       | 826  |
| Макс. потужність, кВт            | 29.8 |
| Макс. швидкість обертання, об/хв | 3200 |

### 2.5.2. Розроблення та представлення маршрутного технологічного процесу

На даному етапі проектування необхідно розробити маршрутний технологічний процес оброблення деталі „Корпус диференціалу”. При цьому слід враховувати що, першими обробляються поверхні заготовки, які є базами на наступних етапах оброблення. При цьому слід врахувати,

що чорнове оброблення поверхонь необхідно виділити в окремі операції. Цим виправляють деформації поверхонь заготовки, що виникають внаслідок вирівнювання залишкових напружень, утворених зняттям значних припусків на чорновому етапі оброблення.

На чорнових операціях необхідно обробляти поверхні, які мають найбільший припуск, а також найбільш відповідальні поверхні.

Кожний наступний перехід або операція повинні підвищувати характеристики якості оброблюваних поверхонь.

Кріпильні поверхні заготовки необхідно обробляти за 3 етапи перед завершальним обробленням.

Завершальне, фінішне оброблення найбільш відповідальних поверхонь необхідно виконувати останніми технологічними переходами, так як це дає змогу компенсувати попередні похибки та виключає їх випадкове пошкодження.

У технологічному процесі необхідно передбачати операції контролю, які доцільно розміщувати між окремими операціями та перед виконанням відповідальних високо вартісних операцій, а також у кінці.

Маршрутний технологічний процес виготовлення деталі „Корпус диференціалу”:

**Таблиця 2.5.** Технологічний маршрут обробки деталі

| Операція           | Зміст операції                                                                                                                                              |
|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>005</b> Токарна | Проводимо обробку обробку зовнішніх та внутрішніх поверхонь деталі, торців та 4-х бобишок, обробляємо центральний отвір, торці та канавки на малому фланці. |

| <b>Операція</b>               | <b>Зміст операції</b>                                                                                                                     |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>010</b> Багатоцільова      | Проводимо свердління, зенкерування, розгортання отворів, нарізування різьби на великому фланці та свердлимо 4 канавки на великому фланці. |
| <b>015</b> Токарна            | Проводимо чорнову та чистову обробку зовнішніх поверхонь деталі та торця з іншої сторони, а також нарізаємо канавки.                      |
| <b>020</b> Спеціально-токарна | Зенкеруємо дві сферичні поверхні. Проводимо свердління, зенкерування, розгортання 2-х отворів.                                            |
| <b>025</b> Слюсарна           | Зачищення задирів після механічної обробки.                                                                                               |
| <b>030</b> Мийочна            | Миємо та сушимо деталь.                                                                                                                   |
| <b>035</b> Контрольна         | Проводимо контроль деталі.                                                                                                                |

## **2.6. Визначення припусків на механічну обробку**

Припуск - шар матеріалу, що необхідно видалити з поверхні заготовки, з метою отримання заданих властивостей поверхні деталі, що оброблюється. Припуск на оброблення поверхні може бути призначений за відповідними таблицями або на основі розрахунково-аналітичного методу визначення припуску.

Таблиці дозволяють призначити припуски незалежно від технологічного процесу оброблення деталі та умов його здійснення і тому в загальному випадку є дещо завищеними. Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на оброблення, розроблений проф. В.М. Кованом базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього переходу та того, що виконується. Значення припуску визначається методом диференційованого розрахунку за елементами, що

складають припуск. Цей метод передбачає розрахунок припусків за усіма технологічними переходами, що виконуються послідовно, їх сумування для визначення загального припуску та розрахунок проміжних розмірів, що визначають положення поверхонь заготовки та її розміри.

## 2.7. Аналітичний розрахунок припусків

|         |     |      |
|---------|-----|------|
| Отвір Ø | 176 | 0,08 |
|         |     | 0    |

**Заготовка - виливок 11 класу точності.**

**Матеріал - Чавун СЧ20 ГОСТ 1412-79.**

**Розрахунковою величиною є мінімальний припуск на обробку, достатній для усунення на переході похибок обробки і дефектів поверхневого шару, отриманих на попередньому переході, і компенсації похибок, що виникають на виконуваному переході.**

Мінімальний (двосторонній) припуск при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь дорівнює:

$$2z_{i \min} = 2[(Rz + H)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}],$$

де  $Rz_{i-1}$  — висота нерівностей профілю на попередньому переході;

$H_{i-1}$  — глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході (обезуглероджений або вибілений шар);

$\Delta_{\Sigma i-1}$  — сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, зносності, симетричності, перетину осей, позиційне) та в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  — похибка установки заготовки на переході.

