

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  
кронштейна 54-62136Б

Виконав: студент 4 курсу, групи МПс-41  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

Казновецький С.О.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Нормоконтроль Ткаченко І.Г.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

Рецензент   
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2023

# 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

Казновецький Сергій Олександрович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр на тему: «Розроблення технологічного процесу механічного оброблення кронштейна 54-62136Б». Робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті ім. І. Пулюя, група МТс-41. Керівник роботи – к.т.н., доцент Комар Роман Васильович.

Метою роботи є розроблення технології виготовлення деталі типу кронштейн із відповідним обґрунтуванням запропонованих рішень.

Завданням даної роботи є розробка маршруту технологічного процесу механічної обробки заданої деталі із вибором раціонального способу отримання вихідної заготовки відповідно до якої потрібно призначити відповідні операції оброблення поверхонь та технологічне оснащення для їх реалізації. Всі запропоновані конструкторсько-технологічні рішення повинні мати відповідне обґрунтування. Окремим завданням стоїть розробка заходів із забезпечення безпеки життєдіяльності та охорони праці на виробництві.

Об'єктом розробки проведених заходів служить технологічний процес мехобробки кронштейна 54-62136Б.

Практичним значенням проведених розробок є раціональний технологічний процес виробництва кронштейна 54-62136Б. Кваліфікаційна робота містить вступ, чотири основних розділи, загальний висновок, перелік використаних посилань та додатки. Загальний обсяг роботи містить 51 сторінку, додатки – 21 сторінка. Графічна частина – 5 листів формату А1.

Ключові слова: кронштейн, заготовка, технологічний процес, механічна обробка, фрезерування, свердління.

## ВСТУП

Доцільність виробництва певного продукту, у даному випадку напівкорпусного елемента типу «кронштейн», значною мірою залежить від вибраного матеріалу, конструкції виробу, послідовності операцій маршруту механічного оброблення відповідальних поверхонь. Відповідно метою даної кваліфікаційної роботи є розроблення, з точки зору раціональності, маршруту технологічного процесу обробки і виробництва заданої деталі.

У процесі виконання цього завдання потрібно вирішити багато комплексних завдань, які спрямовані на уточнення службового призначення та характеристики даного виробу, а також аналізу існуючих технічних вимог до нього. Особливу увагу доцільно приділити аналізу типовим технологічним процесам виготовлення кронштейнів, оскільки виявлені у них переваги і недоліки будуть суттєво впливати на запропоновані конструкторсько-технологічні рішення для розробки маршруту оброблення поверхонь нашого виробу. Також важливу роль відіграє вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки з урахуванням можливості спрощення її конструкції та заміни матеріалу на більш доцільніший.

У разі суттєвих змін вихідних даних до існуючого технологічного процесу необхідно буде провести вибір технологічних баз, визначити припуски на механічну обробку, режими обробки із нормами часу.

Кінцевим етапом проведених розробок, який і визначатиме їх доцільність, стане техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу виготовлення деталі кронштейн 54-62136Б для заданого типу виробництва.

# 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

## 1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.

### Аналіз технічних вимог на виріб

Даний виріб є складовою зварного моста керованих коліс самохідних сільськогосподарських комбайнів. Деталь «кронштейн 54-62136Б» є напівкорпусним виробом і призначений для кріплення двох кулачків, лівого і правого, на яких монтуються ступиці і ведучі колеса комбайна типу «КС-6Б», «Славутич», «Лан» та їх аналогів.

Позначення поверхонь деталі показано на рисунку 1.1. Відповідно, виходячи з конструктивного призначення, основними поверхнями кронштейна є поверхні *A, B, B<sub>1</sub>, E, З, М, Н*, які використовуються як установчі і опорні.

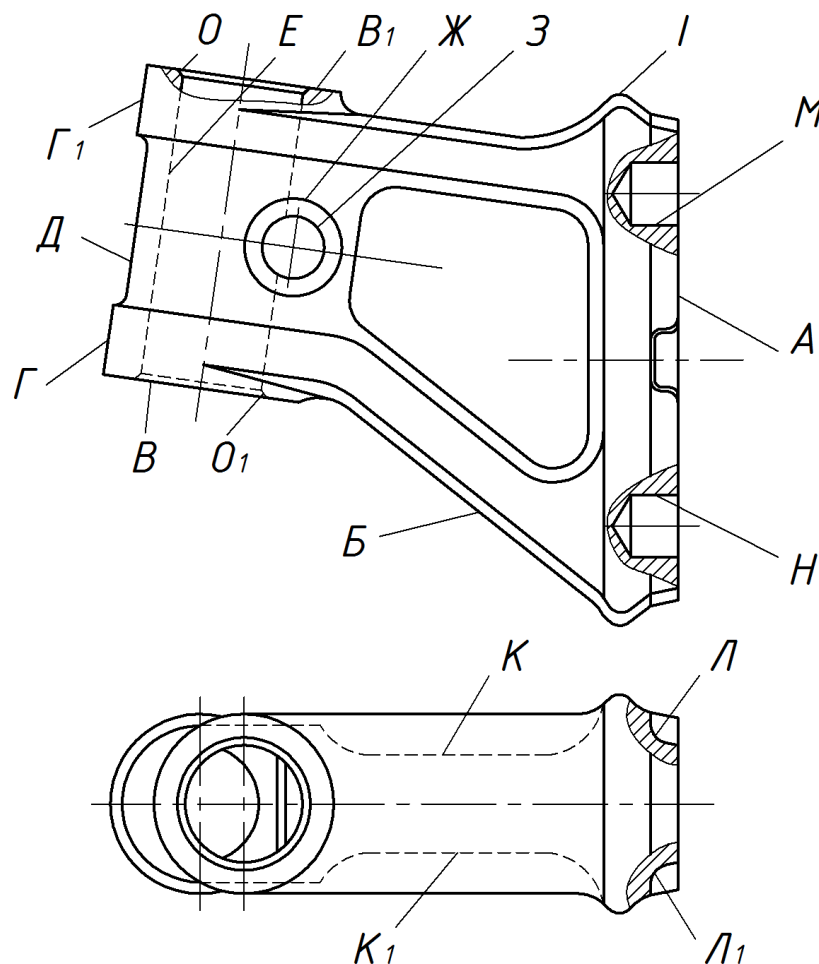


Рисунок 1.1 – Позначення поверхонь виробу

Поверхні *Б; Г, Г<sub>1</sub>, Д, Ж, І, І<sub>1</sub>, О, К, К<sub>1</sub>, Л, Л<sub>1</sub>* – є допоміжними і призначені для встановлення допоміжних комплектуючих деталей, служать технологічними базами, формують конструкцію виробу.

Поверхня *А* призначена для встановлення деталі у вузлі, а також може використовуватись як установча база при механічній обробці, шорсткість  $R_z = 80$  мкм. Відповідно технологічні отвори *М* і *Н* призначені для встановлення і базування деталі підчас механічної обробки, вони виконуються по 9-му квалітету точності ( $\varnothing 16H9$ ) і з відстанню між ними  $85 \pm 0,1$  мм. Поверхня *Е* призначена для фіксації кронштейна на вісі. Точність виконання отвору *Е* по 8-му квалітету ( $\varnothing 30H8$ ), причому товщина стінки між поверхнями *Е* і *Д* повинна становити не менше 6,5 мм. Шорсткість даної поверхні  $R_z = 20$  мкм. Плоскі поверхні *В, В<sub>1</sub>* є опорними і пов'язані з отвором *Е* технічними вимогами на торцеве биття згідно яких відхилення від торцевого биття не повинно перевищувати 0,02 мм, шорсткість  $R_a = 1,25$  мкм. Отвір *З* призначений для розміщення фіксуючого пальця, який запобігає провертанню кронштейна. Отвір виконується по 11-му квалітету точності ( $\varnothing 16H11$ ) із шорсткістю  $R_z = 20$  мкм. Згідно технічних умов отвори *Е* і *З* повинні знаходитись в діапазоні розміру  $42 \pm 0,6$  мм.

Деталь виготовляється із конструкційної сталі марки 35. В якості експлуатаційних і оброблюваних характеристик якої розглянемо її основні механічні властивості, які наведено у вигляді таблиці 1.1 [1].

Таблиця 1.1 – Основні механічні властивості сталі 35

Марка	Характеристика					
	$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta_5$ , %	$\psi$ , %	КСУ, Дж/см <sup>2</sup>	НВ
Сталь 35	529-531	310-316	19-21	43-44	67-68	150...175

Проаналізуємо основні технічні вимоги до поверхонь деталі, яка підлягає виробництву, із встановленням методів їх забезпечення і контролю. Дані цього аналізу технічних умов на виробництво представлено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Аналіз технічних умов

Поверхня згідно рисунку	Вимога до поверхні	Спосіб забезпечення	Спосіб контролювання
<i>A</i>	Забезпечити шорсткість $R_z = 80$ мкм	Фрезерування в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості
<i>M; H</i>	Забезпечити точність поверхні по 9-му квалітету і міжосьову відстань $85 \pm 0,1$ мм	Одночасне свердління в спеціальному кондукторі	Калібри
<i>E</i>	Забезпечити точність поверхні по 8-му квалітету, перпендикулярність $0,1/25$ , шорсткість $R_z = 20$ мкм	Свердління в спеціальному пристрої з наступним протягуванням	Зразки шорсткості, калібри, спеціальний пристрій
<i>B; B_1</i>	Забезпечити торцеве биття $0,02$ мм; шорсткість $R_a = 1,25$ мкм	Фрезерування, шліфування в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості, калібри, спеціальний пристрій
<i>3</i>	Забезпечити точність поверхні по 11-му квалітету, шорсткість $R_z = 20$ мкм	Свердління в спеціальному пристрої	Зразки шорсткості, калібри

До всіх інших поверхонь не має чітко регламентованих вимог щодо точності їх виконання, відповідно їх точність визначається та забезпечується точністю способу одержання заготовки. В загальному деталь має достатню жорсткість для механічного оброблення фрезеруванням, свердлінням та шліфуванням, проте закріплення її у стандартних приспособленнях для механічного оброблення вище вказаними способами є проблематичним із точки зору забезпечення постійності технологічних баз та порушення її геометричних

розмірів і форм. Тому для забезпечення операцій механічного оброблення доцільно провести вибір спеціальних пристроїв із встановленням заготовки на установочні штирі і призми та застосуванням важільних пневматичних механізмів.

