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

*Факультет інженерії машин, споруд та технологій*
(повна назва факультету )

*Інжинірингу машинобудівних технологій*
(повна назва кафедри)

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

*бакалавр*
(назва освітнього ступеня)

на тему: *Розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Важіль ПС 10.10.060»*

Виконав (ла): студент (ка) *4-го* курсу, групи *МП-41*
спеціальності *131 «Прикладна механіка»*
(шифр і назва спеціальності)

*Козак Б.О.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник *Комар Р.В.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль *Дячун А.Є.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри *Окіпний І.Б.*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2024

# ЗМІСТ

РЕФЕРАТ
ВСТУП
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА
1.1 Службове призначення та характеристики об’єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб
1.2 Аналіз базового технологічного процесу
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки
2.3 Вибір технологічних баз
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки
2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів
2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу
2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА
3.1 Вибір пристосувань для механічної обробки
3.2 Розрахунок параметрів вибраних пристосувань
3.3 Вибір методів і схем контролю параметрів виробу
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ
ВИСНОВКИ
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ
ДОДАТКИ

# РЕФЕРАТ

Козак Богдан Олександрович, група МП-41, кваліфікаційна робота бакалавра виконана на тему: «Розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі «Важіль ПС 10.10.060». Дана кваліфікаційна робота була виконана у Тернопільському національному технічному університеті ім. Івана Пулюя, під керівництвом к.т.н., доцента кафедри інжинірингу машинобудівних технологій Комара Романа Васильовича.

Метою кваліфікаційної роботи – розробка технологічного процесу та вибір засобів для його реалізації під час виготовлення деталі «Важіль ПС 10.10.060».

В основу завдання кваліфікаційної роботи ставилося розроблення технологічного маршруту механічного оброблення важеля. Попередньо була встановлена необхідність вибору більш досконалого способу виробництва заготовки для даної деталі. Відповідно до конструктивної специфіки заготовки необхідно вибрати певні операції механічної обробки, оснащення і обладнання для забезпечення проведення технологічних операцій такої механічної обробки. Пропоновані заходи покращення продуктивності і якості обробки необхідно обґрунтувати із техніко-економічної точки зору. Під час розроблення технологій оброблення необхідно було передбачити дотримання безпеки та охорони праці на виробництві.

Практична цінність даної кваліфікаційної роботи полягає у отриманому технологічному процесі виготовлення важеля. Дана робота складається із вступної частини, чотирьох розділів основних розробок, загального висновку, переліку використаних літературних та інтернет-ресурсів і додатків із матеріалів, які не увійшли до основної частини роботи. Загальний обсяг роботи містить 56 сторінок, розділ додатків – 20 сторінок. Графічна частина складає 5 листів формату А1.

Ключові слова: важіль, заготовка, технологія, механічне оброблення, точіння, свердління, фрезерування.

# ВСТУП

Потреба у виготовленні вибраної деталі, у даній роботі розглядається виробництво деталі «важіль», суттєво залежить від обраного конструкційного матеріалу, особливостей основних і допоміжних поверхонь, структури операцій технологічного процесу обробки відповідних поверхонь. Тому метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення, з точки зору раціональності, технологічного процесу виробництва заданої деталі.

Для реалізації завдань кваліфікаційної роботи потрібно провести аналіз вихідних даних, які визначають функціональне призначення деталі, її конструкційного матеріалу, вимог щодо якості і точності основних та другорядних поверхонь. Також необхідно проаналізувати типові процеси механічного оброблення деталей класу «важіль», систематизувати їх позитивні показники. Дані характеристики, поряд із вибором раціональної конструкції заготовки та методом її виробництва, будуть мати значний вплив на подальший маршрут обробки важеля та загальну собівартість оброблення.

У випадку зміни конструкції заготовки потрібно вибрати нові технологічні і установчі бази, провести визначення припусків на оброблювані поверхні із призначенням режимів оброблення та нормуванням технологічних переходів і операцій.

Завершальним етапом розробок, як правило, є техніко-економічне обґрунтування запропонованих рішень. Даний етап безпосередньо визначає ефективність проведених розробок щодо маршруту виготовлення деталі «Важіль ПС 10.10.060» для заданих виробничих умов.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Службове призначення та характеристики об’єкту виробництва. Аналіз технічних вимог на виріб

Деталь «Важіль ПС 10.10.060» є складовою насосу протруювача зерна ПС-10А. Даний виріб служить для перемикання потоків рідини, які проходять через насос, шляхом його провертання на підшипнику. На обох кінцях важеля болтовим з’єднанням фіксуються диски ПС 10.10.401 із діафрагмами ПС 10.10.003, що почергово перекривають вхідний і вихідний отвори корпуса насоса ПС 10.10.014.

Позначення поверхонь деталі показано на рисунку 1.1.

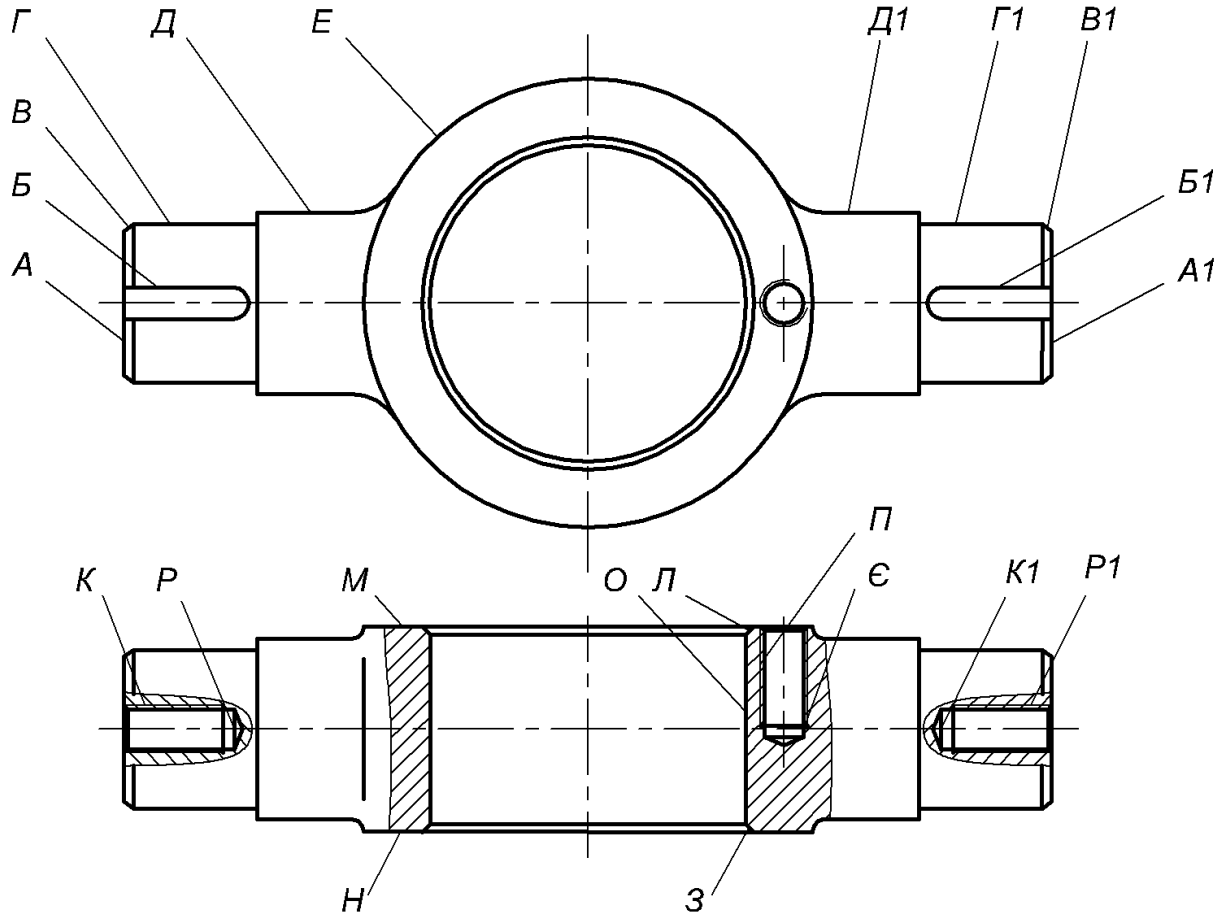



Рисунок 1.1 – Позначення оброблюваних і формоутворюючих поверхонь деталі «важіль ПС 10.10.060»

Отже, виходячи з конструктивного призначення, основними поверхнями важеля є поверхні *А, А1*, *Г*, *Г1, Е, О, М, Н*, які використовуються як установчі, центруючі і опорні. Поверхні *Б, Б1, В, В1, Д, Д1, З, Л, К, К1, Р, Р1, Є, П* – є допоміжними і призначені для встановлення і фіксації допоміжних і комплектних деталей вузла, використовуються якості технологічних баз, встановлюють форму і конструктивні особливості деталі.

Зокрема вимоги до поверхонь *М, Н* це допуск на торцеве биття не більше 0,01 мм. Відхилення від круглості поверхні *О* не більше 0,05 мм по діаметру, шорсткість *Ra* = 1,6 мкм. Поверхня *О* обробляється по 9-му квалітету точності.

Згідно технічних умов креслення основним матеріалом важеля є сталь 35. Характеристики щодо експлуатаційних та оброблюваних властивостей даного матеріалу описуються механічними показниками, які представлено таблицею 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Механічні показники сталі 35

| Марка | Характеристика | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\sigma_B$, МПа | $\sigma_T$, МПа | $\delta_5$, % | $\psi$, % | KCU, Дж/см$^2$ | HB |
| Сталь 35 | 529-531 | 310-316 | 19-21 | 43-44 | 67-68 | 150…175 |

Для аналізу технічних вимог, до оброблюваних поверхонь згідно креслення, зведемо їх у таблицю 1.2. Відповідно навпроти кожної із вимог запропонуємо спосіб забезпечення вимоги до поверхні і спосіб перевірки чи контролю.

Для другорядних та менш відповідальних поверхонь, які не потребують спеціальних умов та точності оброблення, вимоги щодо їх якості будуть визначатися характеристиками методу виробництва заготовки. Щодо загальної жорсткості виробу – то вона є задовільною і сприяє застосуванню таких поширених та типових способів оброблення як точіння, свердління, фрезерування. Причому немає необхідності у застосуванні дорогого чи

унікального обладнання чи оснастки, оскільки всі поверхні є доступними для стандартного інструменту. Можливі лише окремі проблемні моменти щодо закріплення заготовки у стандартних приспосібленнях на деяких операціях механічного оброблення. Відповідно виникає необхідність у виборі спеціальних пристроїв із можливістю установки заготовки на пальці і призми, а також використання самоцентруючих токарних патронів з відповідними установочними кулачками та центрів.

Таблиця 1.2 – Аналіз технічних умов

| Позначення | Технічна умова або вимога | Метод виконання | Метод контролю |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| *М, Н* | Торцеве биття не більше 0,01 мм; шорсткість *Rz* = 80 мкм | Точіння у спеціальному пристрої | Спеціальний контрольний пристрій, зразки шорсткості |
| *О* | Шорсткість *Ra* = 1,6 мкм; точність поверхні по 9-му квалітету; відхилення від циліндричності не більше 0,05 мм | Чистове точіння в спеціальному пристрої | Зразки шорсткості, шаблон, спеціальний контрольний пристрій |
| *Г, Г1* | Шорсткість *Rz* = 80 мкм; відхилення від круглості не більше 0,05 мм | Чистове точіння в центрах | Зразки шорсткості, шаблон, спеціальний контрольний пристрій |

## 1.2 Аналіз базового технологічного процесу

Технологія виробництва передбачає серійний випуск. Тому базовий технологічний процес має типовий маршрут обробки, який застосовується для важелів із подібними конструктивними особливостями.

Фактично базовий технологічний процес виробництва важеля має повну відповідність серійному виробництву, але враховуючи завдання кваліфікаційної роботи щодо розроблення технологічного процесу механічного оброблення важеля із можливістю вибору більш раціонального способу одержання заготовки, варто проробити більш доцільний маршрут оброблення.

Застосовувані конструкторсько-технологічні бази вибрані вірно, забезпечується принцип їх єдності та постійності. Проте попередньо можна зазначити, що базовий технологічний процес виготовлення важеля є недосконалим, оскільки він прив'язаний до того обладнання, яке наявне на підприємстві, яке хоч і забезпечує поставленні вимоги до якості, точності, шорсткості поверхонь отримуваної деталі, але прив'язує нас до конкретних умов виробництва. Відповідно базовий технологічний процес потребує подальшого розроблення, оскільки деякі операції технологічного процесу доцільно замінити на більш прогресивні, які б дозволили підвищити продуктивність обробки.