Нормативні дані до розрахунку припусків беремо в «Довіднику технолога», [с.175-196].

**Таблиця 2.6.** Вихідні дані для розрахунку.

| Маршрут обробки        | Висота<br>нерівносте<br>йRz, мкм | Дефектни<br>й шар<br>Н, мкм | Допуск на<br>виготовлен<br>няТ,мкм | Граничні<br>відхилення,<br>мкм |             |
|------------------------|----------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|-------------|
|                        |                                  |                             |                                    | ES(es<br>)i                    | EI(ei<br>)i |
| 1.Заготовка            | 200                              | 300                         | 4400                               | 2200                           | 2200        |
| 2.Чорнова обробка      | 100                              | 100                         | 630                                | 1000                           | 0           |
| 3.Напівчистова обробка | 50                               | 50                          | 400                                | 260                            | 0           |
| 4.Чистова обробка      | 10                               | 5                           | 40                                 | 80                             | 0           |

Розрахунок сумарного відхилення розташування поверхонь  $\Delta_i$

1.Заготовка:

Відхилення розташування поверхонь виливки

$$\rho_k = 1500 \text{ мкм}$$

$$\Delta_{cm} = 1600 \text{ мкм}$$

$$\text{Сума} \quad \Delta_1 = \sqrt{\rho_k^2 + \Delta_{cm}^2} = 2193 \text{ мкм}$$

2. Чорнова обробка:

$$\text{Відхилення розташування поверхонь} \quad \rho_k = 250 \text{ мкм}$$

$$\text{Залишкові просторові відхилення} \quad \Delta_o = 0,05 * \Delta_1 = 110 \text{ мкм}$$

$$\text{Сума} \quad \Delta_2 = \sqrt{\rho_k^2 + \Delta_o^2} = 273 \text{ мкм}$$

3. Напівчистова обробка:

$$\text{Відхилення розташування поверхонь} \quad \rho_k = 100 \text{ мкм}$$

$$\text{Залишкові просторові відхилення} \quad \Delta_o = 0,03 * \Delta_1 = 66 \text{ мкм}$$

$$\text{Сума} \quad \Delta_3 = \sqrt{\rho_k^2 + \Delta_o^2} = 120 \text{ мкм}$$

4. Чистова обробка:

$$\text{Відхилення розташування поверхонь} \quad \rho_k = 40 \text{ мкм}$$

|                                 |                                             |       |
|---------------------------------|---------------------------------------------|-------|
| Залишкові просторові відхилення | $\Delta_o = 0,02 * \Delta_1 =$              | 44мкм |
| Сума                            | $\Delta_4 = \sqrt{\rho_k^2 + \Delta_o^2} =$ | 59мкм |

#### Визначення похибки установки $\varepsilon_{yi}$

*Обробка внутрішньої циліндричної поверхні Ø62 на перших 2-х переходах виробляється в 3-х кулачковому самоцентру патроні тому похибка установки для даних переходів дорівнює нулю.*

|                          |                      |        |
|--------------------------|----------------------|--------|
| 2. Чорнова обробка:      | $\varepsilon_{y2} =$ | 0мкм   |
| 3. Напівчистова обробка: | $\varepsilon_{y3} =$ | 0мкм   |
| 4. Чистова обробка:      | $\varepsilon_{y4} =$ | 100мкм |

На основі розрахунку проміжних припусків визначають граничні розміри заготовлі за всіма технологічними операціями (переходами). Проміжні розрахункові розміри встановлюють гаразд, зворотному ходу технологічного процесу обробки цієї поверхні, тобто. від розміру готової деталі до розміру заготовки шляхом послідовного додавання до вихідного розміру готової деталі проміжних припусків.

Максимальний припуск на обробку дорівнює:

$$2z_{i \max} = 2z_{i \min} + TD_{i-1} + TD_i;$$

де  $TD_{i-1}, TD_i$  — допуски розмірів на попередньому переході.

Номінальний припуск на обробку дорівнює:

$$2z_i = 2z_{i \min} + es_{Di-1} + ei_{Di};$$

де  $es_{Di-1}, ei_{Di}$  — граничні відхилення розмірів відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

Міжопераційний розмір дорівнює:

$$D_{i-1} = D_i - 2z_i;$$

де  $d_{i-1}$ ,  $d_i$  — номінальні розміри відповідно на попередньому та виконуваному переходах.

Загальні припуски  $z_{o \max}$  і  $z_{o \min}$  визначають як суму проміжних припусків на обробку.