## **1.2 Аналіз базового технологічного процесу**

Технологія виготовлення кронштейна 54-62136Б базовим підприємством орієнтується на серійне виробництво. Відповідно даний технологічний процес характеризується типовим маршрутом обробки для деталей цього класу.

Попередньо можна зазначити, що базовий технологічний процес виготовлення кронштейна є відповідним виробничим умовам, проте може бути вдосконаленим відповідно до можливих конструкторсько-технологічних рішень, які можуть бути запропоновані. Зокрема тих, які будуть пов'язані із зміною конструкції заготовки у зв'язку із вибором способу її одержання.

Щодо конструкторсько-технологічних баз, то вони вибрані правильно з дотриманням принципу їх єдності і постійності. Також виконується умова, що при першій операції обробляються ті поверхні, які в подальшому служать базовими для інших операцій. Окремі операції маршруту технологічного процесу доцільно змінити з метою підвищення продуктивності мехобробки.

Щодо єдності баз то всі види баз поєднує в собі торцева поверхня *A* деталі, яка обробляється фрезеруванням (операція 005). Точність базування підвищується використанням двох технологічних отворів, які отримують свердлінням (операція 010) на попередньо обробленій торцевій поверхні. Операцію базового технологічного процесу 015 – вертикально-протяжну, з метою скорочення кількості використовуваного різнотипного верстатного обладнання, доцільно буде замінити горизонтально-фрезерною з використанням вже наявного горизонтально-фрезерного верстату. Вертикально-свердлильні операції (020, 025, 030, 035, 040), які виконуються на



вертикально-свердлильних верстатах доцільно скоротити із відповідною кількістю переходів і проводити на вертикально-свердлильному верстаті з багатошпindelними головками. Операцію 045 – вертикально-фрезерну можна не використовувати, оскільки канавка (поверхня Ж), яка обробляється під час даної операції, не впливає на функціональне призначення виробу, відповідно можна внести відповідні корективи в конструкцію знизивши загальну собівартість деталі і підвищивши її технологічність.

Операції базового ТП 050 – горизонтально-протяжну і 055 – плоскошліфувальну доцільно залишити без змін, оскільки спосіб обробки і використовуване обладнання забезпечує технічні вимоги до оброблюваних поверхонь.

Також можна вдосконалити оснащення операцій, що полягає у використанні більш прогресивного технологічного оснащення, в тому числі для комплексного контролю деталі, як приймального так і в процесі обробки. Доцільно також застосовувати активний контроль параметрів виробу під час механічного оброблення, а саме у вертикально-свердлильних операціях, якими обробляється більшість відповідальних поверхонь деталі.

### **1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу**

Проведений аналіз службового призначення, характеристик об'єкту виробництва, технічних вимог на нього та базового технологічного процесу виробництва кронштейна 54-62136Б показав, що у загальному дана деталь є достатньо технологічною, не повинна спричиняти особливих труднощів у виготовленні, її матеріал та сама конструкція є раціональними.

Відповідно основними задачами на кваліфікаційну роботу є:

- призначення раціональнішого способу отримання вихідної заготовки;
- відповідно до нього потрібно розробити маршрут технологічного процесу механічної обробки заданої деталі;

- призначити відповідні операції оброблення поверхонь та технологічне оснащення для їх реалізації;
- провести техніко-економічне обґрунтування запропонованих конструкторсько-технологічних рішень;
- розробити заходи із забезпечення безпеки життєдіяльності та охорони праці на виробництві.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Для машинобудування передбачено наступні типи виробництв: одиничний, дрібносерійний, серійний, крупносерійний та масовий. Оскільки вихідні дані співпадають із даними базового технологічного процесу, а саме програма випуску рівна 6000 шт. у рік – то така кількість відповідає дрібносерійному виробництву. Організаційна форма виробництва приймається відповідно до його типу [2]. Передбачено дві основні форми організації виробництва: групова і потокова.

Потоковий метод виробництва найефективніше проявляє себе при застосуванні у крупносерійному та масовому виробництві, а групова форма організації виробництва відзначається однорідністю конструктивно-технологічних ознак виробів; засобами технологічного оснащення, які є однаковими для однієї або декількох операцій; відповідною спеціалізацією по однотипних výroбах робочих місць.

Враховуючи аналіз службового призначення, характеристик об'єкту виробництва, технічних вимог на нього та базового технологічного процесу виробництва кронштейна приймаємо групову організаційну форму виробництва.

Для передбаченого (дрібносерійного) виготовлення значення такту виготовлення [2]

$$t_g = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \quad (2.1)$$

де  $F_d$  – фактичний річний фонд часу роботи обладнання, год.;  $F_d = 4015$  год.;

$N$  – річна програма випуску виробів, шт.;  $N = 6000$  шт.

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

Кількість деталей для одночасного запуску у виробництво [2]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.2)$$

де  $a$  – кількість днів, для яких необхідно мати запасні вироби,  $a = 5$ ;

$F$  – кількість робочих днів у році,  $F = 250$  днів.

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

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

За вихідними даними передбачено в якості матеріалу виробу сталь 35. Керуючись рекомендаціями [3] та виходячи із функціонального призначення деталі заготовку з даного матеріалу доцільно виготовляти способами:

- 1) вільним куванням;
- 2) гарячим штампування в пресах.

Із можливих варіантів одержання заготівлі приймемо той, який по результатах визначення собівартості виявиться більш дешевшим. Розрахунки вартості заготовки проведемо згідно рекомендацій [3]. Відповідно вартість заготівлі за нашими варіантами рівна

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

де  $C_i$  – базова вартість 1 т. заготовок, грн.;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_O$  – коефіцієнти, які враховують відповідні класи точності; групи складності; масу; марку матеріалу; об'єм випуску заготовок;

$Q$  – маса заготовки, кг;

Наближену вагу заготовки можна розрахувати за формулою [3]

$$Q = \gamma \cdot K_{II} \cdot V_{\partial}, \quad (2.4)$$

де  $\gamma$  – питома вага матеріалу заготовки,  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ ;

$K_{II}$  – коефіцієнт, що враховує наявність припусків,  $K_{II} = 1,02 \dots 1,5$ ;

$V_{\partial}$  – наближений об'єм заготовки;

$q$  – маса готового виробу,  $q = 1,6 \text{ кг}$ ;

$S_{відх}$  – вартість 1 тонни відходів,  $S_{відх} = 8000 \text{ грн}$ .

Розрахуємо вартість проектних заготовок згідно попередньо прийнятих способів їх одержання.

Варіант 1: вільне кування

$C_i = 49000 \text{ грн.}$ ;

$K_T = 1$ ;  $K_C = 1,15$ ;  $K_B = 1,3$ ;  $K_M = 1$ ;  $K_O = 1$ ;  $K_{II} = 1,1$ .

$$Q = 7,8 \cdot 1,5 \cdot 429,9 \approx 5030 \text{ г} = 5,03 \text{ кг}$$

$$S_{заг1} = \left( \frac{49000}{1000} \cdot 5,03 \cdot 1 \cdot 1,15 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (5,03 - 1,6) \frac{8000}{1000} = 341,03 \text{ грн.}$$

Варіант 2: гаряче штампування в пресах

$C_i = 62000 \text{ грн.}$ ;

$K_T = 1$ ;  $K_C = 1$ ;  $K_B = 1,2$ ;  $K_M = 1$ ;  $K_O = 1$ ;  $K_{II} = 1,02$ .

$$Q = 7,8 \cdot 1,3 \cdot 394,3 = 3998 \text{ г} \approx 4,0 \text{ кг}$$

$$S_{заг2} = \left( \frac{62000}{1000} \cdot 4,0 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (4,0 - 1,6) \frac{8000}{1000} \approx 278,4 \text{ грн.}$$

Отримані результати розрахунків вказують на те, що більш доцільним є варіант 2 – гаряче штампування в пресах. Отриманий економічний ефект за період випуску  $N = 6000$  шт.

$$E_3 = (S_{заг1} - S_{заг2}) \cdot N, \quad (2.5)$$

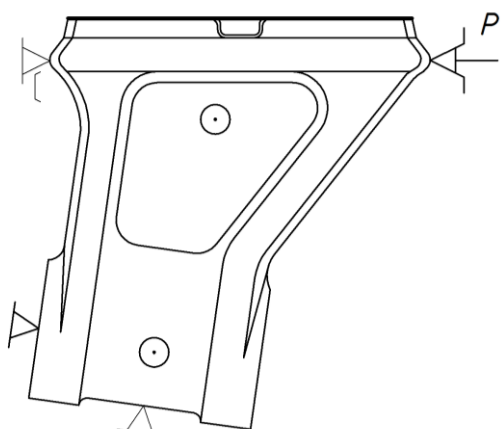
Відповідно

$$E_3 = (341,03 - 278,4) \cdot 6000 = 375780 \text{ грн.}$$

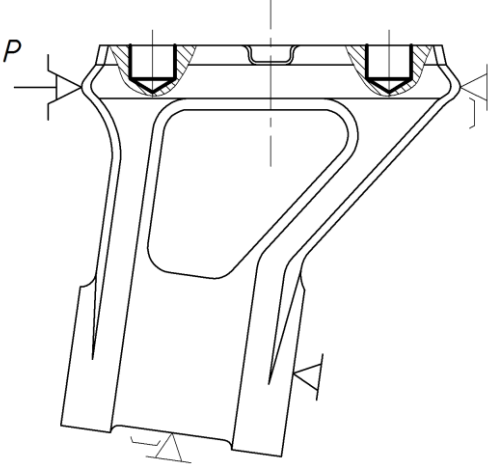
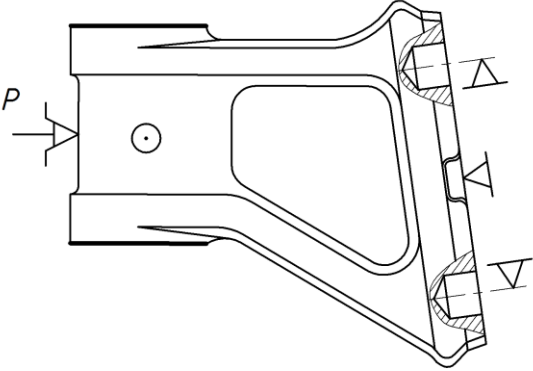
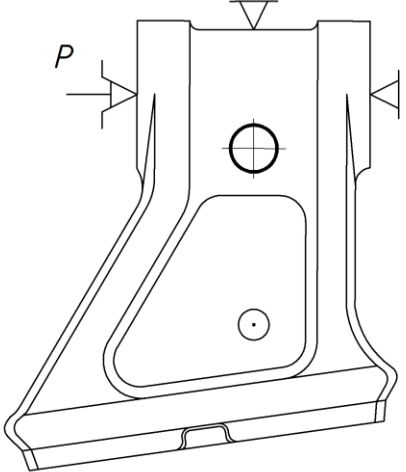
### 2.3 Вибір технологічних баз

Під час встановлення технологічних баз необхідно дотриматися принципу їх суміщення [4], тобто технологічні, вимірювальні, установочні баз, по можливості, призначити по однакових поверхнях, згідно прийнятих позначень поверхонь (рис.1.1). Для наглядності вибору технологічних баз схеми базування зведено у таблицю 2.1.