На першій операції механічної обробки базовою є циліндрична поверхня *Е* деталі, яка надалі не підлягає механічній обробці, відповідно доцільно забезпечити її точність на стадії виготовлення заготовки. Точність базування підвищується використанням попередньо оброблених поверхонь *А*, *А1 Г*, *Г1, М, Н, О*, а також центрувальних отворів, які надалі розсвердлюють ся у кріпильні з різьбою М12.

З точки зору зменшення собівартості виробу і затрат на попередню механічну обробку поверхні *О* можна не проводити свердління із наступним розточуванням. Це зменшить загальний час на обробку оскільки не потрібно буде переустановлювати деталь. Операції токарні з ЧПК доцільно проводити на токарному багато різцевому напівавтоматі, це зменшить затрати на утримання обладнання (напівавтомат забезпечує необхідну точність обробки, а значно дешевший за верстат з ЧПК). Операції вертикально-свердлильні доцільно проводити не на багатошпиндельному вертикально-свердлильному верстаті мод. 2С132, а на значно дешевшому мод. 2Н125, який може забезпечити

технологічні вимоги до поверхонь деталі. Це зменшить затрати на утримання обладнання, виробничу площу дільниці і підвищить коефіцієнт завантаження обладнання. Немає потреби у операції калібрування. Точність і геометричну форму отвору можна забезпечити токарною обробкою. Відповідно немає потреби і у пресі (П6324).

Інші операції можна залишити без змін, оскільки спосіб обробки і використовуване обладнання є таким, що задовольняють технічні вимоги.

### 1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Аналізом вихідних даних для виробництва важеля ПС 10.10.060 серед яких розглядалися функціональне призначення, технічні вимоги, способи оброблення встановлено, що конструкція виробу з точки зору технологічності є задовільною. Технології механічного оброблення не повинні мати ніяких труднощів у здійсненні та ресурсному забезпеченні. Основний матеріал деталі є доступним, не дорогим та забезпечує необхідні експлуатаційні і технологічні вимоги виробництва та обробки.

Відповідно було сформовано наступні задачі на кваліфікаційну роботу:

- вибір доцільнішого методу виробництва заготовки;
- розроблення маршруту механічного оброблення важеля відповідно до конструктивних особливостей нової заготовки;
- для реалізації операцій розробленого маршруту оброблення призначити режими оброблення, технічні норми часу і технологічне оснащення;
- обґрунтувати, з техніко-економічної точки зору, заходи щодо підвищення раціональності розроблюваного технологічного процесу;
- розробити комплекс заходів спрямованих на дотримання безпеки життєдіяльності та охорони праці на виробництві.

# 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

## 2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

У машинобудуванні застосовують такі основні типи виробництв:

- одиничний;
- серійний;
- крупносерійний;
- масовий.

Вихідні дані до роботи визначають програму виробництва на рівні 6 тис. шт. на рік. Відповідно це можна класифікувати як серійне виробництво. Щодо організаційної форми здійснення виробничих процесів – то передбачається групова і потокова. Потокове виробництво, як правило характеризує крупносерійний або масовий тип. Групове виробництво характерне для одиничних чи серійних програм. Відповідно виробництво деталей класу «важіль» із річною програмою випуску до 6 тис. шт. на рік буде характеризуватися груповою організаційною формою виробництва.

Для встановленого типу виробництва такт виготовлення [2] рівний відношенню фонду часу роботи верстатів ($F_д$ = 4015 год.) до заданої програми випуску ($N$ = 6000 шт.)

$$t_в = \frac{F_д \cdot 60}{N}, \tag{2.1}$$

$$t_в = \frac{4015 \cdot 60}{6000} = 40{,}15 \text{ хв.}$$

Необхідна кількість виробів для запуску виробництва [2] рівна відношенню добутку програми випуску на значення терміну, що передбачає наявність запасних деталей ($a$ = 5 днів) до річного часу роботи ($F$ = 250 днів)

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \tag{2.2}$$

$$n = \frac{6000 \cdot 5}{250} = 120 \text{ шт.}$$

## 2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

Спосіб отримання заготовки призначається на основі аналізу вихідних даних, технічних вимог до виробу, матеріалу та його механічних властивостей. Оскільки в якості матеріалу деталі розглядається конструкційна сталь 35 то, з урахуванням серійності виробництва, заготовку можна виготовити [3]:

а) куванням;

б) гарячим штампуванням.

Маючи такі вихідні дані як вага деталі ($q$); вага заготовки ($Q$); ціна тонни заготовок ($C_i$); ціна тонни відходів матеріалу заготовки ($S_{відх}$) і значення коефіцієнтів, які враховують виробничі умови ($K_T$, $K_C$, $K_B$, $K_M$, $K_O$ ) можна скористатися відомою методикою [3] розрахунку орієнтовної собівартості заготовки для вибраних способів її виробництва

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_O \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{відх}}{1000}, \tag{2.3}$$

Оскільки відомий матеріал заготовки, то можна прийняти значення його питомої густини ($\gamma$); передбачається механічне оброблення – тобто враховується коефіцієнт наявності припусків ($K_П$) в залежності від точності способу отримання заготовки; на основі робочого креслення деталі

встановлюється її об'єм ($V_д$). Відповідно можна розрахувати наближену вагу заготовки [3]

$$Q = \gamma \cdot K_П \cdot V_д, \tag{2.4}$$

Вартість заготовки згідно пропонованих способів виробництва:

а) кування:

$C_i$ = 29500 грн.; $S_{відх}$ = 9500 грн.

$K_T$ = 1; $K_C$ = 1,12; $K_B$ = 1,2; $K_M$ = 1; $K_O$ = 1; $K_П$ =1,2;

$q$ = 1,6 кг;

$Q = 7{,}8 \cdot 1{,}5 \cdot 322{,}1 = 3769$ г $\approx$ 3,8 кг.

$$S_{заг1} = \left(\frac{29500}{1000} \cdot 3{,}8 \cdot 1 \cdot 1{,}12 \cdot 1{,}2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}2\right) - (3{,}8 - 1{,}6) \cdot \frac{9500}{1000} = 159{,}89 \text{ грн.}$$

б) гаряче штампування:

$C_i$ = 36000 грн.; $S_{відх}$ = 9500 грн.

$K_T$ = 1; $K_C$ = 1,03; $K_B$ = 1,1; $K_M$ = 1; $K_O$ = 1; $K_П$ =1,09;

$q$ = 1,6 кг;

$Q = 7{,}8 \cdot 1{,}08 \cdot 322{,}1 = 2713$ г $\approx$ 2,7 кг.

$$S_{заг2} = \left(\frac{36000}{1000} \cdot 2{,}7 \cdot 1 \cdot 1{,}03 \cdot 1{,}1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1{,}09\right) - (2{,}7 - 1{,}6) \cdot \frac{9500}{1000} = 109{,}59 \text{ грн.}$$

Співставленням значень приблизної вартості заготовок по обох варіантах встановлено, що доцільнішим є спосіб отримання заготовки гарячим штампуванням. Порівняльний економічний ефект від застосування варіанту б) отримання заготовки буде становити

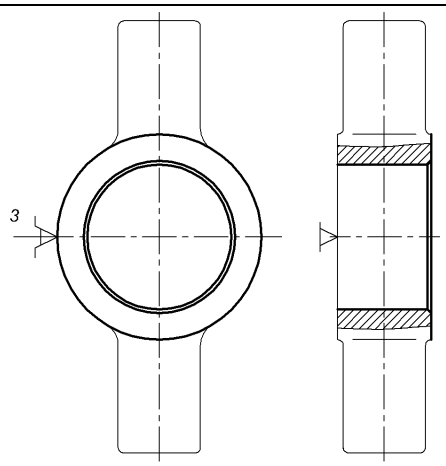
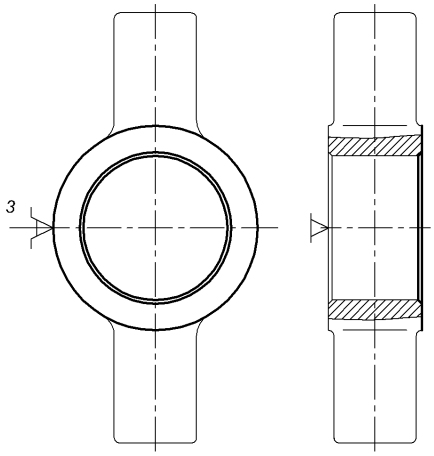
$$E_з = \left(S_{заг1} - S_{заг2}\right) \cdot N, \qquad (2.5)$$

$$E_з = (159{,}89 - 109{,}59) \cdot 6000 = 301800 \text{ грн.}$$

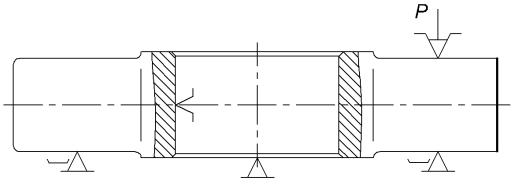
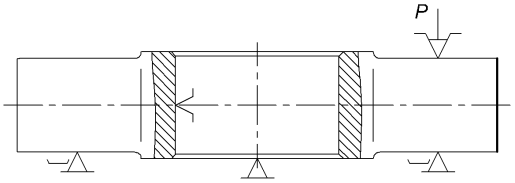
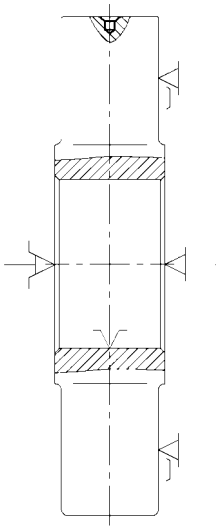
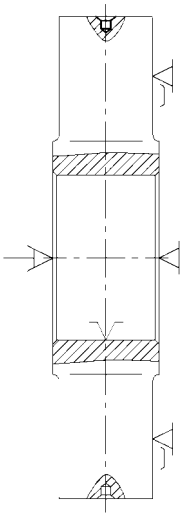
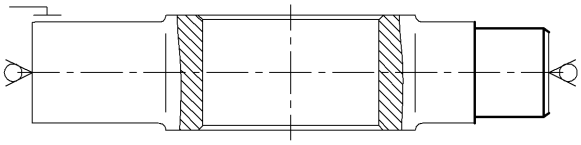
## 2.3 Вибір технологічних баз

Технологічні бази призначаємо відповідно позначень оброблюваних і формоутворюючих поверхонь деталі «важіль ПС 10.10.060» на рисунку 1.1. Схеми вибору технологічних баз показано у таблиці 2.1.

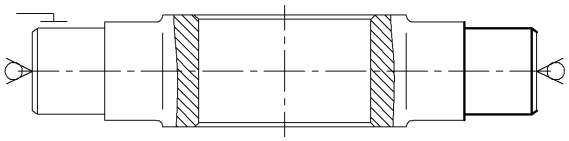
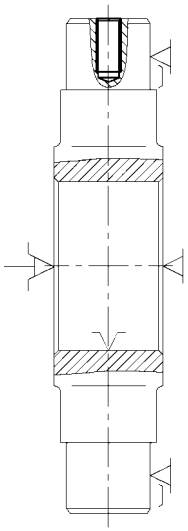
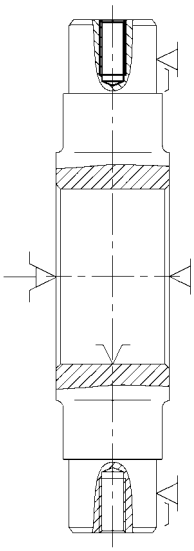
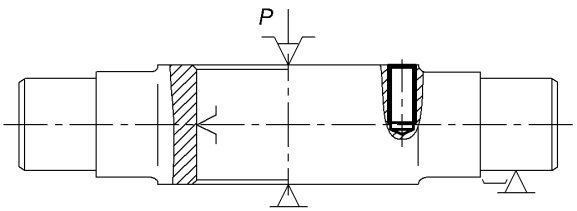
Таблиця 2.1 – Схеми вибору технологічних баз «важеля ПС 10.10.060»

| Порядок обробки | Оброблювана поверхня | Технологічна база | Схема базування і закріплення |
|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 1 | М, Л, О | Н, Е |   |
| 2 | Н, З | М, Е |   |