Отвір діаметром  $176^{+0,08}$

**Таблиця 2.7.**

| Елементарна похибка деталі та технологічний маршрут її обробки | Елементи припуску, мкм |     |          |               | Розрахунковий припуск $2z_{\min}$ , мкм | Розрахунковий максимальний розмір, мм | Допуск на виготовлення | Граничний розмір, мм |            | Граничні значення припусків, мкм |             |
|----------------------------------------------------------------|------------------------|-----|----------|---------------|-----------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|----------------------|------------|----------------------------------|-------------|
|                                                                | Rz                     | h   | $\Delta$ | $\varepsilon$ |                                         |                                       |                        | $d_{\max}$           | $d_{\min}$ | $2z_{\max}$                      | $2z_{\min}$ |
| 1.Заготовка                                                    | 20                     | 300 | 2193     | -             | -                                       | 169,10                                | 4400                   | 169,10               | 164,70     | -                                | -           |
| 2.Чорн.оброб.                                                  | 10                     | 100 | 273      | 0,0           | 5386                                    | 174,49                                | 630                    | 174,49               | 173,86     | 9160                             | 5390        |
| 3.П/чист.оброб.                                                | 50                     | 50  | 120      | 0,0           | 946                                     | 175,44                                | 400                    | 175,44               | 175,04     | 1180                             | 950         |
| 4. Чист.                                                       | 10                     | 5   | 59       | 100           | 640                                     | 176,08                                | 40                     | 176,08               | 176,04     | 1000                             | 640         |
| $2z_{o \max \min} =$                                           |                        |     |          |               |                                         |                                       |                        |                      |            | 11340                            | 6980        |

Перевірка розрахунку:

$$Td_3 - Td_d = 4360 = 2z_{o \max} - 2z_{o \min} = 4360$$

## 2.8. Розрахунок режимів різання

Режими різання металів визначаються такими основними параметрами: глибиною різання, подачею та швидкістю різання.

Вихідними даними для виборів режимів різання є: дані про деталі, що виготовляється, і її заготівлі, дані про застосовуваний інструмент і обладнання.

Вибраний режим різання, скоригований за паспортними даними верстата, перевіряється за потужністю електродвигуна. Потужність, потрібна на різання, повинна бути меншою за ефективну потужність верстата.

Визначаємо режими обробки для операції: 020 Спеціально-токарна  
Верстат: HAAS ST-35

Потужність привода  $N_{\text{верст}} = 29.8$  кВт.

Ріжучий інструмент: свердло Ø25 Р6М5 ГОСТ 24359-80

1. Глибина різання:  $t = 15$  мм.

2. Визначаємо подачу:

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n = 0,2 \cdot 10 \cdot 150 = 300 \text{ мм / хв.}$$

3. Визначаємо швидкість різання

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

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} = \left( \frac{190}{220} \right)^{1,25} \cdot 0,8 \cdot 0,83 = 0,55$$

де  $K_v$  - поправочний коефіцієнт;

$K_{mv}$  - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовлі;

$K_{nv}$  - коефіцієнт, що враховує стан поверхні;

$K_{uv}$  - коефіцієнт враховує матеріал інструменту.

$$V = \frac{445 \cdot 25^{0,2}}{240^{0,32} \cdot 15^{0,15} \cdot 0,2^{0,35} \cdot 30^{0,2} \cdot 10^0} \cdot 0,55 = 48,03 \text{ м / хв.}$$

4. Визначаємо зусилля різання  $P_z$ :

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp}$$

$$K_{mp} = \left( \frac{HB}{190} \right)^n = \left( \frac{220}{190} \right)^1 = 1,15$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 15^{0,9} \cdot 0,2^{0,74} \cdot 30^1 \cdot 10}{25^1 \cdot 150^0} \cdot 1,15 = 2581,5 \text{ Н}$$

5. Визначаємо крутний момент на шпинделі:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{2581,5 \cdot 25}{2 \cdot 100} = 322,7 H \cdot m$$

6. Визначаємо потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{2581,5 \cdot 48,03}{1020 \cdot 60} = 2,02 кВт$$

## 2.9. Визначення норм часу

Для розрахунку використовуємо каталог на сайті фірми «Sandvik Coromant»

**Таблиця 2.8.** Норми часу на операції

| №оп | Операція           | То   | Тв   | Тшт    |
|-----|--------------------|------|------|--------|
|     |                    | хв   | хв   | хв     |
| 005 | Токарна            | 5,42 | 2,09 | 8,66   |
| 010 | Багатоцільова      | 4,29 | 0,86 | 5,62   |
| 015 | Токарна            | 2,6  | 0,76 | 3,67   |
| 020 | Спеціально-токарна | 1,12 | 0,25 | 1,51   |
| 025 | Слюсарна           | -    | -    | 1,08   |
| 030 | Мийочна            | -    | -    | 1,068  |
| 035 | Контрольна         | -    | -    | 1,806  |
|     | Усього:            |      |      | 23,417 |

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

#### 3.1. Опис пристрою та принципу його дії

Основним вихідними даними є:

1. Конструкторський документ на деталь і на її заготовку;
2. Технологічні документи операції;
3. Річна програма обсягу випуску деталей;
4. Характеристик верстатів;

Для виготовлення деталі «Корпус диференціалу» використовується 1 верстатний пристрій – патрон з пневматичним приводом (рис. 3.1.)