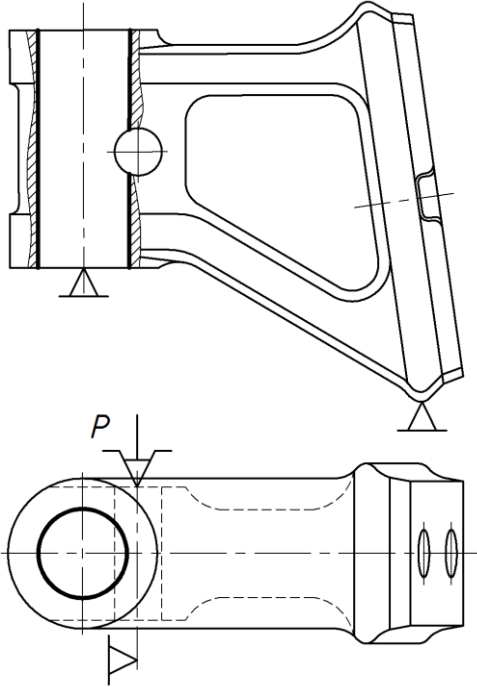
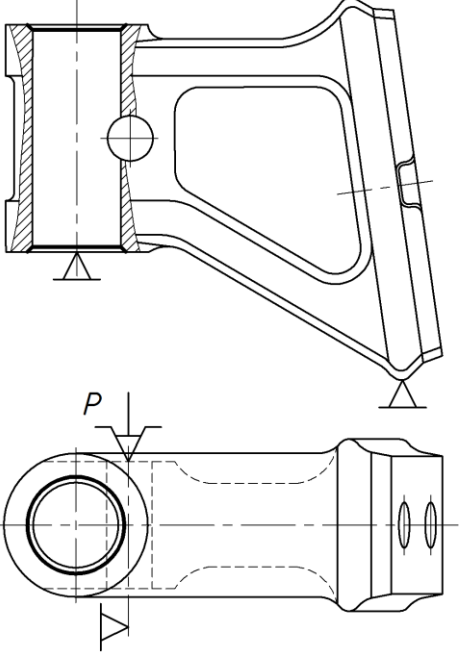
Таблиця 2.1 – Схеми базування та закріплення деталі

Поверхня для оброблювання	База за технологією	Зображення для встановлювання і фіксування
1	2	3
A	$B_1, D, K, K_1, I, I_1$	

Продовження таблиці 2.1

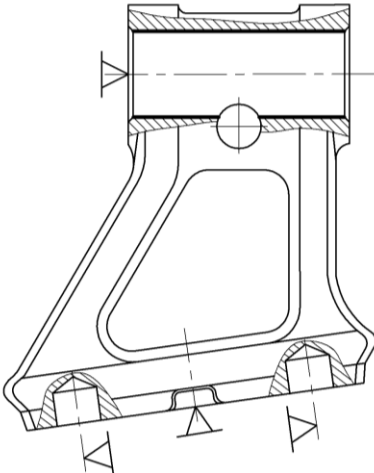
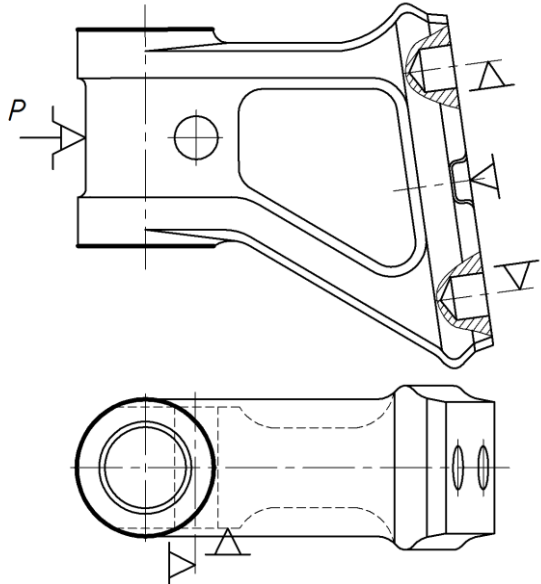
1	2	3
<p><i>M, H</i></p>	<p><i>B<sub>1</sub>, Д, I</i></p>	
<p><i>B, B<sub>1</sub></i></p>	<p><i>A, Д, M, H</i></p>	
<p><i>3</i></p>	<p><i>B, B<sub>1</sub>, Д, K<sub>1</sub></i></p>	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
<p><i>E</i></p>	<p><i>B, I, 3</i></p>	 <p>The drawing shows a mechanical part with a complex, curved profile. The top view is a perspective drawing showing a rounded rectangular shape with a central cutout. The bottom view is a cross-section labeled 'P', showing a circular hole on the left and a rectangular section on the right. The part is supported by two triangular stands.</p>
<p><i>O, O<sub>1</sub></i></p>	<p><i>B, I, 3</i></p>	 <p>The drawing shows a mechanical part similar to the one above. The top view is a perspective drawing showing a rounded rectangular shape with a central cutout. The bottom view is a cross-section labeled 'P', showing a circular hole on the left and a rectangular section on the right. The part is supported by two triangular stands.</p>



Кінець таблиці 2.1

1	2	3
<i>E</i>	<i>A, B, M, H</i>	
<i>B, B<sub>1</sub></i>	<i>A, Д, M, H, З, Г</i>	

### 2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

Візьмемо у розроблення різнотипні варіанти технологічних процесів механічного оброблення заготовки з метою вибору оптимального. Позначення оброблюваних і базових поверхонь згідно рисунку 1.1. Маршрути технологічних процесів оброблення поверхонь наведено відповідно у таблицях 2.2 і 2.3.

Таблиця 2.1 – Перший маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, переходу	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання мод.
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати торець	<i>A</i>	<i>Д; I; В</i>	6Р82Г
010	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 2 технологічні отв. Ø16	<i>Н; М</i>	<i>В; Д; I</i>	2Н125
015	Вертикально-протяжна 1. Протягнути поверхню в розмір 50; 2. Протягнути поверхню в розмір 80	<i>В; В<sub>1</sub></i>	<i>А; Д; К; К<sub>1</sub>; М; Н</i>	775
020	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір Ø14,25	<i>З</i>	<i>В; В<sub>1</sub>; К<sub>1</sub>; Д</i>	2Н125
025	Вертикально-свердлильна 1. Зенкерувати отвір до Ø16Н11	<i>З</i>	<i>В; В<sub>1</sub>; К<sub>1</sub>; Д</i>	2Н125
030	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір Ø16	<i>Е</i>	<i>А; З; К; М; Н; В</i>	2Н135
035	Вертикально-свердлильна 1. Розсвердлити отвір до Ø29	<i>Е</i>	<i>А; З; К; М; Н; В</i>	2Н135
040	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати фаску в розмір 2,6×45° 2. Переустановити деталь 3. Зенкувати фаску в розмір 2,6×45°	<i>О; О<sub>1</sub></i>	<i>В; В<sub>1</sub>; Е К; К<sub>1</sub></i>	2Н135
045	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати канавку в розмір Ø25×2	<i>Ж</i>	<i>В; В<sub>1</sub>; К<sub>1</sub>; Д</i>	6Р10
050	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути отвір Ø30Н8	<i>Е</i>	<i>А; В; М; Н</i>	7Б56
055	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати поверхні в розмір 80 <sub>0,2</sub>	<i>В; В<sub>1</sub>;</i>	<i>А; Д; К; К<sub>1</sub>; М; Н</i>	3Г71
060	Слюсарна	Усі	–	–
065	Промивка	Усі	–	–
070	Приймальний контроль	Усі	–	–

Таблиця 2.3 – Другий маршрут механічної обробки

№ операції	Назва операції, переходу	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Обладнання мод.
1	2	3	4	5
005	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати торець	<i>A</i>	<i>Д; І; В</i>	6Р82Г
010	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 2 технологічні отв. Ø16	<i>Н; М</i>	<i>В; Д; І</i>	2С132
015	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхні в розмір 80	<i>В; В<sub>1</sub></i>	<i>А; Д; К; К<sub>1</sub>; М; Н</i>	6Р82Г
020	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір Ø14,25 2. Зенкерувати отвір до Ø16Н11	<i>З</i>	<i>В; В<sub>1</sub>; К<sub>1</sub>; Д</i>	2С132
025	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити отвір Ø16 1. Розсвердлити отвір до Ø29	<i>Е</i>	<i>А; З; К; М; Н; В</i>	2С132
030	Вертикально-свердлильна 1. Зенкувати фаску в розмір 2,6×45° 2. Переустановити деталь 3. Зенкувати фаску в розмір 2,6×45°	<i>О; О<sub>1</sub></i>	<i>В; В<sub>1</sub>; Е К; К<sub>1</sub>;</i>	2С132
035	Горизонтально-протяжна 1. Протягнути отвір Ø30Н8	<i>Е</i>	<i>А; В; М; Н</i>	7Б56
040	Плоскошліфувальна 1. Шліфувати поверхні в розмір 80 <sub>-0,2</sub>	<i>В; В<sub>1</sub>;</i>	<i>А; Д; З; М; Н</i>	3Г71
045	Слюсарна	Усі	–	–
050	Промивка	Усі	–	–
055	Приймальний контроль	Усі	–	–

У другому варіанті маршруту механічного оброблення була проведена заміна окремих видів обладнання на більш сучасніше і однотипне, що у перспективі дозволить підвищити продуктивність і знизити собівартість механічної обробки. Крім того операція 045 – вертикально-фрезерна не

проводиться, оскільки канавка (поверхня  $\mathcal{J}$ ), що виконується під час даної операції, не є функціонально важливою для виробу.