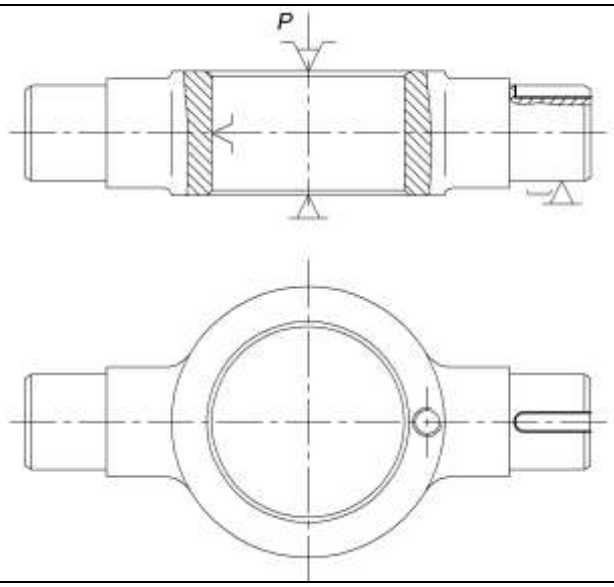
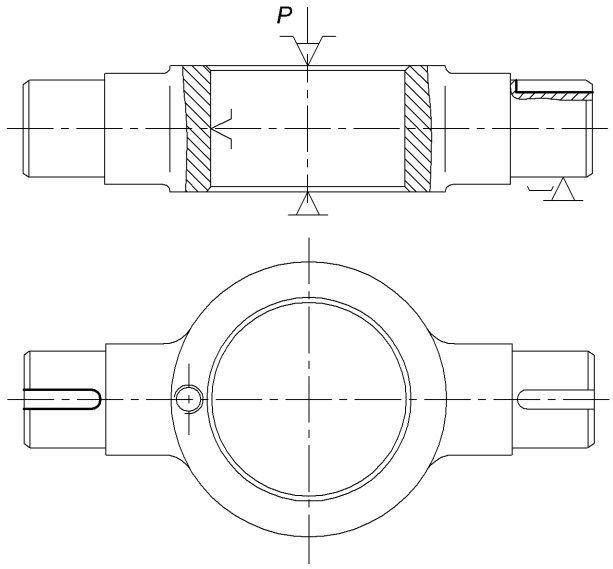
Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 3 | А | Н, Д, Д1 |  |
| 4 | А1 | М, Д, Д1 |  |
| 5 | К | Н, Д, Д1, О |  |
| 6 | К1 | М, Д, Д1, О |  |
| 7 | Г, В | К, К1 |  |

Продовження таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 8 | Г1, В1 | К, К1 |  |
| 9 | К, Р | Г, Г1, Н, О |  |
| 10 | К1, Р1 | Г, Г1, М, О |  |
| 11 | П, Є | М, Г, О |  |

Закінчення таблиці 2.1

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| 12 | Б | М, О, Г |  |
| 13 | Б1 | Н, О, Г1 |  |

## 2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

Використовувані позначення оброблюваних і установочних поверхонь прийняті згідно рисунку 1.1. Для вибору певного варіанту маршруту обробки розглянемо два найбільш оптимальних, які базуються на прийнятій конструкції заготовки і не передбачають суттєвої зміни конструкції деталі.

Розглянуті варіанти оброблення заготовки представлені у таблицях 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.2 – Варіант 1 маршруту механічного оброблення

| № операції | Назва операції, переходу | Оброблювані поверхні | Базові поверхні | Обладнання мод. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 005 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити отвір попередньо | *О* | *Е, М* | 2*С*132 |
| 010 | Токарна з ЧПК<br>1. Підрізати торець<br>2. Розточити отвір із зняттям фаски<br>3. Переустановити деталь<br>4. Підрізати торець із зняттям фаски | *М, Н, О, З, Л* | *Е, М, Н* | 16*К*30*Ф*3 |
| 015 | Вертикально-фрезерна<br>1. Фрезерувати торець<br>2. Переустановити деталь<br>3. Фрезерувати торець | *А, А1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 6*Н*10 |
| 020 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити центрувальний отвір<br>2. Переустановити деталь<br>3. Свердлити центрувальний отвір | *К, К1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 2*С*132 |
| 025 | Токарна з ЧПК<br>1. Попередньо обточити поверхню<br>2. Точити поверхню начисто із зняттям фаски<br>3. Переустановити деталь<br>4. Попередньо обточити поверхню<br>5. Точити поверхню начисто із зняттям фаски | *Г, Г1, В, В1* | *К, К1* | 16*К*30*Ф*3 |
| 030 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити отвір<br>2. Нарізати різьбу<br>3. Переустановити деталь<br>4. Свердлити отвір<br>5. Нарізати різьбу | *К, К1, Р, Р1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 2*С*132 |

Закінчення таблиці 2.2

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 035 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити отвір<br>2. Нарізати різьбу | *П,Є* | *М, Н, Г1, О* | 2*С*132 |
| 040 | Вертикально-фрезерна<br>1. Фрезерувати паз<br>2. Переустановити деталь<br>3. Фрезерувати паз | *Б, Б1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 6*Н*10 |
| 045 | Калібрування<br>1. Калібрувати отвір | *О* | *М, Е* | *П*6324 |
| 050 | Слюсарна<br>1. Зняти заусениці | мех. обробл. | — | — |
| 055 | Промивка<br>1. Промити виріб | — | — | 2*М*2 |
| 060 | Контрольна<br>1. Загальний контроль | — | — | *ПР*1466 |

Таблиця 2.3 – Варіант 2 маршруту механічного оброблення

| № операції | Назва операції, переходу | Оброблювані поверхні | Базові поверхні | Обладнання мод. |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 005 | Токарна<br>1. Підрізати торець<br>2. Розточити отвір із зняттям фаски<br>3. Переустановити деталь<br>4. Підрізати торець із зняттям фаски | *М, Н, О, З, Л* | *Е, М, Н* | 1*А*720 |
| 010 | Вертикально-фрезерна<br>1. Фрезерувати торець<br>2. Переустановити деталь<br>3. Фрезерувати торець | *А, А1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 6*Н*10 |

Закінчення таблиці 2.3

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|
| 015 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити центрувальний отвір<br>2. Переустановити деталь<br>3. Свердлити центрувальний отвір | *К, К1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 2*Н*125 |
| 020 | Токарна<br>1. Попередньо обточити поверхню<br>2. Точити поверхню начисто із зняттям фаски<br>3. Переустановити деталь<br>4. Попередньо обточити поверхню<br>5. Точити поверхню начисто із зняттям фаски | *Г, Г1, В, В1* | *К, К1* | 1*А*720 |
| 025 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити отвір<br>2. Нарізати різьбу<br>3. Переустановити деталь<br>4. Свердлити отвір<br>5. Нарізати різьбу | *К, К1, Р, Р1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 2*Н*125 |
| 030 | Вертикально-свердлильна<br>1. Свердлити отвір<br>2. Нарізати різьбу | *П,Є* | *М, Н, Г1, О* | 2*Н*125 |
| 035 | Вертикально-фрезерна<br>1. Фрезерувати паз<br>2. Переустановити деталь<br>3. Фрезерувати паз | *Б, Б1* | *М, Н, Г, Г1, О* | 6*Н*10 |
| 040 | Слюсарна<br>1. Зняти заусениці | мех. обробл. | — | — |
| 045 | Промивка<br>1. Промити виріб | — | — | 2*М*2 |
| 050 | Контрольна<br>1. Загальний контроль | — | — | *ПР*1466 |

З точки зору зменшення собівартості виробу і затрат на попередню механічну обробку поверхні *О* можна не проводити свердління із наступним розточуванням, а тільки розточуванням із забезпеченням кінцевого розміру. Це

зменшить загальний час на обробку оскільки не потрібно буде переустановлювати інструмент але дані операції потрібно передбачити на стадії виготовлення заготовки. Операції токарні з ЧПК доцільно проводити на токарному багато різцевому напівавтоматі, це зменшить затрати на утримання обладнання (напівавтомат забезпечує необхідну точність обробки, а значно дешевший за верстат з ЧПК). Це ж і стосується фрезерної операції з ЧПК. Вертикально-свердлильні операції доцільно проводити не на багатошпиндельному вертикально-свердлильному верстаті мод. 2С132, а на значно дешевшому мод. 2Н125, який може забезпечити технологічні вимоги до поверхонь деталі. Операція 050 (калібрування) є недоцільною, оскільки якість і точність отвору можна забезпечити точінням без наступного калібрування.

Відповідно у другому варіанті технологічного процесу виготовлення корпуса окреме обладнання було замінено більш однотипним і дешевшим, яке проте забезпечує необхідну точність обробки, що дозволить підвищити продуктивність і знизити собівартість механічної обробки. Ці заходи зменшать затрати на утримання обладнання, виробничу площу дільниці і підвищить коефіцієнт завантаження обладнання.

Отже для подальшої розробки приймаємо другий варіант технологічного процесу виготовлення деталі «важіль ПС 10.10.060».

## 2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Встановити припуски на механічне оброблення можна табличним методом або розрахунковим [3]. Перший варіант є більш доцільним і продуктивним, другий – більш точним і трудомістким. Відповідно для отримання точніших значень припуску на відповідальну поверхню доцільно використати розрахунковий метод, а на інші поверхні деталі – табличний. Однією із відповідальних поверхонь важеля, яка потребує точних значень припуску є циліндрична поверхня *Г*, згідно позначень рисунку 1.1 і дзеркально

симетрична їй поверхня *Г1*. Розрахунок припуску достатньо провести згідно одних розмірних значень, оскільки згідно креслення *Г* = *Г1* = ∅42,93 ($_{-0,19}$) мм.

Для забезпечення вище вказаного розміру технологія оброблення передбачає такі операційні переходи:

1. попереднє точіння (чорнове);
2. чистове точіння.

Відповідно припуски [3]:

заготовка: $R_z = 150$ мкм; $T = 250$ мкм;

1. Точіння чорнове: $R_z = 100$ мкм; $T = 100$ мкм;
2. Точіння чистове: $R_z = 30$ мкм; $T = 30$ мкм.

Оброблення здійснюється у центрах, відповідно просторові відхилення при такому базуванні враховують безпосередньо короблення поверхні заготовки ($\rho_{кор}$), загальне можливе зміщення заготовки ($\rho_{зм}$) і зміщення під час центрування ($\rho_ц$):

$$\rho_з = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2 + \rho_ц^2}\ . \qquad (2.6)$$

Можливе короблення поверхні враховує питоме короблення ($\Delta_к$) і загальну довжину поверхні ($L$)

$$\rho_{кор} = \Delta_k \cdot L\,, \qquad (2.7)$$

При $\Delta_к = 1{,}5$ мкм [3]; $L = 164$ мм короблення поверхні

$$\rho_{кор} = 1{,}5 \cdot 164 = 246 \text{ мкм.}$$

Загальне можливе зміщення заготовки рівне допуску ($\delta_з$) на заготовку

$$\rho_{см} = \delta_з = 1600 \text{ мкм.}$$

Зміщення під час центрування

$$\rho_ц = \sqrt{(\delta_3/2)^2 + 0{,}25^2} = \sqrt{0{,}8^2 + 0{,}25^2} = 0{,}84 = 840 \text{ мкм.}$$

Відповідно

$$\rho_з = \sqrt{246^2 + 1600^2 + 840^2} = 1824 \text{ мкм.}$$

Просторові відхилення після обох переходів

$$P1 = 0{,}05\rho_з = 0{,}05 \cdot 1824 = 91 \text{ мкм;}$$

$$P2 = 0{,}05P1 = 0{,}05 \cdot 91 = 5 \text{ мкм.}$$

Похибка оброблення при встановленні заготовки в центрах $\varepsilon = 0$ мкм.

Мінімальні значення міжопераційних припусків [3]

$$2Z_{\min} = 2(R_{Zi-1} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \qquad (2.8)$$

Мінімальний припуск на оброблення

$$2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 1824) = 2 \cdot 2224 \text{ мкм;}$$

$$2Z_{\min 2} = 2(100 + 100 + 91) = 2 \cdot 291 \text{ мкм.}$$

Значення розрахункових діаметральних розмірів ($d_p$) етапів оброблення (по технологічних переходах)

$$d_{p2} = 42{,}740 \text{ мм};$$

$$d_{p1} = 42{,}740 + 0{,}582 = 43{,}322 \text{ мм};$$

$$d_{pЗАГ} = 43{,}322 + 4{,}448 = 47{,}770 \text{ мм}.$$

Граничний розмір ($d_{\min}$) заготовки і виробу (по переходах)

$$d_{\min ЗАГ} = 47{,}8 \text{ мм};$$

$$d_{\min 1} = 43{,}32 \text{ мм};$$

$$d_{\min 2} = 42{,}74 \text{ мм}.$$

Граничний розмір ($d_{\max}$) заготовки і виробу (по переходах)

$$d_{\max ЗАГ} = 47{,}8 + 1{,}6 = 49{,}4 \text{ мм};$$

$$d_{\max 1} = 43{,}32 + 0{,}4 = 43{,}72 \text{ мм};$$

$$d_{\max 2} = 42{,}74 + 0{,}19 = 42{,}93 \text{ мм}.$$

Мінімальні $2z_{\min}^{пр}$ і максимальні $2z_{\max}^{пр}$ граничні значення припусків

$$2z_{\max 2}^{пр} = 42{,}72 - 41{,}93 = 0{,}79 \text{ мм} = 790 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 1}^{пр} = 49{,}4 - 43{,}72 = 5{,}68 \text{ мм} = 5680 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 2}^{пр} = 43{,}32 - 42{,}74 = 0{,}58 \text{ мм} = 580 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{пр} = 47{,}8 - 43{,}32 = 4{,}48 \text{ мм} = 4480 \text{ мкм}.$$

Значення номінального припуску на оброблення

$$z_{0ном} = z_{0\min} + H_З - H_Д = 5060 + 800 - 190 = 5670 \text{ мкм}.$$

Розмір заготованки (номінальний)

$$d_{Зном} = d_{Дном} + z_{оном} = 42{,}93 + 5{,}67 = 49{,}6 \text{ мм}.$$

Перевірка вірності проведених розрахунків

$$z_{\max 2}^{пр} - z_{\min 2}^{пр} = \delta_1 - \delta_2;$$

$$790 - 580 = 400 - 190;$$

$$210 = 210.$$

$$z_{\max 1}^{пр} - z_{\min 1}^{пр} = \delta_3 - \delta_1;$$

$$5680 - 4480 = 1600 - 400;$$

$$1200 = 1200.$$

– що підтверджує вірність проведених розрахунків.