**Рис. 3.1.** Гідравлічний патрон UVE400K

Він не є стандартним для моделі ОЦ НААС ST-35, але підходить для його характеристик та забезпечує надійне кріплення деталі для обробки. Силу затиску контролює працівник.

### 3.2. Розрахунок необхідної сили затиску Q

Так як найбільші сили різання виникатимуть при обробці отворів на операції 020, тому розраховувати будемо з умови рівноваги заготовки при обробці цих отворів.

**Таблиця 3.1.** Вихідні дані

| Інструмент               | Свердло Ø25 мм |
|--------------------------|----------------|
| Подача, мм/хв            | 300            |
| Швидкість різання, м/хв  | 48             |
| Частота обертання, об/хв | 150            |
| Сила різання, Н          | 2581,5         |

Визначаємо потрібну силу затискача:

$$Q = \frac{K * P_z}{f_{оп} + f_{зм}} = \frac{2,808 * 2581,5}{0,2 + 0,2} = 18122,1 \text{ Н}$$

Де :

$f_{оп} = 0,2$  – коефіцієнт тертя опор з заготовкою

$f_{зм} = 0,2$  – коефіцієнт тертя затискних елементів з заготовкою

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 = 2.808$$

$K_0 = 1,5$  – гарантований коефіцієнт запасу

$K_1 = 1,2$  – неодночасна обробка

$K_2 = 1,3$  – затуплення різального інструменту

$K_3 = 1,2$  – безперервне різання

**Силовий розрахунок механізму:**

$i = 3.4$  – передавальне відношення механізму

$$W = \frac{Q}{i} = \frac{18122.1}{3.4} = 5329.7 \text{ Н} - \text{потрібна сила для закріплення}$$

## **4. Охорона праці**

### **4.1. Значення освітлення для робочої діяльності**

Посеред чинників зовнішнього середовища, що впливають на організм людини в процесі праці, світ посідає одне з перших місць. Адже зрозуміла річ що майже 90 % усієї інформації про довкілля особа одержує крізь органи зору. Підчас здійснення будь-якої трудової діяльності втомлюваність очей, в основному, залежить від напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття. До таких процесів належать:

- Адаптація - адаптація ока до зміни умов освітлювання у полі зору.
- Акомодація - адаптація ока до зрозумілого сприймання предметів, що знаходяться від нього на неоднаковій відстані, за розрахунок зміни кривизни кришталика.
- Конвергенція - вправність ока при розгляданні близьких предметів набувати місцезнаходження при якому зорові осі обох очей перетинаються на предметі.

Часта адаптація ока до зміни умов освітлювання, присутність різких тіней у полі зору, засліплювальна діяльність яскравих джерел світла втомлюють зір знижують його захисну реакцію - око втрачає контрастну чутливість і гостроту зору.

Це може спричинити професійні хвороби та негативно впливати на зростанню кількості нещасних випадків, а що довгота процесу адаптації ока залежно від різниці яскравостей і може продовжуватися 2-3 хв, при цьому в найневідкладнішу мить особа на ділі нічого не бачить.

світ впливає не лише на функцію органів зору, а й на діяльність організму в цілому. У разі поганого освітлювання особа швидко втомлюється, працює менш продуктивна, зростає потенційний ризик помилкових дій і нещасних випадків. відповідно до статистичних даних, до 5% травм можливо пояснити недостатнім або нераціональним освітленням, а в 20% воно сприяло виникненню травм.

Врешті, погане освітлювання може призвести до професійних захворювань, для прикладу таких як робоча міопія (короткозорість, судорога акомодатції). Для створення оптимальних умов зорової роботи слід урахувувати не лиш відсоток та рівень освітлювання а й кольорове оточення. Так, при світлому пофарбуванні інтер'єру в наслідок збільшенню кількості відбитого світла рівень освітленості підвищується на 20-40 %, різкість тіней зменшується, покращується рівномірність освітлення.