## 2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

Визначення припусків на оброблення поверхонь здійснимо за відповідною методикою [2]. За цим принципом проведемо розрахунок припусків і міжопераційних розмірів на обробку паралельних поверхонь  $B$ ,  $B_1$  у встановлений розмір  $80_{-0,2}$  мм.

Згідно варіанту технологічного маршруту обробки цих поверхонь послідовність оброблення складається із переходів:

1. фрезерування;
2. шліфування.

Проведемо розрахунок припусків на механічне оброблення:

Заготована (гаряче штампування):  $R_z = 150$  мкм;  $T = 250$  мкм;

1. фрезерування:  $R_z = 30$  мкм;  $T = 30$  мкм;

2. шліфування:  $R_z = 5$  мкм;  $T = 15$  мкм.

Загальне значення просторових відхилень при базуванні заготовки [2]

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.6)$$

де  $\rho_{кор}$  – значення короблення поверхні, мкм;

$\rho_{зм}$  – загальне зміщення заготовки, мкм.

Значення короблення

$$\rho_{кор} = \Delta_{\kappa} l, \quad (2.7)$$

де  $\Delta_{\kappa}$  – питома кривизна поверхні,  $\Delta_{\kappa} = 1,5$  мкм / мм;

$l$  – довжина поверхні заготовки,  $l = 155$  мм.

$$\rho_{кор} = 1,5 \cdot 155 = 232,5 \approx 233 \text{ мкм.}$$

Загальне зміщення встановлення заготовки по даній поверхні

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2}, \quad (2.8)$$

де  $\delta_1$  – допуск на розмір розміщення центрувальних отворів,  $\delta_1 = 200$  мкм.

$$\rho_{см} = \sqrt{\left(\frac{200}{2}\right)^2} = 100 \text{ мкм.}$$

$$\rho_3 = \sqrt{233^2 + 100^2} \approx 254 \text{ мкм.}$$

Значення надлишкового просторового відхилення після механічного оброблення поверхонь

$$\rho_1 = 0,05\rho_3 = 0,05 \cdot 254 \approx 13 \text{ мкм;}$$

$$\rho_2 = 0,05\rho_1 = 0,05 \cdot 13 \approx 1 \text{ мкм.}$$

Похибка базування спричинена ймовірним перекосом заготовки під час її установки на установочні штирі при способи для механічного оброблення. Перекос спричинений у результаті можливого зазору між поверхнею установочного штиря і діаметром отвору заготовки. Допустимо-максимальне значення цього зазору

$$S_{\max} = \delta_A + \delta_B + s_{\min}, \quad (2.9)$$

де  $\delta_A$  – допуск на діаметр отвору,  $\delta_A = 16$  мкм;

$\delta_B$  – допуск на діаметр установочного штиря,  $\delta_B = 14$  мкм;

$s_{\min}$  – мінімальний зазор між їх установочними поверхнями,  $s_{\min} = 13$  мкм.

Можливий кут повертання заготовки на установочному штирі

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\delta_A + \delta_B + s_{\min}}{L_c}, \quad (2.10)$$

де  $L$  – відстань між установочними штирями,  $L = 85$  мм.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{0,016 + 0,014 + 0,013}{85} = 0,0005$$

Похибка базування по довжині оброблюваної поверхні

$$\varepsilon_{\bar{o}} = l \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.11)$$

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 80 \cdot 0,0005 = 0,04 \text{ мм} = 40 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення заготовки  $\varepsilon_3 = 180$  мкм [4]. Похибка установки під час фрезерування

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2}. \quad (2.12)$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{40^2 + 180^2} \approx 184 \text{ мкм.}$$

Так як оброблення здійснюється на одному пристосібленні, то похибка встановлення під час шліфування

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1. \quad (2.13)$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 184 \approx 9 \text{ мкм}$$

Мінімальні міжопераційні припуски [2]

$$2Z_{\min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1}). \quad (2.14)$$

Мінімальний припуск на оброблення

$$2Z_{\min 1} = 2(150 + 250 + 254) = 2 \cdot 654 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2} = 2(30 + 30 + 13) = 2 \cdot 73 \text{ мкм.}$$

Розрахункове значення розміру  $l_p$  визначаємо шляхом послідовного додавання до кінцевого розміру розрахункового мінімального припуску за кожен технологічний перехід обробки. Для фрезерування

$$l_{p1} = 80 + 0,146 = 80,146 \text{ мм;}$$

- для заготовки

$$l_{p2} = 80,146 + 1,308 = 81,454 \text{ мм.}$$

Відповідно граничні розміри:

- для шліфування  $l_{\min 3AG} = 79,8 \text{ мм;}$

$$l_{\max 3AG} = 79,8 + 0,2 = 80 \text{ мм;}$$

- для фрезерування  $l_{\min 3AG} = 80,15 \text{ мм;}$

$$l_{\max 3AG} = 80,15 + 0,25 = 80,4 \text{ мм;}$$

- для заготівлі  $l_{\min 3AG} = 81,45 \text{ мм;}$

$$l_{\max 3AG} = 81,45 + 3,2 = 84,65 \text{ мм.}$$

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

$$2z_{\min 2}^{np} = 80,15 - 79,8 = 0,35 \text{ мм} = 350 \text{ мкм;}$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 80,4 - 80 = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм;}$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 81,45 - 80,15 = 1,3 \text{ мм} = 1300 \text{ мкм;}$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 84,65 - 80,4 = 4,25 \text{ мм} = 4250 \text{ мкм.}$$

Загальні припуски на оброблення  $z_{0\min}$  і  $z_{0\max}$

$$2z_{0\min} = 350 + 1300 = 1650 \text{ мкм;}$$

$$2z_{0\max} = 400 + 4250 = 4650 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск

$$z_{0\text{ном}} = z_{0\min} + H_3 - H_B, \quad (2.15)$$

де  $H_3$  – нижнє відхилення заготівлі, мкм;

$H_B$  – нижнє відхилення виробу, мкм.

$$H_3 = Z_{III} + \frac{K_y}{2}, \quad (2.16)$$

де  $Z_{III}$  – допуск на можливий знос штампа,  $Z_{III} = 0,8$  мм;

$K_y$  – коливання усадки,  $K_y = 1,0$  мкм / мм.

$$H_3 = 0,8 + \frac{1,0}{2} = 0,4 \text{ мм} = 400 \text{ мкм.}$$

$$z_{0\text{ном}} = 1650 + 400 - 200 = 1850 \text{ мкм.}$$

Номінальний розмір заготівлі

$$d_{3\text{ном}} = d_{D\text{ном}} + z_{0\text{ном}} \text{ мм.} \quad (2.17)$$

$$d_{3\text{ном}} = 79,8 + 1,85 = 81,65 \text{ мм.}$$

Проведемо перевірку правильності розрахункових припусків і розмірів

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

$$400 - 350 = 250 - 200;$$

$$50 = 50.$$

$$z_{\max 1}^{np} - z_{\min 1}^{np} = \delta_3 - \delta_2;$$



$$4250 - 1300 = 3200 - 250;$$

$$2950 = 2950.$$

– що підтверджує вірність проведених розрахунків.

Таблиця 2.4 – Розрахунок припусків граничних розмірів по технологічних переходах обробки поверхонь  $B$ ,  $B_1$  у розмір  $80_{-0,2}$  мм

Технологічні переходи маршруту	Складові припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір $l_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Лімітований розмір		Лімітовані значення припусків, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$l_{\min}$	$l_{\max}$	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготівля	150	250	254	–	–	81,454	3200	81,45	84,65		
1. Фрезерування	30	30	13	184	2·654	80,146	250	80,15	80,4	1300	4250
2. Шліфування	5	15	1	9	2·73	80	200	79,8	80	350	400
										1650	4650

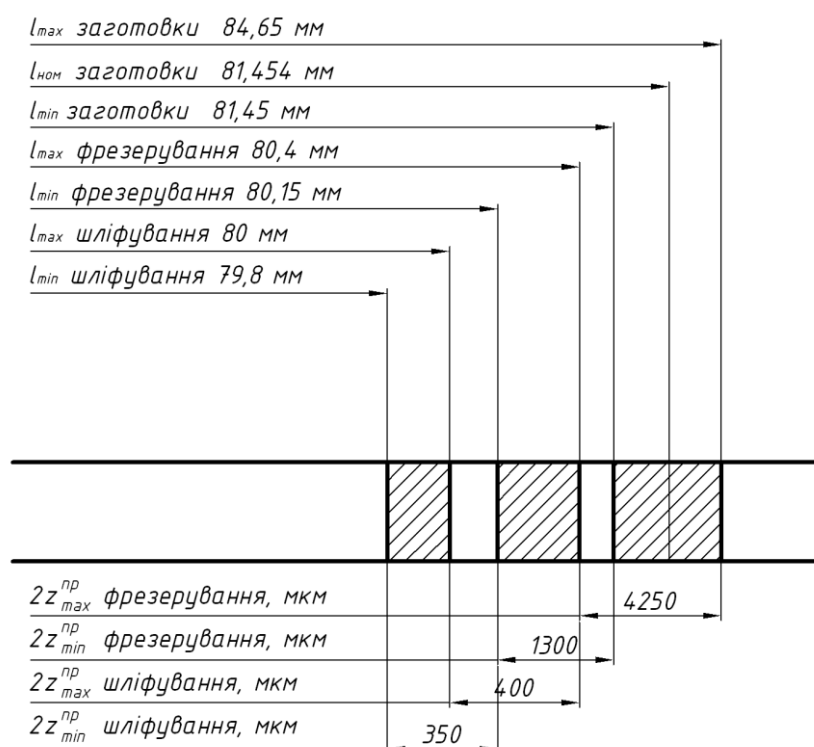


Рисунок 2.1 – Схематичне розміщення припусків і допусків на розмір  $80_{-0,2}$  мм