Таблиця 2.4 – Значення припусків поверхонь *Г*, *Г1* ∅42,93 ($_{-0,19}$) мм

| Технологічні переходи обробки | Елементи припуску, мкм | | | | Розрахунковий припуск $2Z_{min}$ | Розрахунковий розмір dp, мм | Допуск $\delta$ , мкм | Граничний розмір | | Граничні значення припусків, мкм | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_Z$ | $T$ | $\rho$ | $\varepsilon$ | | | | $d_{min}$ | $d_{max}$ | $2Z_{min}^{пр}$ | $2Z_{max}^{пр}$ |
| Заготовка | 150 | 250 | 1824 | – | – | 47,77 | 1600 | 47,8 | 49,4 | | |
| 1. Точіння чорнове | 100 | 100 | 91 | _ | 4448 | 43,332 | 400 | 43,32 | 43,72 | 4480 | 5680 |
| 2. Точіння чистове | 30 | 30 | | _ | 582 | | 190 | 42,74 | 42,93 | 580 | 790 |
| | | | | | | | | | | 5060 | 6470 |

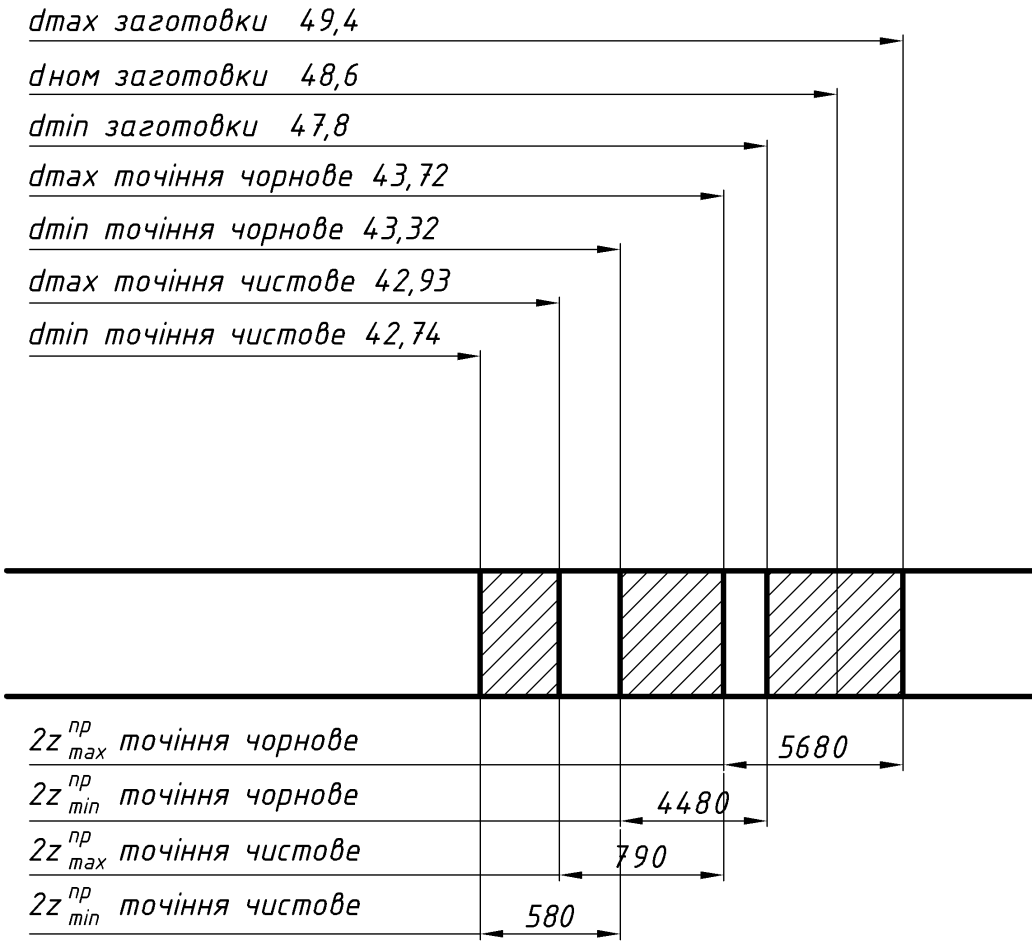



Рисунок 2.1 – Схематичне положення припусків і допусків при обробленні поверхонь *Г*, *Г1* ∅42,93 ($_{-0,19}$) мм

## 2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів

Всі технологічні переходи маршруту механічної обробки деталі забезпечуються стандартним інструментом і засобами контролю. Проте необхідний спеціальний пристрій для контролю вимог креслення щодо поверхонь *М, Н* це допуск на торцеве биття не більше 0,01 мм. Відхилення від круглості поверхні *О* не більше 0,05 мм по діаметру. Відповідно оснащення для механічного оброблення і контролю призначаємо згідно довідникових рекомендацій [9, 10], результати узагальнюємо у вигляді таблиці.

Таблиця 2.5 – Різальний і вимірювальний інструмент

| № операції | Назва операції | Інструмент | |
|---|---|---|---|
| | | різальний | вимірювальний |
| 1 | 2 | 3 | 4 |
| 005 | Токарна | різець (перехід 1) 2102-0191 Т15К6 ГОСТ 21151-75; різець (перехід 2) 2102-0192 Т15К6, 2102-0193 Т15К6 ГОСТ 21151-75; різець (перехід 4) 2102-0194 Т15К6 ГОСТ 21151-75. | штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; пробка ∅80*H*9 ГОСТ 14815-69; зразки шорсткості |
| 010 | Вертикально-фрезерна | фреза черв'ячна ∅100 Р6М5 ГОСТ 19265-73. | штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 |
| 015 | Вертикально-свердлильна | свердло центрувальне ∅4 Р18 ГОСТ 2317-4012. | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 |
| 020 | Токарна | різець (перехід 1, 4) 2102-0195 Т15К6 ГОСТ 21151-75; різець 2102-0196 Т15К6 | штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 |

Закінчення таблиці 2.5

| 1 | 2 | 3 | 4 |
|---|---|---|---|
| | | ГОСТ 21151-75; різець (перехід 2, 5) 2102-0197 Т15К6 ГОСТ 21151-75. | |
| 025 | Вертикально-свердлильна | свердло ∅10 Р18 ГОСТ 10902-77; мітчик М12 ГОСТ 6227-80. | шаблон 8371-0197 МН 1422-61 |
| 030 | Вертикально-свердлильна | свердло ∅10 Р18 ГОСТ 10902-77; мітчик М12 ГОСТ 6227-80. | шаблон 8371-0197 МН 1422-61 |
| 035 | Вертикально-фрезерна | фреза шпонкова 2234–4020 Т15К6 ГОСТ 6469-69. | Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80 |
| 040 | Слюсарна | напильник 2820-0028 ГОСТ 1465-80. | — |
| 045 | Промивка | корзина ПР 1709. | — |
| 050 | Кінцевий контроль | — | штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-80; приспосіблення для контролю; зразки шорсткості |

## 2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу

За аналогією із встановленням припусків на механічне оброблення, режими оброблення можна призначити табличним методом або розрахунковим [4, 5]. Відповідно перший варіант є більш доцільним і продуктивним, другий – більш точним і трудомістким. Для застосування окремих параметрів режимів оброблення для вибору приспосіблень для механічного оброблення для

окремих операцій застосуємо розрахунковий метод, а для інших, без застосування спеціальної оснастки для механічного оброблення, використаємо табличний метод.

Операція 010 – вертикально-фрезерна.

Вихідними параметрами є: висота знімання матеріалу ($t$); діаметр фрезерного інструменту ($D$); кількість робочих зубців інструменту ($z$); подача інструменту ($S_z$); стійкість фрези ($T$); число робочих проходжень фрезою ($i$); ширина оброблюваної площі деталі ($B$).

Відповідно згідно креслення і даних довідника [5]:

$t = 2$ мм; $D = 45$ мм; $z = 12$;

$S_z = 0{,}08$ мм/зуб; $T = 180$ хв.; $i = 1$; $B = 43$ мм.

Швидкість оброблення фрезеруванням з поправкою на відповідні коефіцієнти, які враховують умови оброблення [5]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_u \cdot K_ф}{T^m \cdot t^x \cdot S^y \cdot z^n \cdot B^z}, \qquad (2.9)$$

де $C_y = 64{,}7$; $q = 0{,}25$; $m = 0{,}2$; $x = 0{,}15$; $y = 0{,}2$; $n = 0{,}1$; $z = 0{,}1$;

$K_m = 1$; $K_n = 0{,}9$; $K_u = 1{,}3$; $K_ф = 1$.

$$V = \frac{64{,}7 \cdot 45^{0,25} \cdot 1 \cdot 0{,}9 \cdot 1{,}3 \cdot 1}{180^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0{,}08^{0,2} \cdot 12^{0,1} \cdot 39^{0,1}} = 56{,}8 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів інструменту

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}. \qquad (2.10)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 56{,}8}{3{,}14 \cdot 45} = 401{,}9 \text{ об/хв.}$$

Відповідність отриманого значення кількості обертів інструменту із технічними характеристиками використовуваного обладнання ($6H10$) – $n = 400$ об/хв. Відповідно швидкість оброблення згідно формули (2.10)

$$V = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3{,}14 \cdot 45 \cdot 400}{1000} = 56 \text{ м/хв.}$$

Подача фрези на хвилину

$$S_m = S_z \cdot z \cdot n. \tag{2.11}$$

$$S_m = 0{,}08 \cdot 12 \cdot 400 = 384 \text{ мм/хв.}$$

Дійсна потужність оброблення

$$N_e = \frac{P \cdot V}{60 \cdot 102}, \tag{2.12}$$

де $P$ – колова сила оброблення різанням, Н. З поправкою на відповідні коефіцієнти, які враховують умови оброблення [5]

$C_p = 68$; $q = -0{,}86$; $x = 0{,}86$; $y = 0{,}74$; $n = 0{,}1$; $z = 1$.

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z \cdot B^z \cdot D^q, \tag{2.13}$$

$$P = 68 \cdot 2^{0{,}86} \cdot 0{,}08^{0{,}74} \cdot 12 \cdot 43^1 \cdot 45^{-0{,}86} \approx 434 \text{ кН.}$$

Дійсна потужність оброблення

$$N_e = \frac{434 \cdot 56}{60 \cdot 102} \approx 3{,}97 \text{ кВт.}$$

Час основного оброблення з урахуванням довжини оброблюваної поверхні ($L$), яка враховує безпосередньо довжину оброблення ($B$) і довжини підводу ($y_1$) та перебігу ($y_2$) фрези

$$T_o = \frac{L}{S_m}, \tag{2.14}$$

$$L = B + y_1 + y_2, \tag{2.15}$$

де $B = 43$ мм; $y_1 = 10$ мм; $y_2 = 10$ мм.

$$L = 43 + 10 + 10 = 63 \text{ мм};$$

$$T_o = \frac{63}{384} \approx 0{,}16 \text{ хв.}$$

Операція 030 – вертикально-свердлильна.

Відповідно згідно креслення і даних довідника [5]:

$t = 0{,}5D = 0{,}5 \cdot 10 = 5$ мм; $D = 10$ мм; $S = 0{,}2$ мм/об.; $T = 60$ хв.; $i = 1$.