При надмірній яскравості джерел світла та предметів, що знаходяться у полі зору, можливо виникнути засліплення працівника. Нерівномірність освітлювання та неоднакова яскравість навколишніх предметів призводять до частой переадаптації очей під часи виконання роботи і, як результат цього, - до швидкого втомлення органів зору.

З огляду на поверхні, що добре освітлюються і перебувають у полі зору, скоріше фарбувати в кольори середньої світлості, коефіцієнт відбиття яких знаходиться в межах 0,3-0,6; не завадило б щоб вони мали матову альбо напівматову поверхню.

#### **4.2. Способи виміру освітленості приміщень**

Для вимірювання освітленості приміщень доведеться застосовувати професіональні приладдя який саме називається люксометром. Правило його роботи доволі елементарний отримуючи світловий потік на фоточутливий елемент, прилад перетворює світ в електричний струм який виводиться на відградуйовану в люксах шкалу амперметра.

### **Санітарно-гігієнічні норми рівня освітленості:**

- при люмінесцентному освітленні – 300 люкс;
- при освітленні лампами розжарювання – 150 люкс.

Коли ж показники освітленості не відповідають вищезазначеним вимогам, то це призводить до швидкої стомлюваності очей і до зменшення працездатності людини. У цьому випадку на робочому місці доведеться встановити додаткове місцеве освітлення.

### Список використаних джерел

1. ГОСТ 2789-73 Шорсткість поверхні. Параметри і характеристики.
2. ГОСТ 25346-89 Основні норми взаємо заміняемости. Єдина система допусків і посадок. Загальні положення, ряди допусків і основних відхилень.
3. ГОСТ 25347-82 Основні норми взаємозамінності. Єдина система допусків і посадок. Поля допусків і рекомендовані посадки.
4. ГОСТ 24643-81 Основні норми взаємозамінності. Допуски форми та розташування поверхонь. Числові значення.
5. Sandvik Coromant [Електронний ресурс]: каталог містить продукцію для металообробної промисловості-Електрон. дан. - Стокгольм, 2016.
6. Довідник технолога-машинобудівника в 2-х томах Т1. Під ред. А.Г. Косилов і Р.К. Мещерякова - 4-е изд. перероблене і доповнене - М.: Машинобудування. 1986. - 656 с.
7. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т., Т.2 / За ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова. - 4-е изд., Перераб. і доп. - М.: Машинобудування, 1986. - 496 с.
8. Довідник нормувальника-машинобудівника. / Под ред. Е. І. Стружестраха. - М.: Машгиз, 1961. - 890 с. Т. 2.
9. "Загальні нормативи режимів різання для технічного нормування робіт на металорізальних верстатах", частина 1, Нефедов Н.А, 1990. - 245 с.
10. Анурьев В. І. Довідник конструктора-машинобудівника: У 3 т. - 8-е изд., Перераб. і доп. Під ред. І. Н. Жесткова. - М.: Машинобудування, 2001. - 920 с.
11. ГОСТ 12.1.004-91 Система стандартів безпеки праці. Пожежна безпека. Загальні вимоги.
12. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвеев В.В.; Відп. ред. Писаренко Г.С. - 2-е изд., Перераб. і доп. - Київ: Наук. думка, 1988. - 736 с.

13. Основи охорони праці: Підручник. 3-є видання / К.М. Ткачук, М.О. Халімовській, В.В. Зацарний та ін. - К.: Основа, 2011. - 474 с.
14. Охорона праці та промислова безпека: Навч. посібн. / К.М. Ткачук, В.В. Зацарний, Р.В. Сабарно та ін. - К.: Лібра, 2010. - 560 с.
15. Родін П.Р. Металорізальні інструменти. Підручник для вузів. 3-і видання перероблений і доповнений - Київ: Вища школа. 1986р. - 455с.
16. Довідник технолога-машинобудівника в 2-х томах Т1. Під ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова - 4-і изд. перероблене й доповнене - М.: Машинобудування. 1986р. - 656 с.
17. Довідник технолога-машинобудівника В 2-х томах Т2. Під ред. А.Г. Косилової і Р.К. Мещерякова - 4-і изд. перероблене й доповнене - М.: Машинобудування. 1986р. - 496 с.
18. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени.: М.: Экономика. 1990г. – 206с.
19. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 2. Нормативы режимов резания.: М.: Экономика. 1990г. – 474 с.
20. Методичні вказівки та завдання для розрахунково-графічної роботи з дисципліни «ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ» для студентів спеціальності 7.090202 – «Технологія машинобудування».
21. Приходько В.П. Технологія верстатобудівного виробництва. Конспект лекцій (рукописне). Київ. НТУУ «КПІ». 2014р.