## 2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів

Від вибору ріжучого інструменту безпосередньо залежить якість і продуктивність оброблення поверхонь. Також на якість виробу впливають засоби контролю оброблюваних деталей. Тому під час вибору різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів будемо керуватись відповідними каталогами та стандартами. Для контролю вимог креслення щодо плоских поверхонь  $B$ ,  $B_1$ , які пов'язані з отвором  $E$  технічними вимогами на торцеве биття згідно яких значення торцевого биття не повинно перевищувати 0,02 мм, відповідно необхідний спеціальний пристрій. А для решти переходів проводимо вибір необхідного різального і вимірювального інструменту згідно даних [10, 11] і результати заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Різальний і вимірювальний інструмент

№ операції	Назва маршруту операції	Інструмент	
		ріжучий	вимірний
1	2	3	4
005	Горизонтально-фрезерна	Фреза торцева Ø100 мм T15K6 ГОСТ 26595 - 85	–
010	Вертикально-свердлильна	Свердло Ø16 мм P18 (2 шт.) ГОСТ 10902 - 77	Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 80
015	Горизонтально-фрезерна	Фреза торцева Ø160 мм T15K6 (2 шт.) ГОСТ 26595 - 85	Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 80
020	Вертикально-свердлильна	Свердло Ø14,25 мм P18 ГОСТ 10902 - 77 Зенкер Ø16 H11 BK8 ГОСТ 3231 - 71	Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 80
025	Вертикально-свердлильна	Свердло Ø18 мм P18 ГОСТ 10902 - 77 Свердло Ø29 мм P18 ГОСТ 10903 - 77	Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 80

Кінець таблиці 2.5

1	2	3	4
030	Вертикально-свердлильна	Зенківка Ø50 мм P18 ГОСТ 14953 - 80	–
035	Горизонтально-протяжна	Протяжка Ø30H8 P18 ГОСТ 20365-74	Пробка Ø30H8 ГОСТ 14810 - 69 Зразки шорсткості
040	Плоскошліфувальна	Круг шліфувальний ПП 600×60×305 25A40ПС15K5 50 м/хв., А 1 кл. (2 шт.) ГОСТ 2424-83	Зразки шорсткості
045	Слюсарна	Напильник ГОСТ 1465-80	–
050	Промивка	Корзина ПР1709	–
055	Приймальний контроль	–	Штангенциркуль ШЦ - I - 125 - 0,1 ГОСТ 166 - 80; Пробка Ø30H8 ГОСТ 14810 - 69 ; Зразки шорсткості; Контрольний пристрій

## 2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу

Режими оброблення заготовки для переведення її у повноцінний виріб є впливовими факторами для розроблення технологічного процесу. Відповідно числові значення режимів обробки повинні забезпечувати прогнозовану стійкість інструменту та необхідну якість та продуктивність механічного оброблення поверхонь. Як правило для окремих типових операцій проводять визначення режимів оброблення розрахунково-аналітичним методом із використанням нормативних даних, але оскільки у розробленому маршруті технологічного процесу не задіяні унікальні та специфічні операції – то режими



Технічні норми часу на операції маршруту технологічного процесу механічного оброблення заготовки встановлюються розрахунково-аналітичним способом. Норма штучного часу на операцію [5, 6]:

$$T_{шт} = T_o + T_\delta + T_{обсл} + T_{відп}, \quad (2.18)$$

де  $T_o$  – основний час на операцію, хв.;

$T_\delta$  – допоміжний час на операцію, хв.;

$T_{обсл}$  – час обслуговування робочого місця, хв.;

$T_{відп}$  – час на відпочинок робітника, хв.

Оперативний час рівний сумі основного і допоміжного

$$T_{оп} = T_o + T_\delta. \quad (2.19)$$

Особливість дрібносерійного виробництва передбачає визначення підготовчо-заключного та штучно-калькуляційний часів на операцію

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{п.з.}}{n}, \quad (2.20)$$

де  $T_{пз}$  – підготовчо-заключний час, хв.

Відповідно розрахунковим методом визначимо норму штучного часу на операцію 010 – вертикально-свердлильну [5].

Основний час на операцію  $T_o = 0,52$  хв. Допоміжні роботи і час на їх реалізацію:

1) встановити заготованку у приспособі і зняти після закінчення операції мехоброблення  $T_{уст} = 0,2$  хв.;

2) допоміжний час на керування верстатом  $T_{упр} = 0,12$  хв.;

3) допоміжний час на заміри поверхонь виробу  $T_{вим} = 0,08$  хв.;

Загальний допоміжний час

$$T_\delta = T_{уст} + T_{упр} + T_{вим}, \quad (2.21)$$

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

Оперативний час

$$T_{оп} = 0,52 + 0,4 = 0,92 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця (4% від оперативного часу)

$$T_{обс} = 0,04 \cdot 0,92 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і природні потреби (4% від оперативного часу)

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 0,92 \approx 0,03 \text{ хв.}$$

Штучний час

$$T_{шт} = 0,52 + 0,4 + 0,03 + 0,03 = 0,98 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час  $T_{пз} = 18 \text{ хв.}$

Штучно-калькуляційний час

$$T_{шт.к} = 0,98 + \frac{18}{240} = 1,055 \approx 1,06 \text{ хв.}$$

За цією методикою проводимо нормування для інших операцій технологічного процесу і отримані результати представимо у вигляді таблиці.

Таблиця 2.7 – Нормування операцій технологічного процесу

Номер опер.	$T_o$ , хв.	Доп. час, хв.			$T_{\partial}$ , 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	0,19	0,21	0,11	0,02	0,34	0,40	0,026	0,026	0,57	12	1,62
010	0,52	0,20	0,12	0,08	0,40	0,92	0,03	0,03	0,98	18	1,06

## Закінчення таблиці 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
015	1,6	0,64	0,48	0,08	1,20	2,8	0,11	0,11	3,02	24	3,12
020	3,58	0,32	0,18	0,08	0,58	4,16	0,16	0,16	4,48	16	4,54
025	4,26	0,35	0,12	0,11	0,58	4,84	0,19	0,19	5,22	16	5,29
030	0,40	0,20	0,12	0,08	0,40	0,80	0,03	0,03	0,86	12	0,91
035	0,23	0,42	0,16	0,11	0,69	0,92	0,04	0,04	1,00	12	1,05
040	0,46	0,32	0,12	0,08	0,52	0,98	0,04	0,04	1,06	14	1,12
045	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	12	0,50
050	—	—	—	—	—	—	—	—	0,36	10	0,40
055	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	12	0,50

## 2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Певний маршрут оброблення для необхідного техпроцесу виберемо на основі співставлення затрат керуючись їх мінімальним значенням на конкретний варіант маршруту оброблення. Суму цих витрат віднесено до часу роботи обладнання називають годинними приведеними затратами  $C_{п.з.}$ .

Величина приведених годинних затрат [2]

$$C_{п.з.} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з.} + E_H \cdot (K_C + K_3), \quad (2.22)$$

де  $C_3$  – зарплата та соцнарахування (погодинні), грн./год.;

$$C_3 = C_{Т.Ф} \cdot 1,53K, \quad (2.23)$$

де  $C_{Т.Ф}$  – тарифна ставка верстатника,  $C_{Т.Ф} = 46,85$  грн./год.;

$K$  – коефіцієнт заробітної плати налагоджувальника,  $K = 1$ ;

$M$  – коефіцієнт багатOVERстатного обслуговування,  $M = 1$ ;

$C_{ч.з}$  – витрати на експлуатацію робочого місця, грн. / год.;

$$C_{ч.з} = C_{Б.з} \cdot K_M, \quad (2.24)$$

де  $C_{Б.з}$  – практично скоректовані годинні витрати на базовому робочому місці,

$C_{Б.з} = 9,8$  грн. / год.;

$K_M$  – машино-коефіцієнт;

$E$  – нормативно-коефіцієнт,  $E = 0,2$ ;

$K_C$  – питомі годинні капітальні вкладення в обладнання;

$$K_C = \frac{Ц}{3200}, \quad (2.25)$$

де  $Ц$  – балансова вартість одиниці верстатного обладнання, грн.

$K_3$  – питомі годинні капітальні вкладення в будівлі.

$$K_3 = \frac{F \cdot 75 \cdot 100}{3200}, \quad (2.26)$$

де  $F$  – виробнича площа під одиницю верстатного обладнання, м<sup>2</sup>.

Вартість механічної обробки за операцією

$$C_O = \frac{C_{п.з} \cdot T_{шт}}{60}, \text{ грн.} \quad (2.27)$$

де  $T_{шт}$  – штучний час на операцію, хв.

Оскільки обидва маршрути різняться між собою певними операціями механічної обробки то співставлення проводимо по цих відмінних операціях.

Перший маршрут.

Операція 015 – вертикально-протяжна, верстат мод.775:

$K_M = 1,3$ ;  $Ц = 545000$  грн.;  $F = 24$  м<sup>2</sup>;

$C_3 = 46,85 \cdot 1,53 \cdot 1 = 71,68$  грн. / год.;

$C_{ч.з} = 9,8 \cdot 1,8 = 17,64$  грн. / год.



$$K_C = \frac{545000}{3200} = 170,31 \text{ грн. / год.};$$

$$K_3 = \frac{24 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 56,25 \text{ грн. / год.};$$

$$C_{1П.3015} = \frac{71,68}{1} + 17,64 + 0,2 \cdot (170,31 + 56,25) = 134,63 \text{ грн./год.}$$

Вартість механічної обробки за даною операцією

$$C_{10015} = \frac{134,63 \cdot 2,4}{60} = 5,39 \text{ грн.}$$

Операція 045 – вертикально-фрезерна, верстат мод.6P10:

$$K_M = 1,3; Ц = 340000 \text{ грн.}; F = 12 \text{ м}^2;$$

$$C_3 = 46,85 \cdot 1,53 \cdot 1 = 71,68 \text{ грн. / год.};$$

$$C_{Ч.3} = 9,8 \cdot 1,5 = 14,7 \text{ грн. / год.}$$

$$K_C = \frac{340000}{3200} = 106,25 \text{ грн. / год.};$$

$$K_3 = \frac{12 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 28,13 \text{ грн. / год.};$$

$$C_{1П.3045} = \frac{71,68}{1} + 14,7 + 0,2 \cdot (106,25 + 28,13) = 113,26 \text{ грн./год.}$$

Вартість механічної обробки за даною операцією

$$C_{10045} = \frac{113,26 \cdot 1,94}{60} = 3,66 \text{ грн.}$$

Сумарна вартість обробки по відмінних операціях

$$C_{1\Sigma O} = 5,39 + 3,66 = 9,05 \text{ грн.}$$

Другий маршрут.