Швидкість оброблення з поправкою на відповідні коефіцієнти, які враховують умови свердління [5]

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot K_v, \tag{2.16}$$

де $C_y = 8{,}9$; $q = 0{,}35$; $m = 0{,}2$; $y = 0{,}6$; $K_v = 0{,}72$.

$$V = \frac{8{,}9 \cdot 10^{0{,}35}}{60^{0{,}2} \cdot 0{,}2^{0{,}6}} \cdot 0{,}72 = 17{,}78 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів інструменту (2.10)

$$n = \frac{1000 \cdot 17{,}78}{3{,}14 \cdot 10} = 566 \text{ об/хв.}$$

Відповідність отриманого значення кількості обертів інструменту із технічними характеристиками використовуваного обладнання ($2H125$) – $n = 525$ об/хв. Відповідно швидкість оброблення згідно формули (2.10)

$$V = \frac{3{,}14 \cdot 10 \cdot 525}{1000} \approx 16{,}49 \text{ м/хв.}$$

Дійсна потужність оброблення

$$N_e = \frac{M_K \cdot n}{975 \cdot 1000}, \tag{2.17}$$

де $M_K$ – значення крутного моменту. Дана величина рівна добутку діаметра інструменту (свердла) на відповідні коефіцієнти, які враховують умови свердління [5]

$$M_K = C_m \cdot D^{2.0} \cdot S^y \cdot K_m, \tag{2.18}$$

де $C_m = 39$; $y = 0{,}8$; $K_m = 0{,}78$.

$$M_K = 39 \cdot 10^{2.0} \cdot 0{,}2^{0{,}8} \cdot 0{,}78 = 1208{,}7 \approx 1209 \text{ Н·м.}$$

Дійсна потужність оброблення

$$N_e = \frac{1209 \cdot 525}{975 \cdot 1000} \approx 0{,}651 \text{ кВт.}$$

Час основного оброблення з урахуванням довжини оброблюваної поверхні ($L$), яка враховує безпосередньо довжину оброблення ($B$) і довжини підводу ($y_1$) та перебігу ($y_2$) свердла: $B = 30$ мм; $y_1 = 5$ мм; $y_2 = 0$ мм.

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S}, \tag{2.19}$$

$$T_o = \frac{30 + 5 + 0}{525 \cdot 0{,}2} \approx 0{,}33 \text{ хв.}$$

Режими оброблення призначені згідно довідника [5] представлені у вигляді таблиці.

Таблиця 2.6 – Режими оброблення поверхонь важеля

| № опер. | Назва операції і перехід | $L$, мм | $t$, мм | $i$ | $S$, мм/об | $S_m$, мм/хв. | $n$, об/хв. | $V$, м/хв. | $T_o$, хв. | $N$, кВт |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 005 | Токарна<br>Перехід 1<br>Перехід 2<br>Перехід 4 | <br>17<br>52<br>17 | <br>2,3<br>2<br>2,3 | <br>1<br>2<br>1 | <br>0,4<br>0,2<br>0,4 | <br>-<br>-<br>- | <br>200<br>250<br>200 | <br>93<br>68<br>93 | 2,14<br>0,31<br>1,52<br>0,31 | 1,31 |
| 010 | Вертикально-фрезерна<br>Перехід 1<br>Перехід 3 | <br>43<br>43 | <br>2<br>2 | <br>1<br>1 | <br>-<br>- | <br>384<br>384 | <br>400<br>400 | <br>56<br>56 | 1,12<br>0,56<br>0,56 | 1,93 |
| 015 | Вертикально-свердлильна<br>Перехід 1<br>Перехід 3 | <br>8<br>8 | <br>2<br>2 | <br>1<br>1 | <br>0,05<br>0,05 | <br>-<br>- | <br>630<br>630 | <br>8<br>8 | 0,88<br>0,44<br>0,44 | 0,38 |
| 020 | Токарна<br>Перехід 1<br>Перехід 2<br>Перехід 4<br>Перехід 5 | <br>32<br>32<br>32<br>32 | <br>2<br>0,8<br>2<br>0,8 | <br>1<br>1<br>1<br>1 | <br>0,4<br>0,2<br>0,4<br>0,2 | <br>-<br>-<br>-<br>- | <br>200<br>250<br>200<br>250 | <br>93<br>68<br>93<br>68 | 1,7<br>0,31<br>0,54<br>0,31<br>0,54 | 0,96 |

Закінчення таблиці 2.6

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 025 | Вертикально-свердлильна<br>Перехід 1<br>Перехід 2<br>Перехід 4<br>Перехід 5 | <br>30<br>20<br>30<br>20 | <br>5<br>-<br>5<br>- | <br>1<br>1<br>1<br>1 | <br>0,2<br>0,941<br>0,2<br>0,941 | <br>-<br>-<br>-<br>- | <br>425<br>250<br>425<br>250 | <br>16,01<br>7,9<br>16,01<br>7,9 | 1,14<br>0,41<br>0,16<br>0,41<br>0,16 | 0,53 |
| 030 | Вертикально-свердлильна<br>Перехід 1 | <br>20 | <br>- | <br>1 | <br>0,941 | <br>- | <br>250 | <br>7,9 | <br>0,16 | 0,26 |
| 035 | Вертикально-фрезерна<br>Перехід 1<br>Перехід 3 | <br>32<br>32 | <br>0,2<br>0,2 | <br>20<br>20 | <br>-<br>- | <br>250<br>250 | <br>375<br>375 | <br>10<br>10 | 5,26<br>2,63<br>2,63 | 0,82 |
| 040 | Слюсарна | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 045 | Промивка | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| 050 | Приймальний контроль | - | - | - | - | - | - | - | - | - |

Аналогічно режимам оброблення технічне нормування технологічних процесів проводять за допомогою табличного методу або розрахункового [4, 5]. Розрахунковий спосіб розглянемо на прикладі однієї операції.

Операція 030 – вертикально-свердлильна.

Передусім визначається штучний час, який рівний сумі таких складових часових затрат як основний ($T_o$); допоміжний ($T_д$); обслуговувальний ($T_{обб}$); відпочинковий ($T_{відп}$) [4, 5].

$$T_{шт} = T_o + T_д + T_{обсл} + T_{відп}. \qquad (2.20)$$

В свою чергу допоміжний час сумується затратами на встановлення і зняття виробу ($T_{уст}$); управління устаткуванням ($T_{упр}$); проведення вимірів розмірів ($T_{вим}$) [5].

$$T_{д} = T_{уст} + T_{упр} + T_{вим}, \qquad (2.21)$$

де $T_{уст} = 0{,}2$ хв.; $T_{упр} = 0{,}12$ хв.; $T_{вим} = 0{,}08$ хв.

$$T_{д} = 0{,}2 + 0{,}12 + 0{,}08 = 0{,}4 \text{ хв.}$$

Оперативний час рівний сумі затрат основного ($T_{о}$) і допоміжного ($T_{д}$) часів

$$T_{оп} = T_{о} + T_{д}. \qquad (2.22)$$

$$T_{оп} = 0{,}33 + 0{,}4 = 0{,}73 \text{ хв.}$$

$$T_{обс} = 0{,}04 \cdot T_{оп} = 0{,}04 \cdot 0{,}73 \approx 0{,}03 \text{ хв.}$$

$$T_{відп} = 0{,}04 \cdot T_{оп} = 0{,}04 \cdot 0{,}73 \approx 0{,}03 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = 0{,}33 + 0{,}4 + 0{,}03 + 0{,}03 = 0{,}79 \text{ хв.}$$

Для даного типу виробництва необхідно провести розрахунок затрат штучно-калькуляційного часу, який враховує додаткові затрати суми штучного часу і відношення підготовчо-заключного ($T_{пз}$) до кількості виробів ($n$) для запуску у виробництво

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}. \qquad (2.23)$$

де $T_{пз} = 18$ хв.; $n = 120$ шт.

$$T_{шт.к} = 0{,}79 + \frac{18}{120} = 0{,}94 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.7 – Норми затрат часу на операцій технологічного процесу

| Номер опер. | $T_о$, хв. | Доп. час, хв. | | | $T_д$, хв. | $T_{оп}$, хв. | $T_{обс}$, хв. | $T_{відп}$, хв. | $T_{шт.}$, хв. | $T_{пз.}$, хв. | $T_{шт.к}$ хв. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $T_{уст}$ | $T_{упр}$ | $T_{вим}$ | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| 005 | 0,79 | 0,21 | 0,11 | 0,08 | 0,26 | 1,05 | 0,02 | 0,02 | 1,29 | 12 | 1,32 |
| 010 | 0,52 | 0,20 | 0,12 | 0,08 | 0,40 | 0,92 | 0,03 | 0,03 | 1,25 | 12 | 1,32 |
| 015 | 0,19 | 0,21 | 0,11 | 0,08 | 0,26 | 0,45 | 0,02 | 0,02 | 0,51 | 12 | 0,63 |
| 020 | 3,58 | 0,32 | 0,18 | 0,08 | 0,58 | 4,16 | 0,02 | 0,02 | 4,48 | 16 | 4,63 |
| 025 | 0,75 | 0,21 | 0,11 | 0,08 | 0,35 | 1,10 | 0,02 | 0,02 | 1,29 | 12 | 1,32 |
| 030 | 0,33 | 0,20 | 0,12 | 0,08 | 0,40 | 0,73 | 0,03 | 0,03 | 0,79 | 18 | 0,94 |
| 035 | 0,52 | 0,20 | 0,12 | 0,08 | 0,36 | 0,88 | 0,03 | 0,03 | 1,22 | 12 | 1,29 |
| 040 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,45 | 12 | 0,50 |
| 045 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,36 | 10 | 0,40 |
| 050 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,45 | 12 | 0,50 |

## 2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Із декількох варіантів оброблення деталі до реалізації приймають, як правило, той який забезпечує нижчу собівартість обробки. Величиною, яка визначає собівартість оброблення є годинні приведені затрати ($C_{П.З}$) [2]. Дана величина враховує загальні витрати коштів на зарплату ($C_З$), які включають тарифну ставку робітника ($C_{Т.Ф}$) із врахування зарплати налагоджувальника обладнання ($K$); коефіцієнт багатоверстатного обслуговування ($M$); затрати на годину по обслуговуванню робочого місця ($C_{Г.З}$), які включають годинні витрати на базовому робочому місці ($C_{Б.З}$) і машинокоефіцієнт ($K_M$). Годинні приведені затрати також враховують нормативний коефіцієнт ($E_H$) і питомі

годинні затрати на обладнання ($K_O$), визначається вартістю обладнання ($Ц_O$), та споруди цеху ($K_Ц$), визначається площею ($F_O$) зайнятою обладнанням.

$$C_{П.З} = \frac{C_З}{M} + C_{Г.З} + E_Н \cdot \left(K_O + K_Ц\right). \quad (2.24)$$

$$C_З = C_{Т.Ф} \cdot 1{,}53K. \quad (2.25)$$

$$C_{Г.З} = C_{Б.З} \cdot K_M. \quad (2.26)$$

$$K_C = \frac{Ц_O \cdot 100}{3200}. \quad (2.27)$$

$$K_З = \frac{F_O \cdot 75 \cdot 100}{3200}. \quad (2.28)$$

Вартість операції механічного оброблення

$$C_O = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60}. \quad (2.29)$$

Для чіткого уявлення переваг того чи іншого варіанту оброблення розглянемо вартість оброблення по відмінних операціях маршруту обробки.

Варіант 1.

1. Операції 005, 025; 035; 040 – вертикально-свердлильні, верстат мод. $2C132$. Відповідні значення показників затрат:

$C_{Т.Ф} = 89{,}25$ грн./год.; $K = 1$; $M = 1$; $C_{Б.З} = 9{,}84$ грн./год.; $K_M = 0{,}7$;

$E_Н = 0{,}2$; $Ц_O = 225000$ грн.; $F_O = 14$ м$^2$; $\sum T_{ШТ} = 5{,}62$ хв.

$C_З = 89{,}25 \cdot 1{,}53 \cdot 1 = 136{,}55$ грн.

$C_{Г.З} = 9{,}8 \cdot 0{,}7 = 6{,}86$ грн./год.;

$K_C = \dfrac{225000 \cdot 100}{3200} = 7031{,}25$ грн./год.;

$K_З = \dfrac{14 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 32{,}81$ грн./год.

$$C_{П.З} = \frac{136{,}55}{1} + 6{,}86 + 0{,}2 \cdot (7031{,}25 + 32{,}81) = 1556{,}22 \text{ грн./год.}$$

$$C_O = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{1556{,}22 \cdot 5{,}62}{60} = 145{,}77 \text{ грн.}$$

2. Операції 010; 030 – токарна з ЧПК, верстат мод.16К30Ф3. Відповідні значення показників затрат:

$C_{Т.Ф} = 119{,}15$ грн./год.; $K = 1$; $M = 1$; $C_{Б.З} = 9{,}84$ грн./год.; $K_M = 0{,}7$;

$E_H = 0{,}2$; $Ц_O = 635000$ грн.; $F_O = 18$ м$^2$; $\sum T_{ШТ} = 2{,}42$ хв.

$C_З = 119{,}15 \cdot 1{,}53 \cdot 1 = 182{,}30$ грн.

$C_{Г.З} = 9{,}8 \cdot 0{,}7 = 6{,}86$ грн./год.;

$K_C = \dfrac{635000 \cdot 100}{3200} = 19843{,}75$ грн./год.;

$K_З = \dfrac{18 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 42{,}19$ грн./год.

$$C_{П.З} = \frac{182{,}30}{1} + 6{,}86 + 0{,}2 \cdot (19843{,}75 + 42{,}19) = 4166{,}35 \text{ грн./год.}$$

$$C_O = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{4166{,}35 \cdot 2{,}42}{60} = 168{,}04 \text{ грн.}$$

3. Операція 050 – калібрування, прес мод. П6324. Відповідні значення показників затрат:

$C_{Т.Ф} = 85{,}35$ грн./год.; $К = 1$; $М = 1$; $C_{Б.З} = 9{,}84$ грн./год.; $К_М = 0{,}7$;

$E_Н = 0{,}2$; $Ц_О = 445000$ грн.; $F_О = 16$ м$^2$; $T_{ШТ} = 0{,}86$ хв.

$C_З = 85{,}35 \cdot 1{,}53 \cdot 1 = 130{,}59$ грн.

$C_{Г.З} = 9{,}8 \cdot 0{,}7 = 6{,}86$ грн./год.;

$$K_С = \frac{445000 \cdot 100}{3200} = 13906{,}25 \text{ грн./год.};$$

$$K_З = \frac{16 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 37{,}5 \text{ грн./год.}$$

$$C_{П.З} = \frac{130{,}59}{1} + 6{,}86 + 0{,}2 \cdot (13906{,}25 + 37{,}5) = 2926{,}2 \text{ грн./год.}$$

$$C_О = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{2926{,}2 \cdot 0{,}86}{60} = 41{,}94 \text{ грн.}$$

Вартість механічного оброблення по відмінних операціях

$$\sum C_{О1} = 145{,}77 + 168{,}04 + 41{,}94 = 355{,}75 \text{ грн.}$$

Варіант 2.

1. Операції 005; 020 – токарна, верстат мод.1А720. Відповідні значення показників затрат:

$C_{Т.Ф} = 105{,}25$ грн./год.; $К = 1$; $М = 1$; $C_{Б.З} = 9{,}84$ грн./год.; $К_М = 0{,}7$;

$E_Н = 0{,}2$; $Ц_О = 265000$ грн.; $F_О = 14$ м$^2$; $\sum T_{ШТ} = 5{,}57$ хв.

$C_З = 105{,}25 \cdot 1{,}53 \cdot 1 = 161{,}03$ грн.

$C_{Г.З} = 9{,}8 \cdot 0{,}7 = 6{,}86$ грн./год.;

$K_C = \dfrac{265000 \cdot 100}{3200} = 8281{,}25$ грн./год.;

$K_З = \dfrac{14 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 32{,}81$ грн./год.

$$C_{П.З} = \frac{161{,}03}{1} + 6{,}86 + 0{,}2 \cdot (8281{,}25 + 32{,}81) = 1830{,}7 \text{ грн./год.}$$

$$C_O = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{1830{,}7 \cdot 5{,}57}{60} = 169{,}95 \text{ грн.}$$

2. Операції 015; 025; 030 – вертикально-свердлильні, верстат мод.2Н125. Відповідні значення показників затрат:

$C_{Т.Ф} = 89{,}25$ грн./год.; $K = 1$; $M = 1$; $C_{Б.З} = 9{,}84$ грн./год.; $K_M = 0{,}7$;

$E_H = 0{,}2$; $Ц_O = 145000$ грн.; $F_O = 14$ м$^2$; $\sum T_{ШТ} = 2{,}59$ хв.

$C_З = 89{,}25 \cdot 1{,}53 \cdot 1 = 136{,}55$ грн.

$C_{Г.З} = 9{,}8 \cdot 0{,}7 = 6{,}86$ грн./год.;

$K_C = \dfrac{145000 \cdot 100}{3200} = 4531{,}25$ грн./год.;

$K_З = \dfrac{14 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 32{,}81$ грн./год.

$$C_{П.З} = \frac{136{,}55}{1} + 6{,}86 + 0{,}2 \cdot (4531{,}25 + 32{,}81) = 1056{,}22 \text{ грн./год.}$$

$$C_O = \frac{C_{П.З} \cdot T_{ШТ}}{60} = \frac{1056{,}22 \cdot 2{,}59}{60} = 45{,}59 \text{ грн.}$$

Вартість механічного оброблення по відмінних операціях

$$\sum C_{O2} = 169{,}95 + 45{,}59 = 215{,}54 \text{ грн.}$$

Економічний ефект по відмінних операціях маршруту оброблення

$$E_M = \left(\sum C_{O1} - \sum C_{O2}\right) \cdot N \,. \qquad (2.30)$$

$$E_M = (355{,}75 - 215{,}54) \cdot 6000 = 841260 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.8 – Порівняльні дані варіантів маршрутів оброблення деталі «важіль ПС 10.10.060»

| Техніко-економічні показники | Варіант | |
|---|---|---|
| | Варіант 1 | Варіант 2 |
| Відмінні операції маршруту оброблення | 1) вертикально-свердлильна<br>2) токарна з ЧПК<br>3) калібрування | 1) токарна<br>2) вертикально-свердлильна |
| Вартість оброблення (по відмінних операціях), грн. | 355,75 | 215,54 |
| Економічний ефект річного випуску (по відмінних операціях), грн. | — | 841260 |

# 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

## 3.1 Вибір пристосувань для механічної обробки

### 3.1.1 Пристрій для фрезерної обробки торців

Для оброблення торців можна застосувати конструкцію пристрою [6], яка наведена на рисунку 3.1.

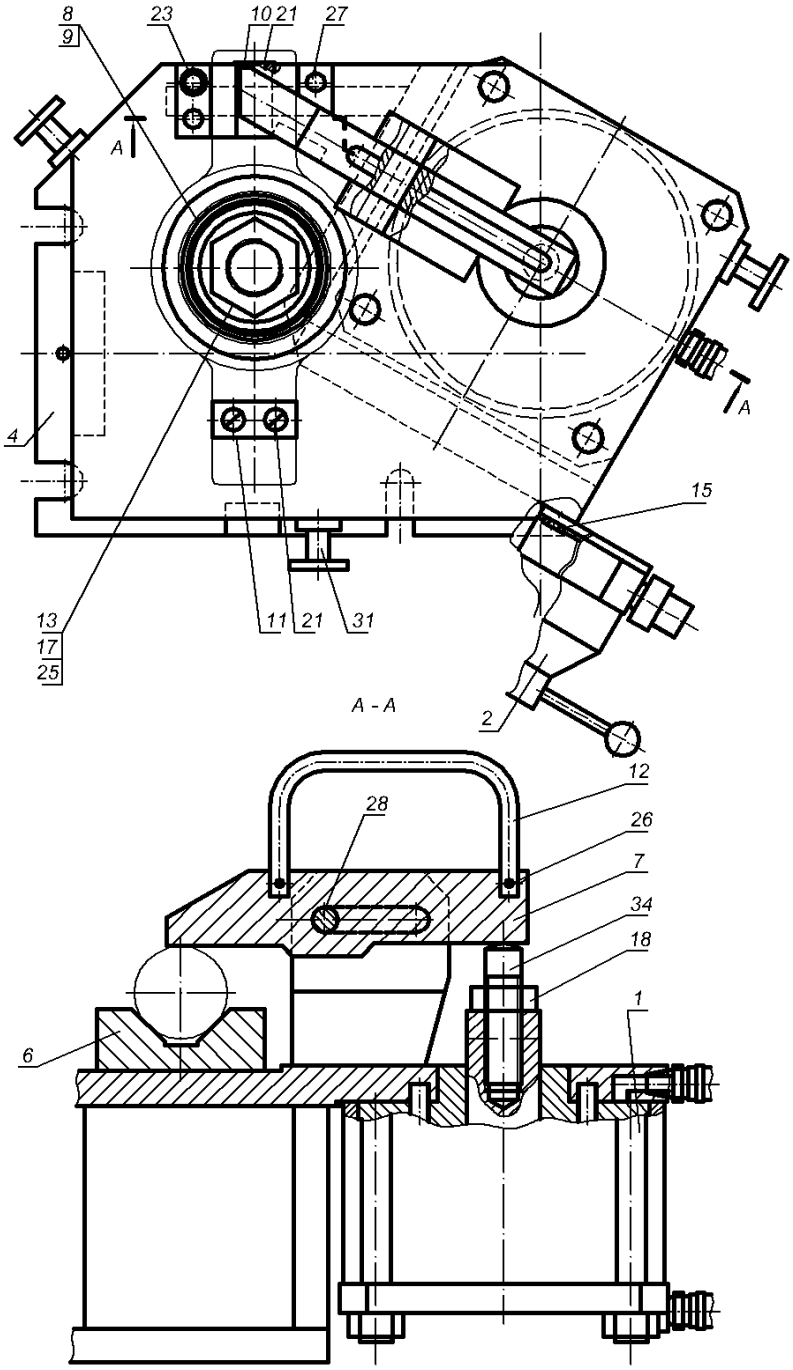



Рисунок 3.1 – Пристрій для фрезерування торців у важелі ПС 10.10.060

Основою приспосіблення є зварні плити корпуса (поз.4) на яких механічно кріпиться затискний пристрій у вигляді пневмоциліндра (поз.1) та пневморозприділювача (поз.2). Оброблювана деталь встановлюється на плиті корпуса у призми (поз.6) і на палець (поз.8) із втулкою (поз.9). Для підвищення точності встановлення використовується установ (поз.10). Затискне зусилля передається пневмоциліндром через опору (поз.34) на прихват (поз.7), який безпосередньо діє на притискувань деталь. Пристрій передбачає переустановку деталі при обробці кожного із пазів. Інші позиції на рисунку є кріпильними та регулювальними елементами пристрою.

### 3.1.2 Пристрій для фрезерування пазів

Для оброблення пазів можна застосувати конструкцію пристрою, яка наведена на рисунку 3.2 [6].

Конструктивно в основі приспосіблення є зварні плити корпуса (поз.4) на яких механічно кріпиться затискний пристрій у вигляді пневмоциліндра (поз.1) подача стиснутого повітря на нього регулюється пневморозприділювачем (поз.2). Деталь оброблюваною поверхнею встановлюється на призму (поз.7), яка фіксується до плити корпуса через планку (поз.9) гвинтами (поз.27, 28). Точність встановлення призми забезпечується штифтом (поз.30). Точність установки, у горизонтальному положенні, оброблюваної деталі забезпечується регульованими опорами (поз.12, 24) і підтримуючим болтом (поз.21).

Затискне зусилля передається пневмоциліндром на прихват (поз.8), який безпосередньо діє на притискувань деталь і має технологічну можливість провертання навколо своєї осі на 90 градусів. У процесі оброблення деталь необхідно почергово переустановлювати для оброблення кожного із пазів. Пристрій передбачає переустановку деталі при обробці кожного із пазів. Інші не вказані на рисунку позиції є кріпильними та регулювальними елементами пристрою.

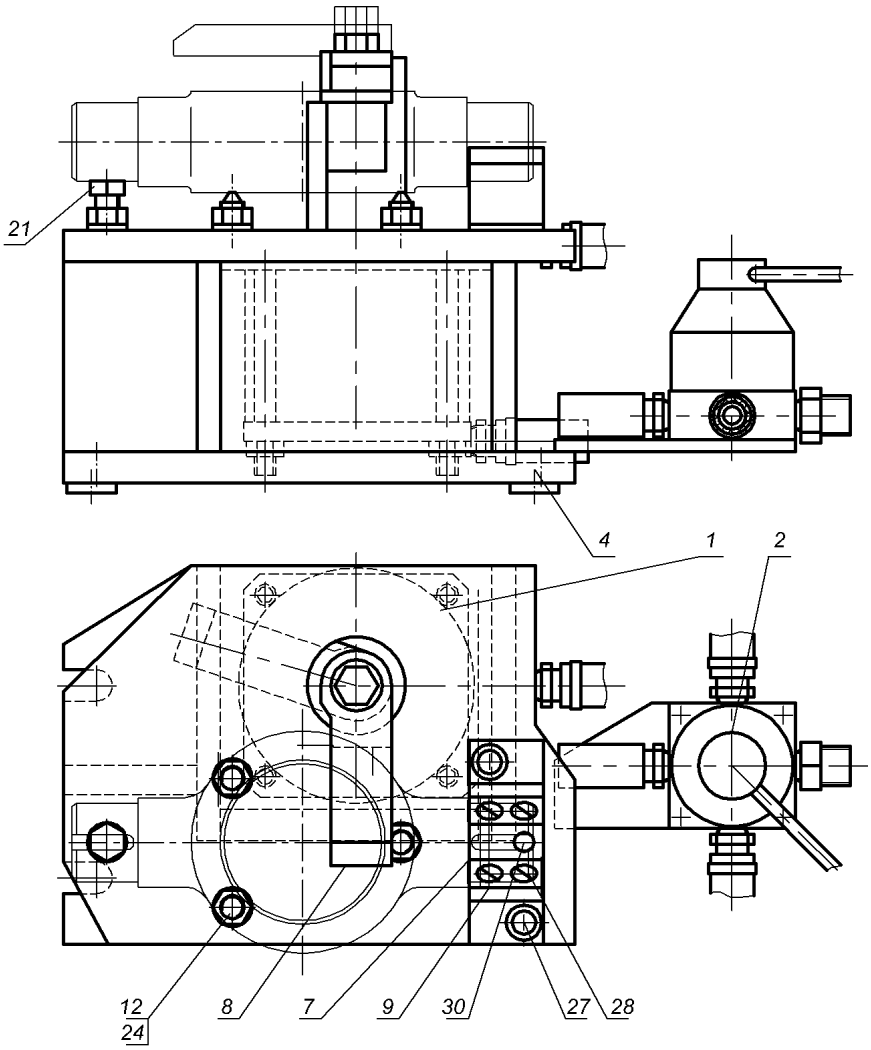



Рисунок 3.2 – Пристрій для фрезерування пазів у важелі ПС 10.10.060

## 3.2 Розрахунок параметрів вибраних пристосувань

### 3.2.1 Розрахунок пристосування для фрезерної обробки торців

Похибку установки деталі у приспосібленнях для механічного оброблення, де застосовується установка у призму, розраховують за формулою [6], яка враховує допуски на виконуючий розмір ($\delta$); поправочні коефіцієнти на відхилення ($k$), серійність виробництва ($k_1$, $k_2$); похибки базування ($\varepsilon_б$), деформування заготовки ($\varepsilon_з$), встановлення самого приспосіблення ($\varepsilon_{уст}$),