Операція 015 – горизонтально-фрезерна, верстат мод.6P82Г:

$$K_M = 1,3; C = 375000 \text{ грн.}; F = 16 \text{ м}^2;$$

$$C_3 = 46,85 \cdot 1,53 \cdot 1 = 71,68 \text{ грн. / год.};$$

$$C_{q,3} = 9,8 \cdot 1,5 = 14,7 \text{ грн. / год.}$$

$$K_C = \frac{375000}{3200} = 117,19 \text{ грн. / год.};$$

$$K_3 = \frac{16 \cdot 75 \cdot 100}{3200} = 37,5 \text{ грн. / год.};$$

$$C_{2П.3015} = \frac{71,68}{1} + 14,7 + 0,2 \cdot (117,19 + 37,5) = 117,32 \text{ грн./год.}$$

Вартість механічної обробки за даною операцією

$$C_{2o} = \frac{117,32 \cdot 3,02}{60} = 5,91 \text{ грн.}$$

Очікуваний економічний ефект на річну програму випуску складе

$$E_M = (C_{1\sigma o} - C_{2o}) \cdot N = (9,05 - 5,91) \cdot 6000 = 18840 \text{ грн.}$$

Таблиця 2.8 – Порівняльні дані техніко-економічного обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Основні характеристики	Варіант оброблення	
	перший	другий
Відмінні операції	1. Вертикально-протяжна 2. Вертикально-фрезерна	Горизонтально-фрезерна —
Вартість обробки, грн.	9,05	5,91
Економічний ефект річної програми, грн.	—	18840

## 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

### 3.1 Вибір пристосувань для механічної обробки

#### 3.1.1 Пристрій для фрезерування торця

Для механічної обробки фрезеруванням торцевої поверхні *A* (опорної) (рис 1.1) можна використати пристрій (рис.3.1), який конструктивно складений із корпусу 3. На даному корпусі розміщені всі установочні та закріплювальні деталі. Базувально-встановочними деталями для виробу служать упори 9, 15 на які заготовка встановлюється горизонтально і з підтиском у торцеві поверхні. Також встановлення і центрування заготовки здійснюється за допомогою нерухокої вертикально розміщеної установчої призми 8, яка кріпиться на стійці плити корпусу 3. Затиск здійснюється важелем 4. Притискне зусилля передається із пневмоциліндра 1 через важільний механізм у якому задіяні осі 5, 6 із вилкою 7.

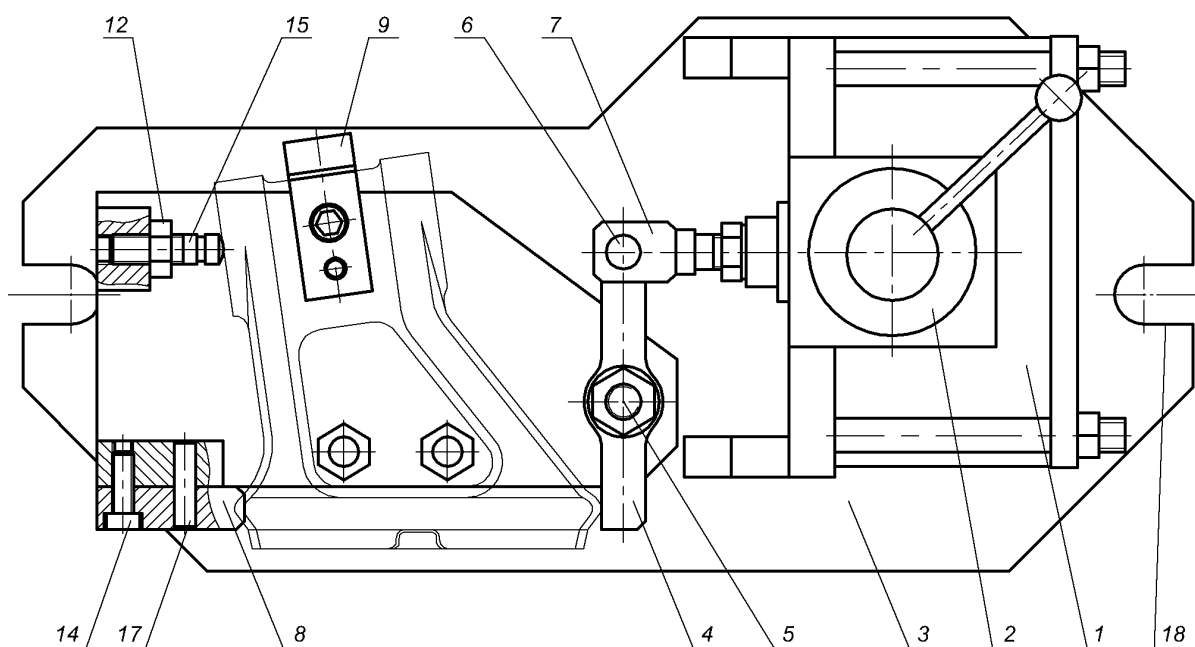


Рисунок 3.1 – Пристрій для фрезерування торця в деталі 54-62136Б

Для здійснення технологічних операцій «затиск-розтиск заготівлі» використовується пневморозподільний кран 2, який за допомогою

трубопроводів з'єднаний з пневмоциліндром 1. Подача стисненого повітря в пневмоциліндр здійснюється від пневмосистеми. Встановлення такого пристосування на металообробному устаткуванні забезпечують 2-і шпонки. Закріплюється болтами (на кресленні не вказано) через пази 18 на бічних сторонах плити корпусу 3.

### 3.1.2 Пристрій для свердління отв. $\varnothing 14,25$ і зенкерування $\varnothing 16H11$

Для свердлильних операцій технологічного процесу механічної обробки отвору  $\varnothing 14,25$  мм можна використати пристрій (кондуктор), який виконаний у вигляді корпусу 3 який виготовлений зваркою і на якому приварені чи прикручені інші компоненти, а саме плита з торцевими упорами 8, 25, 26 і пневматичний затискний пристрій у вигляді пневмоциліндра 1. Оброблювана деталь встановлюється на нерухому втулці 6 з підтиском до упорних пластин 8 і 26, які розміщені під кутом  $90^\circ$  одна відносно одної. З нижньої сторони оброблювана деталь встановлюється на регульовану опору 25, яка підтримує її в горизонтальному положенні. Дані елементи є установчими і базуючими.

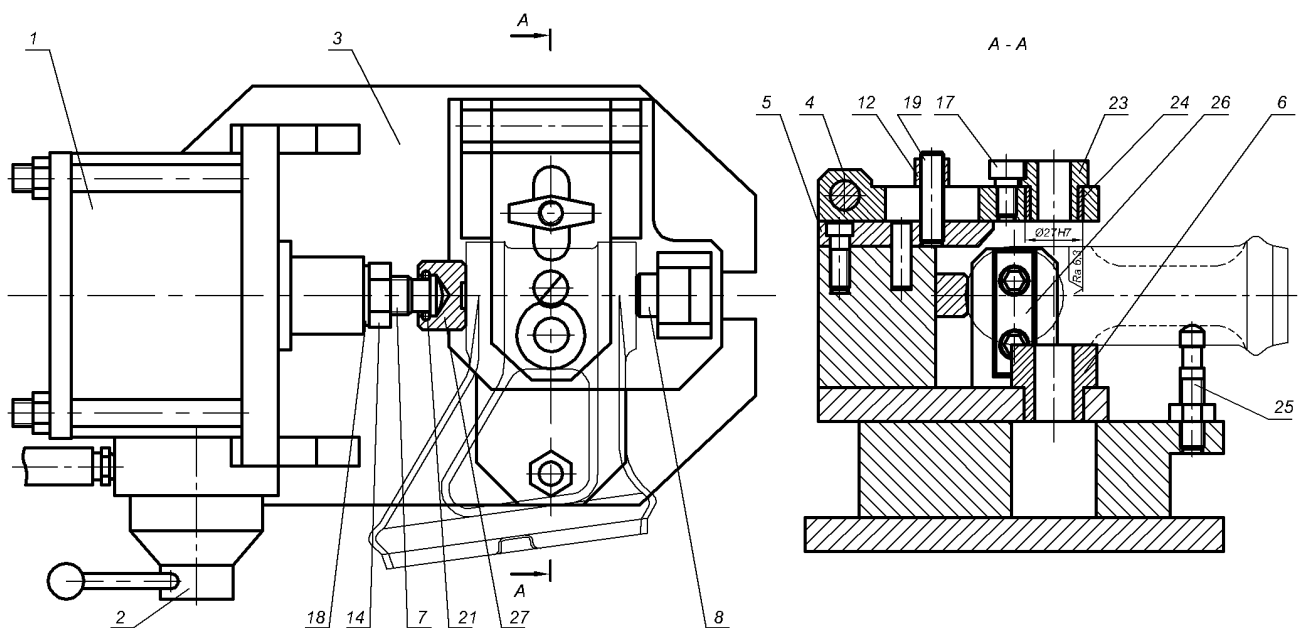


Рисунок 3.2 – Кондуктор для свердління отв.  $\varnothing 14,25$  і зенкерування отв.  $\varnothing 16H11$  в деталі 54-62136Б

Затиск здійснюється п'ятою 27 пневмоциліндра 1 притискне зусилля на яку передається безпосередньо від пневмоциліндра. Зверху над оброблюваною деталлю розміщена відкидна кондукторна плита 4 із змінними кондукторними втулками 23, які підвищують точність механічної обробки за рахунок центрування ріжучого інструменту.

Затиск заготовки проводиться як в попередньому пристрої за допомогою пневмосистеми із пневморозподільним краном 2. Встановлюється такий пристрій на шпонки і додатково пригвинчується болтами у пазах плити.