зношення деталей приспосіблення ($\varepsilon_{зн}$), інструменту ($\varepsilon_i$), методу оброблення ($\omega$); установочну поверхню ($\delta_D$); кут установочних поверхонь призми ($\alpha$).

$$\varepsilon_{пр} = \delta - k\sqrt{(k_1\varepsilon_б)^2 + \varepsilon_з^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_i^2 + (k_2\omega)^2}\,. \qquad (3.1)$$

Відповідно необхідні дані [6]:

$\delta = 0{,}4$ мм; $k = 1{,}2$;), $\delta_D = 0{,}19$ мм; $\alpha = 120^o$; $k_1 = 0{,}8$; $k_2 = 0{,}6$;

$\varepsilon_з = 0{,}04$ мм; $\varepsilon_{уст} = 0{,}11$ мм; $\varepsilon_{зн} = 0{,}06$ мм; $\varepsilon_i = 0$; $\omega = 0{,}1$ мм.

$$\varepsilon_б = \frac{\delta_D}{2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2}}, \qquad (3.2)$$

$$\varepsilon_б = \frac{0{,}19}{2 \cdot \sin 60^\circ} = 0{,}11 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_{пр} = 0{,}4 - 1{,}2\sqrt{(0{,}8 \cdot 0{,}11)^2 + 0{,}04^2 + 0{,}11^2 + 0{,}06^2 + (0{,}6 \cdot 0{,}1)^2} = 0{,}197 \text{ мм.}$$

Схема розміщення і базування деталі в пристрої показана на рисунку 3.3. Зусилля від пневмоприводу діє на заготовку із деякою силою $P$. Відповідно сила різання $P_{різ}$ намається змістити заготовку діючи у протилежному напрямку від $P$. Силі різання $P_{різ}$ протидіють також сили опору внаслідок тертя $F_1$ і $F_2$ (причому $F_1 = F_2$) між поверхнями призми і деталлю, а також сила $F$ між деталлю і поверхнею притискання.

Відповідно розрахункової схеми і з урахуванням похибки від сили різання через коефіцієнт запасу ($k$) [6]

$$F_1 f + F_1 f + Pf = kP_{різ}, \qquad (3.3)$$

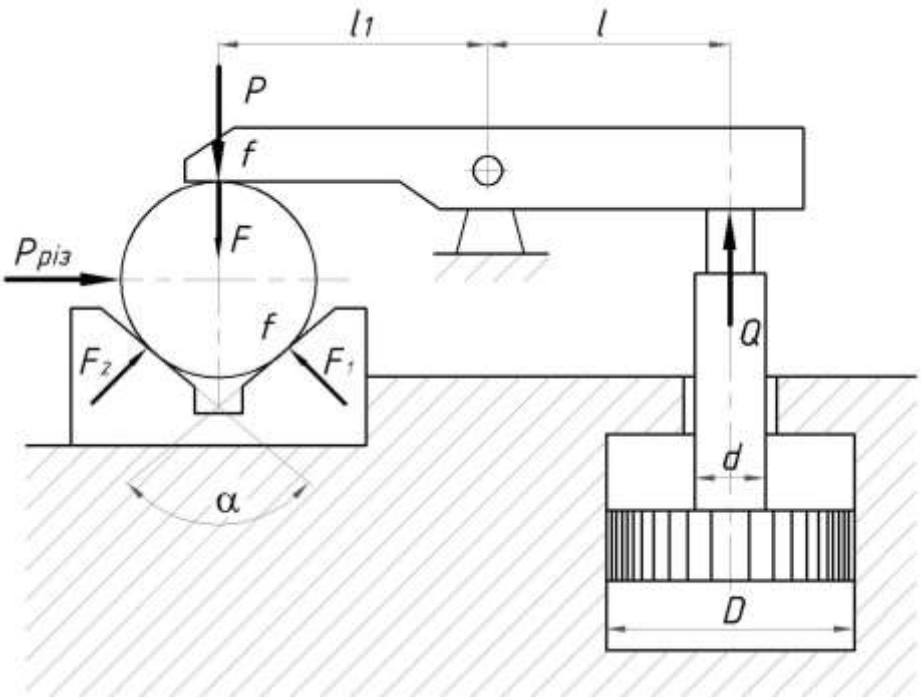



Рисунок 3.3 – Схема установки заготовки у фрезерному пристрої для оброблення торців

$$F_1 = P \cdot \cos\frac{\alpha}{2}. \tag{3.4}$$

$$2P \cdot f \cdot \cos\frac{\alpha}{2} + Pf = kP_{pi3}. \tag{3.5}$$

$$P \cdot f \cdot \left(2\cos\frac{\alpha}{2} + 1\right) = kP_{pi3}. \tag{3.6}$$

$$P = Q \cdot \frac{l}{l_1}, \tag{3.7}$$

відповідно

$$Q \cdot \frac{l}{l_1} \cdot f \cdot \left(2\cos\frac{\alpha}{2} + 1\right) = kP_{pi3}. \tag{3.8}$$

Звідки сила затиску від пневмоциліндра

$$Q = \cdot \frac{kP_{різ} l_1}{l \cdot f \cdot \left(2\cos\frac{\alpha}{2} + 1\right)}. \qquad (3.9)$$

Відповідно:

$k = 1{,}7$; $P_{різ} = 434$ Н (див. розділ 2.7); $l_1 = 0{,}085$ м (конструктивно);

$l = 0{,}09$ м (конструктивно); $f = 0{,}15$ (метал по металу).

$$Q = \cdot \frac{1{,}7 \cdot 434 \cdot 0{,}085}{0{,}09 \cdot 0{,}15 \cdot (2 \cdot 0{,}5 + 1)} = 4646 \text{ Н}.$$

Діаметр пневмоциліндра при тиску у пневмосистемі $p = 0{,}4$ мПа

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p}}. \qquad (3.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 4646}{3{,}14 \cdot 0{,}4}} \approx 122 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D = 125$ мм [6].

### 3.2.2 Розрахунок пристосування для фрезерування пазів

Так як встановлення заготовки проводиться у призму (як і для попереднього приспосіблення), то точність встановлення $\varepsilon_{пр} = 0{,}197$ мм. Схема установки деталі показана на рисунку 3.4. Сила затиску $P$ діє по нормалі до поверхні заготовки і створює зусилля, яке запобігає зсуву заготовки під дією

сили різання $P_{різ}$. Крутний момент $M_{різ}$ від $P_{різ}$ виникає від обертового руху інструменту і намагається провернути заготовку.

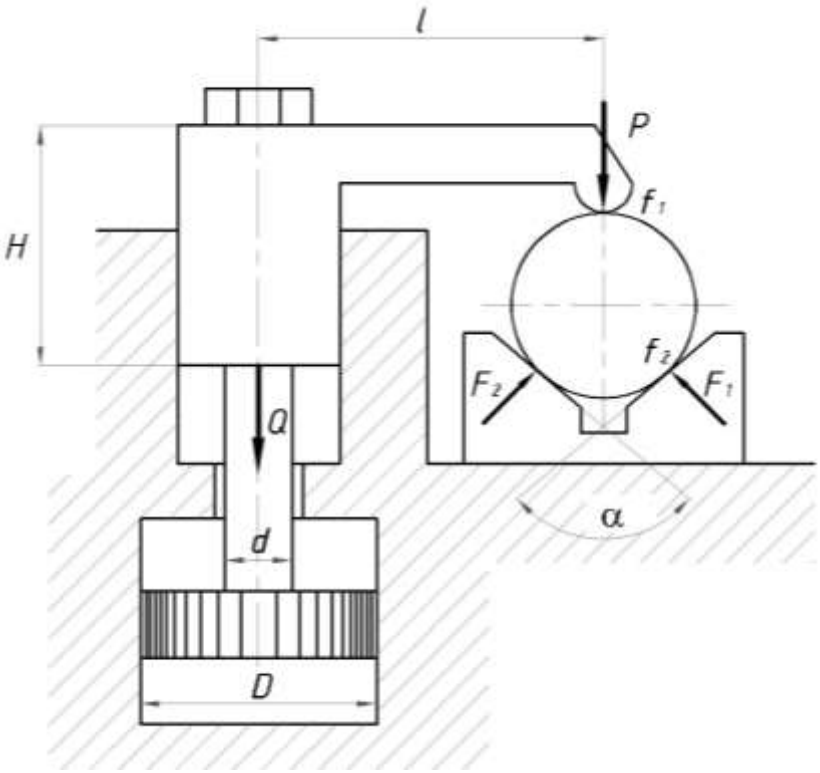



Рисунок 3.4 – Схема установки заготовки у фрезерному пристрої для оброблення пазів

Згідно напрямку дії зусиль і забезпечення затиску

$$P \cdot \frac{d_i}{2}\left( f_1 + f_2 \cdot \sin\frac{\alpha}{2} \right) = kM_{різ}. \tag{3.11}$$

$$P = \frac{2kM_{різ}}{d_i\left(f_1 + f_2 \cdot \sin(\alpha/2)\right)}. \tag{3.12}$$

Відповідно до розрахункової схеми

$$P = Q\left(1 - 3\frac{l}{H} \cdot f\right). \tag{3.13}$$

$$Q\left(1-3\frac{l}{H}\cdot f\right)=\frac{2kM_{різ}}{d_i f\left(1+\sin\left(\alpha/2\right)\right)}. \qquad (3.14)$$

Звідки сила затиску від пневмоциліндра

$$Q=\frac{kP_{різ}}{f\left(1+\sin\left(\alpha/2\right)\right)\cdot\left(1-3\cdot\left(l/H\right)\cdot f\right)}. \qquad (3.15)$$

Відповідно:

$k=1{,}7$; $f=0{,}15$ (метал по металу); $l=0{,}05$ м (конструктивно);

$H=0{,}08$ м (конструктивно).

Силу різання визначимо за відомою методикою (див. розділ 2.7). Відповідно при:

$C_p=82$; $q=-1{,}1$; $x=1{,}1$; $y=0{,}8$; $z=0{,}95$; $t=0{,}2$ мм;

$D=8$ мм; $Z=2$; $S_z=0{,}1$ мм/зуб; $B=8$ мм.

$P_{різ}=82\cdot 0{,}2^{1{,}1}\cdot 0{,}1^{0{,}8}\cdot 2\cdot 8^{0{,}95}\cdot 8^{-1{,}1}=16{,}98$ Н.

$$Q=\frac{2{,}7\cdot 16{,}98}{0{,}15\left(1+\sin 60^\circ\right)\cdot\left(1-3\cdot\left(0{,}5/0{,}8\right)\cdot 0{,}15\right)}=227{,}32 \text{ Н}.$$

Оскільки необхідно визначити зусилля для втягуючого штока (приймаємо $\varnothing$ штока 25 мм [6])

$$Q=\frac{\pi\left(D^2-d^2\right)}{4}\cdot p, \qquad (3.16)$$

$$D=\sqrt{\frac{4Q}{\pi\cdot p}+d^2}==\sqrt{\frac{4\cdot 227{,}32}{3{,}14\cdot 4}+2{,}5^2}=8{,}87\approx 89 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартний діаметр пневмоциліндра $D=100$ мм [6].

### 3.3 Вибір методів і схем контролю параметрів виробу

Для контролю доцільно застосувати пристрій конструкція якого показана на рисунку 3.5. Для отримання числових значень контрольованої поверхні використовується механічний індикатор. Установчими поверхнями при складанні вузла є поверхні *М, Н* і *О* (рисунок 1.1). Вимоги до поверхонь *М*, *Н* – це торцеве биття не більше 0,01 мм; до поверхні *О*, це допуск на відхилення від циліндричності не більше 0,05 мм. Після установки деталі на ступицю, яка вільно провертається на підшипниковому вузлі, до контрольованої поверхні підводиться щуп індикатора. Провертаючи виріб на $360^o$ за показами стрілки індикатора визначають відповідність відхилення технічним вимогам креслення.

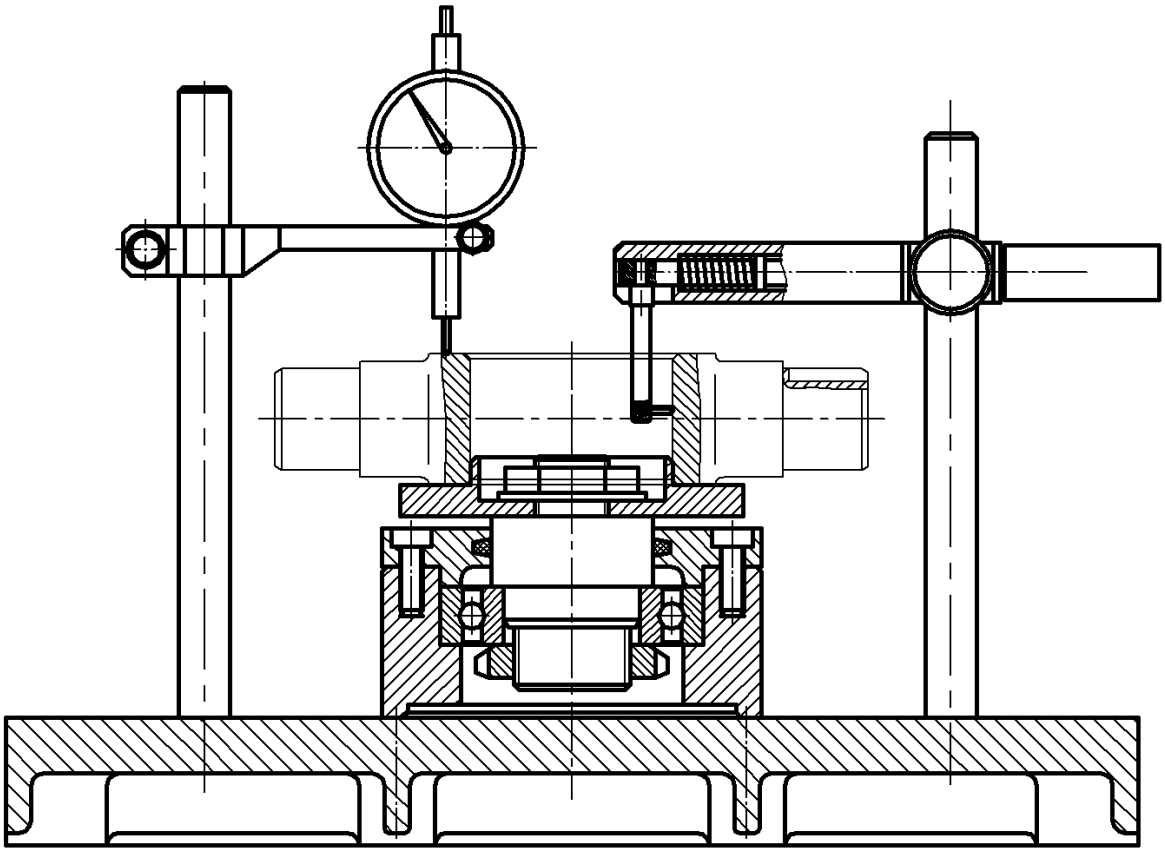


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд приспосіблення для контролю циліндричності і торцевого биття

# 4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

## 4.1 Дотримання техніки безпеки при роботі з абразивними кругами

Сучасне машинобудування ставить високі вимоги до якості і чистоти оброблюваної поверхні які неможливі без використання абразивних інструментів і шліфувальних верстатів для остаточної обробки металевих деталей.

При обертанні звичайного круга відцентрові сили спричиняють розриваючі напруги. У високопористому крузі в зв'язку з його меншою об'ємною вагою ці сили значно зменшуються, тому з ними набагато безпечніше працювати.

Важливе значення для безпеки життєдіяльності і безпеки при роботі з абразивними кругами має їх врівноваженість. Неврівноваженість круга призводить під час його роботи до вібрації, передчасного спрацювання підшипників, а також зниження чистоти обробленої поверхні. Ці сили досягають іноді значної величини і спричиняють у крузі напруги, які перевищують міцність його зв'язки [7].

Зберігати абразивний інструмент треба згідно із спеціальними вимогами. Приміщення для його зберігання слід опалювати, щоб воно було сухим, устатковувати стелажами і ящиками, в яких круги зберігаються у вертикальному положенні.

Перед видачею круга для роботи його слід технічно перевірити і оглянути. До механічного огляду абразивних кругів входять балансування і випробування на механічну міцність. Огляд провадять, щоб своєчасно виявити зовнішні дефекти (тріщини, вибоїни), внутрішні дефекти (тріщини) за звуком, а також щоб перевірити наявність і правильність маркування.

Неврівноваженість круга, яка спричиняється порушенням геометричної його форми, усувається статичним і динамічним балансуванням. Завжди можна збалансувати круг за допомогою вантажів так, щоб відцентрові сили в ньому

взаємно врівноважились. Збалансувати кожен круг треба для того, щоб створити безпечні умови праці і підвищити якість оброблюваної поверхні; це здійснюється за допомогою балансирних пристроїв.

Правильно збалансований круг при перевертанні повинен перебувати у рівновазі. Геометрично правильні круги не важко збалансувати разом з кріпильними фланцями. Сам процес балансування складається з двох послідовних етапів: перевірки статичної врівноваженості круга разом з фланцями, насадженого на контрольну оправку, шляхом застосування спеціального пристрою; усунення виявленого дисбалансу шляхом переміщення по коловому пазу сухариків в одному з кріпильних фланців.

Щоб гарантувати безпеку праці з кругами, необхідно випробувати їх на міцність. Мета випробувань – виявити можливі пошкодження кругів під час їх транспортування, розпаковування, укладання і т. п. Випробування зобов'язані провадити всі заводи-споживачі абразивного інструменту незалежно від наявності паспорта випробувань, складеного заводом-виробником. На міцність круги випробовують на спеціальному стенді (верстаті) обертанням без навантаження з швидкостями, що на 50% перевищують робочі. Випробний верстат оснащується міцними, сталевими, по можливості герметичними, камерами. В них розміщують кінці шпинделя, що несуть випробувані круги. Відчиняти камеру дозволяється лише після повної зупинки шпинделя [7]. Верстат призначений для випробування кругів діаметром від 100 до 900 мм. Випробну швидкість і налагодження верстата на задану кількість обертів контролюють за допомогою вбудованого у верстат тахометра.

## 4.2 Розробка заходів для зниження рівня шуму на дільниці

Спосіб захисту робітника від шуму, який супроводжує виробничі процеси, має визначальний вплив на продуктивність праці та культуру виробництва. Для зменшення негативного впливу шумових ефектів від роботи

верстатного та допоміжного обладнання використовують різноманітні засоби та методи [8]. Один із високоефективних способів – це заміна шумових, ударних виробничих процесів безшумними. Наприклад, зворотно-поступальний рух пресів, по можливості, заміняють обертовим. У випадках надмірного шуму від контакту співударних елементів машин контактні елементи футерують демпфуючими матеріалами на основі гуми, поліуретану, бітуму або високов'язких мастил. Також ефективним заходом є почергове межування металевих деталей із полімерними чи пластиковими. Для зменшення шумових ефектів у напрямляючих елементах їх оснащують додатковими демпфуючими пристроями, буферами, які суттєво зменшують вібрації та шум при контакті деталей у таких вузлах.

У машинах, які містять вентилятори, повітропроводи та інші аналогічні установки з повітряними потоками, переходи та з'єднання між каналами рекомендовано виготовляти із прогумованої тканини, гуми та інших демпфуючих матеріалів. Системи змащування також ефективно протидіють шумам у двигунах, редукторах та коробках передач. Якщо ж джерело шуму неможливо, з технічних причин, усунути або знизити до допустимого рівня – то проводять його ізоляцію спеціальними матеріалами. Ефективними заходами є розміщення у звукоізолюючих кожухах таких вузлів, як електричні двигуни, редуктори, коробки передач із виведенням до оператора органів їх керування. Також окремі шумові вузли (ланцюгові чи пасові передачі, контактні ударні деталі) розміщують у спеціальних шумоізольованих боксах чи кожухах, обклеюють їх корпуси шумоізолюючими матеріалами. Пневмосистеми обладнують додатковими каналами, які гасять шум повітряних потоків.

Правильний підбір та монтаж вентилятора забезпечує безшумну або ж у межах норм вентиляцію виробничих цехів а дільниць. Системи вентиляції оснащуються вентиляторами із двигунами, які мають значну швидкість обертання (2500 і більше об/хв.). При непрофесійному встановленні такі швидкості спричиняють вібрації у системах вентиляції. Відповідно до шуму повітряного потоку додаються шумові вібрації, які поширюються у суміжні

дільниці по каналах вентиляції, через перестінки а перегородки, а також через спільні конструктивні елементи цеху. Для запобігання таким явищам використовують малооборотні вентилятори, монтаж вентиляторів на гумові чи поліуретанові подушки, регулятори частоти їх обертання.

Ефективно забезпечує зниження акустична обробка приміщення чи споруди [8]. Дана обробка передбачає облицювання стін та стелі звукоізолюючими панелями на основі звукоізолюючого поролону, спіненого каучуку, мінеральною чи скловатою. Ці матеріали активно гасять коливання звукових хвиль. Додаткове гасіння звуку забезпечує використання таких штучних поглиначів хвиль як звукопоглинальні та резонаторні екрани, щити, поглиначі у вигляді конусів, кубів. Ефективність такої акустичної обробки дільниць чи цехів залежить від звукопоглинальних властивостей використовуваних матеріалів, особливостей їх розташування, об’єму приміщення, співвідношення геометричних розмірів, а також місць розташування шумових джерел.

Технологічні заходи для зниження шуму доцільно передбачати ще на стадії проєктування дільниці промислового цеху. У випадку використання обладнання, яке не закладалося у проєкт на стадіє розробки, проводять модернізацію об’єкту з метою приведення шумових ефектів до прийнятих норм. Ефективним та поширеним рішенням щодо зменшення шуму на дільниці є розміщення шумного обладнання у окремо винесених за межі цеху приміщення. Це стосується компресорних, вентиляційних установок, організації окремих ковальсько-пресових цехів. Це дозволяє забезпечити зниження виробничого шуму з мінімальними витратами коштів, обладнання та матеріалів.

# ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано вихідні умови передуванню виробництва деталі «важіль ПС 10.10.060». В результаті чого визначено функціональне призначення виробу, встановлено переваги і недоліки наявної технології виробництва даної деталі.

2. На основі аналізу конструктивних особливостей, обсягів виробництва і матеріалу деталі були розглянуті декілька варіантів виробництва вихідної заготовки та на основі техніко-економічного обґрунтування вибрано оптимальний метод.

3. Згідно до конструктивних особливостей заготовки, відповідно до методу її отримання, було проведене розроблення маршруту її механічного оброблення із призначенням режимів оброблення та технічних норм часу.

4. Вибрано приспосіблення для оброблення фрезеруванням відповідальних поверхонь важеля із розрахунком основних параметрів пристроїв.

5. Розроблений маршрут механічного оброблення був обґрунтований з техніко-економічної точки зору. Відповідно розрахунковий ефект по економії коштів становить 841260 грн. на річну програму виробництва.

6. Наведено заходи щодо дотримання техніки безпеки при роботі з абразивними кругами і зниження шуму на виробництві.

# ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ


1. Бялік О. М., Черненко В. С., Писаренко В. М. та ін. Металознавство : підручник. Київ : Політехніка, 2018. 384 с.
2. Григурко І. О., Брендуля М. Ф., Доценко С. М. Технологія машинобудування. Дипломне проектування : навч. посіб. Львів : Новий світ, 2011. 768 с.
3. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготованок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
4. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
5. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2019. 240 с.
6. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
7. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2011. 557 с.
8. Стиценко Т. Є., Пронюк Г. В., Сердюк Н. М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.
9. ДСТУ 2233:2021 Інструменти різальні : веб-сайт. URL: http:// online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96754 (дата звернення: 05.05.2024).
10. Каталоги ріжучого інструменту : веб-сайт. URL: https://polidecktech.com/all-catalogs/ (дата звернення: 05.05.2024).