## **3.2 Розрахунок параметрів вибраних пристосувань**

### **3.2.1 Розрахунок приводу пристосування для фрезерування торця**

Під час фрезерування деталі торцевою фрезою деталь базується на призмі з торцевими упорами, схематично встановлення виробу та дію сил на нього зображено на рисунку 3.3. Розраховувана сила притиску заготівлі діє на її поверхню і забезпечує необхідне зусилля, яке протидіє відхиленню оброблюваного виробу внаслідок сил обробки.

Сила притискування заготівлі  $P$

$$Ff + F_1f + F_2f \geq kP_{риз}, \quad (3.1)$$

де  $F$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  – складові сил тертя на притискному важелі і призмі;

$f$  – коефіцієнт тертя в місці контакту поверхні заготівлі та установчих і затискних елементів,  $f = 0,15$ ;

$P_{риз}$  – сила різання, Н. Визначається за формулою [2]

$$P = C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot z \cdot B^z \cdot D^q, \quad (3.2)$$

де  $C_p$  – постійний коефіцієнт,  $C_p = 68$ ;

$t$  – глибина різання,  $t = 1$  мм;

$S_z$  – подача на зуб фрези,  $S_z = 0,08$  мм/зуб;

$z$  – кількість зубів фрези,  $z = 12$ ;

$B$  – ширина фрезерування,  $B = 44$  мм;

$D$  – діаметр фрези,  $D = 160$  мм;

$q, x, y, z$  – степеневі покази,  $q = -0,86$ ;  $x = 0,86$ ;  $y = 0,74$ ;  $z = 1$ .

$$P = 68 \cdot 1^{0,86} \cdot 0,08^{0,74} \cdot 12 \cdot 44^1 \cdot 160^{-0,86} = 70,5 \text{ Н.}$$

$k$  – додатковий коефіцієнт міцності (запасу). Його значення рівне [7]

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.3)$$

де  $k_1$  – гарантований коефіцієнт запасу,  $k_1 = 1,5$ ;

$k_2$  – коефіцієнт зміни величини припуску для чистових заготовок,  $k_2 = 1,0$ ;

$k_3$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання при тупому інструменті,  $k_3 = 1,2$ ;

$k_4$  – поправочний коефіцієнт при неперервному фрезеруванні,  $k_4 = 1,0$ ;

$k_5$  – коефіцієнт, що враховує пневмозатиск деталі,  $k_5 = 1,0$ ;

$k_6$  – поправочний коефіцієнт при додаткових крутних моментах,  $k_6 = 1,5$ .

Підстановкою первинних коефіцієнтів в рівність (3.3) отримаємо

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 2,7.$$

Складові сил тертя можна виразити через зусилля затиску

$$F = F_1 = F_2 = P \cdot \cos \frac{\alpha}{2}, \quad (3.4)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу сторін призми,  $\alpha = 165^\circ$ .

$$4P \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = kP_{\text{піз}}. \quad (3.5)$$

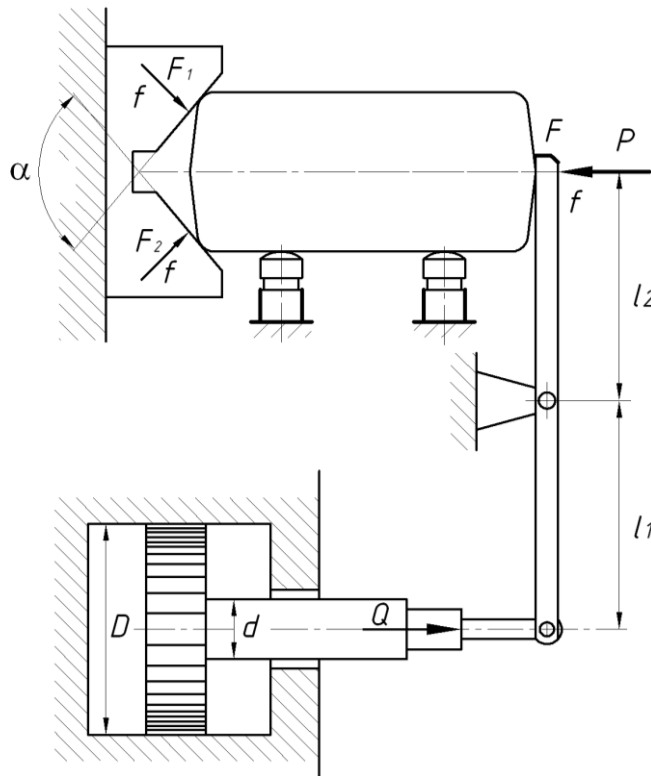


Рисунок 3.3 – Установка заготовки при фрезерному обробленні

Співвідношення між силою затиску і зусиллям пневмоциліндра

$$P = Q \cdot \frac{l_2}{l_1}, \quad (3.6)$$

де  $l_1, l_2$  – довжина плечей важеля, м.

Відповідно рівність (3.5) прийме вигляд

$$4Q \cdot \frac{l_2}{l_1} \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2} = kP_{\text{пиз}}. \quad (3.7)$$

Звідки необхідне зусилля пневмоциліндра

$$Q = \frac{kP_{\text{пиз}} l_1}{4l_2 \cdot f \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}. \quad (3.8)$$

Шляхом підстановки числових даних у рівність (3.8) отримаємо

$$Q = \frac{2,7 \cdot 70,5 \cdot 0,04}{4 \cdot 0,055 \cdot 0,15 \cdot \cos \frac{165^\circ}{2}} \approx 1777 \text{ Н.}$$

Визначення необхідного діаметра пневмоциліндра затискного пристрою проведемо за наступною залежністю [4]

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p, \quad (3.9)$$

де  $D$  – його діаметральне значення, см;

$d$  – діаметральне значення його штока,  $d = 4$  см;

$p$  – тиск повітря у пневмосистемі,  $p = 10$  кг/см<sup>2</sup>.

Відповідно

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p} + d^2}. \quad (3.10)$$

Підставивши числові дані отримаємо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1777}{3,14 \cdot 10} + 4^2} = 15,57 \text{ см} \approx 156 \text{ мм.}$$

Із стандартних діаметрів пневмоциліндрів вибираємо діаметр пневмоциліндра  $D = 160$  мм, діаметр його штока  $d = 40$  мм [4].

### **3.2.2 Розрахунок і вибір приводу пристосування для свердління отв.**

#### **Ø14,25 і зенкерування Ø16H11**

У пристосуванні для свердління отвору Ø14,25 мм і зенкерування Ø16H11 необхідно встановити зусилля для надійного фіксування продукту оброблення. Дане зусилля є базовим для визначення конструктивних значень силового пневмопристрою.



Під час оброблювання отвору способом свердління на виріб діє обертальний момент  $M$  та паралельно діюча у осьовому напрямлені сила  $P_o$  (рис.3.4). У даному випадку відбувається спільна взаємодія зусиль подачі інструменту та затискування виробу.

Під дією крутного моменту різання заготовка намагається повернутись відносно осі свердління. Цьому моменту протидіє момент сили тертя, який створюється осьовою силою і силою затиску. Сила затиску  $Q$  рівна

$$Q = \frac{2M \cdot k \cdot R}{d \cdot f \cdot R_1} - P_o, \text{ Н} \quad (3.11)$$

де  $M$  – крутний момент на інструменті, Н·м.

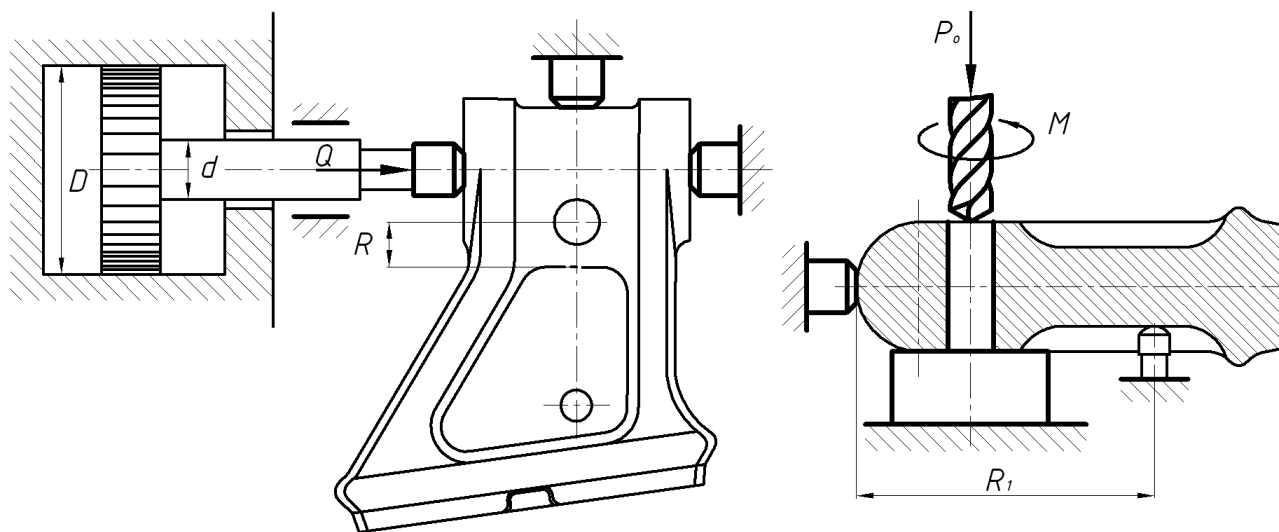


Рисунок 3.4 – Встановлення виробу у пристрої для свердління отв.

Ø14,25 і зенкерування Ø16Н11

Оскільки в одному приспособленні проводиться свердління і зенкерування, то доцільно орієнтуватися на більше значення обертових моментів. Дане зусилля моменту рівне [2]

$$M = 10 \cdot C_m \cdot d^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.12)$$

де  $C_m$  – постійний коефіцієнт,  $C_m = 0,0345$ ;

$q, y$  – степеневі показники,  $q = 2; y = 0,8;$

$k_p$  – коефіцієнт на поправки,  $k_p = 0,75;$

$S$  – подача інструменту,  $S = 0,1$  мм/об.;

$d$  – діаметр інструменту,  $d = 14,25$  мм.

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 14,25^2 \cdot 0,1^{0,8} \cdot 0,75 \approx 8,3 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Крутний момент при зенкеруванні [2]

$$M = 10 \cdot C_m \cdot d^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.13)$$

де  $t$  – глибина оброблення,  $t = 0,875$  мм;

$C_m = 0,09; q = 1; y = 0,8; x = 0,9; k_p = 0,75; S = 0,14$  мм/об.;  $d = 16$  мм.

$$M = 10 \cdot 0,09 \cdot 16^1 \cdot 0,875^{0,9} \cdot 0,14^{0,8} \cdot 0,75 \approx 2 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

– отже подальші розрахунки проводимо за моментом  $M = 8,3$  Н·м.

$k$  – коефіцієнт запасу, який розраховується за аналогією формули (3.3) з врахуванням поправкового коефіцієнта  $k_0$ ;

$k_0 = 1,5; k_1 = 1,0; k_2 = 1,15; k_3 = 1,2; k_4 = 1; k_5 = 1; k_6 = 1.$

$$k = 1,5 \cdot (1 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1) = 2,07.$$

$R$  – віддаль від свердла до заготованки,  $R = 12$  мм;

$f$  – коефіцієнт, який враховує контакт інструменту та заготованки,  $f = 0,15;$

$R_1$  – відстань між опорними площинами заготовки,  $R_1 = 100$  мм;

$R_o$  – осьова сила різання [2];

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot d^q \cdot S^y \cdot k_p, \quad (3.14)$$

де  $C_p = 68; q = 1; y = 0,7; k_p = 0,75.$

Відповідно

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 14,25^1 \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,75 = 1450 \text{ Н.}$$

Зусилля пневмоциліндра

$$Q = \frac{2 \cdot 8,3 \cdot 2,07 \cdot 0,012}{0,01425 \cdot 0,15 \cdot 0,1} - 1450 \approx 486 \text{ Н.}$$

Визначення діаметра затискного пневмоциліндра проведемо за рівністю (3.9) попередньо прийнявши  $d = 3 \text{ см.}$ ,  $p = 4 \text{ кг/см}^2$ . Відповідно отримаємо

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 486}{3,14 \cdot 4} + 3^2} = 12,7 \text{ см} = 127 \text{ мм.}$$

Із стандартних діаметрів пневмоциліндрів вибираємо діаметр пневмоциліндра  $D = 125 \text{ мм}$ , діаметр його штока  $d = 32 \text{ мм}$  [4].

### 3.3 Вибір методів і схем контролю параметрів виробу

Для контрольної операції можна використати пристрій (рис.3.5) принцип дії якого аналогічний [7]. Він оснащений індикатором, що допомагає швидко отримати точні результати. За допомогою цього пристосування також можна виміряти співвісність, паралельність та перпендикулярність поверхонь.

Плоскі поверхні  $B$ ,  $B_1$  (рис.1.1) є опорними і пов'язані з отвором  $E$  технічними вимогами на перпендикулярність згідно яких торцеве биття не більше 0,02 мм. Відповідно для контролю даної технічної вимоги необхідне приспособлення, яке б дозволяло швидко і точно проводити даний контроль, тобто дало змогу оцінити та проконтролювати ряд розмірів та відхилень деталі після її виготовлення.

Пристрій складається із корпусу із стійкою на якому розміщена тарувальна плита, яка встановлена з можливістю кругового обертання на плиту корпусу. Контрольована деталь встановлюється на регульований палець, що

встановлений у фланці тарувальної плити. Індикатор годинникового типу розміщується на тримачі, який в свою чергу, закріплений до стійки корпусу пристрою. Для легкості провертання тарувальна плита розміщена на спеціальній антифрикційній втулці, яке запресована в отвір плити корпусу.

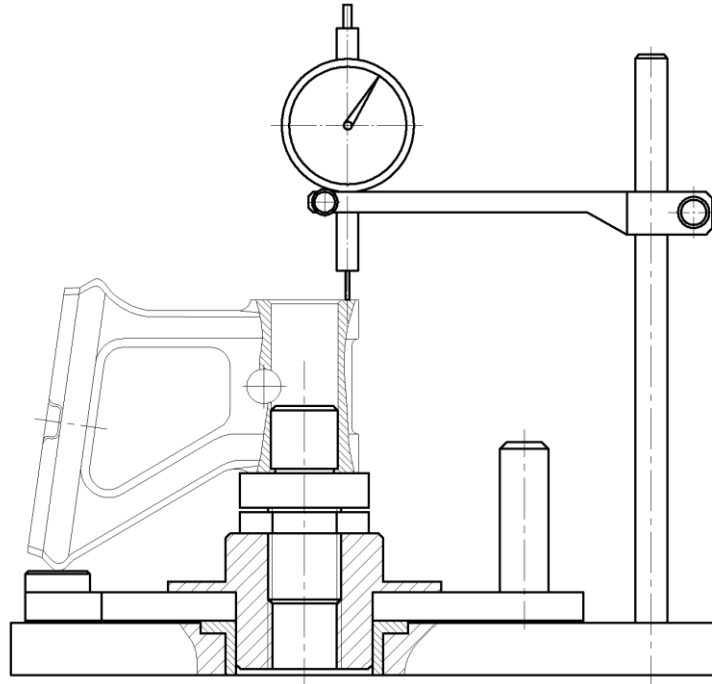


Рисунок 3.5 – Схема встановлення деталі у контрольному пристосібленні для контролю торцевого биття

Після встановлення деталі і підведення щупа індикатора провертаючи за рукоятку тарувальну плиту на  $360^\circ$  за відхиленням стрілки індикатора контролюють ступінь точності виробу.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1 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, замінюють 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 межкування 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 проектування 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.

#### **4.2 Заходи для пожежної безпеки механічної дільниці**

Будь-яке виробництво повинно передбачати заходи пожежної безпеки, а особливо це стосується виробництв із використанням горючих чи легкозаймистих речовин. У більшості виробництв машинобудівного профілю не використовуються такі матеріали за винятком фарбувальних та випробувальних дільниць і цехів. Відповідно запобігання поширенню пожежі визначається пожежною безпекою цеху чи будівлі і забезпечується:

- правильним вибором необхідного ступеня вогнестійкості будівельних конструкцій;
- раціональними об'ємно-планувальними рішеннями споруди;
- розташуванням приміщень та виробництв з урахуванням вимог пожежної безпеки;
- встановленням протипожежних перешкод у системах вентиляції, енергетичних та кабельних комунікаціях;
- обмеженням витікання горючих та легкозаймистих рідин у надзвичайних ситуаціях;
- раціональним шляхам евакуації і заходами розгортання тактичних дій на випадок пожежі.

Під час проєктування і будівництва промислових підприємств необхідно передбачати заходи, які запобігають поширенню вогню, а саме [9]:

- проводять поділ цеху протипожежними перекриттями на умовні пожежні відсіки та секції;
- влаштування протипожежних перешкод для обмеження поширення вогню по горючих конструкціях та матеріалах;

- влаштування протипожежних дверей і воріт;
- наявністю протипожежних розривів між будівлями.

Для розподілу будівлі на пожежні відсіки передбачають замість протипожежних стін наявність протипожежних зон. Такі протипожежні зони виконують у вигляді частини об'єму будівлі по всій ширині і висоті цеху, яка обмежена стінами із мінімальною межею вогнестійкості 0,75 год. Ширина протипожежної зони – не менше 12 м. У межах зони не дозволяється зберігати горючі та легкозаймисті речовини. На межах протипожежної зони цеху, на стадії проектування, передбачають водяні завіси згідно із СНіП 2.04.09-84 [9]. У межах протипожежної зони передбачають пожежні сходи на дах, а у зовнішніх стінах будівлі протипожежної зони – двері або ворота із відкриванням назовні.

Вентиляційні отвори у протипожежних стінах, перегородках та перекриттях повинні бути обладнані захисними пристроями (вогнезахисні клапани, водяні завіси) проти поширення вогню та продуктів горіння. Не допускається встановлювати будь-які пристрої, які перешкоджають нормальному закриванню протипожежних та протидимових дверей, а також знімати пристрої для їх автоматичного закривання. При складанні генеральних планів підприємства, з точки зору пожежної безпеки, важливо забезпечувати мінімально рекомендовані відстані між об'єктами та цехами підприємства. Протипожежні відстані між цехами повинні забезпечувати стійкість (неможливість загоряння) будівлі протягом часу, який необхідний для приведення у дію протипожежних засобів та обладнання.

Для захисту конструкцій із горючих матеріалів (дерева, полімерів) застосовують відповідні речовини – антипірени, які не підтримують процеси горіння. При нагріванні вони виділяють негорючі речовини, перешкоджають розкладу деревини і полімеру та виділенню горючих газів. Після закінчення термінів дії або у разі втрати чи погіршення вогнезахисних властивостей антипірену обробку (просочування) матеріалу конструкції необхідно повторити.



## ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз службового призначення, характеристик об'єкту виробництва, технічних вимог на нього та базового технологічного процесу виробництва кронштейна 54-62136Б;
2. Призначено раціональний спосіб отримання вихідної заготовки із відповідним розрахунком її собівартості;
3. Відповідно до вихідної заготовки розроблено технологічний процес механічної обробки заданої деталі;
4. Проведено техніко-економічне обґрунтування запропонованих конструкторсько-технологічних рішень, сумарний розрахунковий очікуваний економічний ефект по способу одержання заготовки та маршруту механічного оброблення склав 394620 грн.;
5. Запропоновано заходи для зниження рівня шуму і забезпечення пожежної безпеки 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 заготовок. Львів: Світ, 1996. 368 с.
4. Боровик А. І. Технологічна оснастка механоскладального виробництва : підручник. – Київ : Кондор, 2008. 726 с.
5. Багрова І. В. Нормування праці : навч. посіб. Київ : Центр навчальної літератури, 2003. 212 с.
6. . 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.
7. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. Тернопіль : ТДТУ, 2001. 277 с.
8. Пістун І. П., Стець Р. Є., Трунова І. О. Охорона праці в галузі машинобудування : навч. посіб. Суми : Університетська книга, 2011. 557 с.
9. Стищенко Т. Є., Пронюк Г. В., Сердюк Н. М. та ін. Безпека життєдіяльності: навч. посібник. Харків : ХНУРЕ, 2018. 336 с.
10. ДСТУ 2233:2021 Інструменти різальні : веб-сайт. URL: [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=96754](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=96754) (дата звернення: 05.05.2023).
11. Каталоги ріжучого інструменту : веб-сайт. URL: <https://polidecktech.com/all-catalogs/> (дата звернення: 05.05.2023).