

# КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення  
кронштейна КБ6-01.347

Виконав(ла): студент(ка) IV курсу, групи МП-41  
спеціальності 131 «Прикладна механіка»

(шифр і назва спеціальності)

	<u>Матрипула В. І.</u> (прізвище та ініціали)
Керівник	<u>Ткаченко І. Г.</u> (прізвище та ініціали)
Нормоконтроль	<u>Дячун А. Є</u> (прізвище та ініціали)
Завідувач кафедри	<u>Окіпний І. Б.</u> (прізвище та ініціали)
Рецензент	<u></u> (прізвище та ініціали)

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

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Інжинірингу машинобудівних технологій  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Окіпний І.Б.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«21» січня 2026 р.

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 131 «Прикладна механіка»  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Матрипулі Володимиру Ігоровичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу механічного оброблення кронштейна  
КБ6-01.347

Керівник роботи Ткаченко Ігор Григорович, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «21» січня 2026 року, № 4/9-26.

2. Термін подання студентом завершеної роботи 19.06.2026

3. Вихідні дані до роботи Робоче креслення кронштейна КБ6-01.347, базовий технологічний процес виготовлення деталі. Річна програма випуску – 8400 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. Загально-технічна частина. Технологічна частина. Конструкторська частина.

Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

Комплект технологічної документації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Карта технологічного налагодження поздовжньо-фрезерну операцію – А1.

Складальне креслення пристрою для фрезерування бічних площин – 4А1.

Кондуктор для свердління отвору Ø33H14 – 2А1.



## РЕФЕРАТ

Матрипула Володимир Ігорович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр на тему: «Розроблення технологічного процесу механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МП-41. Керівник – канд. техн. наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

Мета роботи – розроблення технологічного процесу механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347.

Завдання роботи: розробити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347; вибрати та обґрунтувати спосіб одержання заготовки; здійснити техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу виготовлення деталі; підібрати спеціальне технологічне оснащення для реалізації розробленого технологічного процесу; розглянути питання безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Об'єкт розробки – технологічний процес механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено технологічний процес механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347, здійснено вибір спеціального оснащення.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 15 найменувань та додатків. Обсяг основної частини роботи становить 57 сторінок, 6 рисунків, 13 таблиць, додатків – 21 сторінка. Графічна частина включає 7 аркушів формату А1.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	6
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА .....	7
1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.	
Аналіз технічних вимог на виріб .....	7
1.2 Аналіз базового технологічного процесу .....	10
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу .....	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА .....	12
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва .....	12
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки .....	15
2.3 Вибір технологічних баз .....	18
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення ...	20
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки .....	23
2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів .....	32
2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу .....	34
2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі .....	39
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА .....	44
3.1 Пристрій для фрезерування бічних площин .....	44
3.2 Кондуктор для свердління отвору $\varnothing 33H14$ .....	45
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	51
4.1 Забруднення довкілля, що виникнуть в результаті реалізації технологічного процесу.....	51
4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок .....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	56
ДОДАТКИ .....	58

## ВСТУП

Сучасний стан машинобудівного виробництва, який характерний використанням високопродуктивного, автоматизованого і точного технологічного обладнання, вимагає від інженера високої теоретичної підготовки, а також володіння сучасними технологічними прийомами.

Кожен із процесів розробки має, як правило, певні стадії, від науково-дослідних робіт до промислового освоєння. Науково-дослідні роботи конструкторського напрямку є базою для створення нового виробу, а технологічні організаційні науково-дослідні роботи в цьому комплексі спрямовані на розробку нових і вдосконалення існуючих матеріалів, технологічних процесів, форм і методів організації виробництва. Проектні роботи у процесах розробки покликані забезпечити вирішення конструкторських, технологічних і організаційних завдань, що стоять перед технологом машинобудування [1].

Саме тому при виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра особлива увага приділяється самостійній творчості здобувача вищої освіти, з метою розвитку його ініціативи у розв'язанні технічних і організаційних завдань, а також детального і творчого аналізу існуючих технологічних процесів.

Основна задача при цьому полягає в тому, щоб при роботі над кваліфікаційною роботою були сформульовані пропозиції щодо вдосконалення існуючої технології, оснащення, організації виробництва, що перевищують показники базового технологічного процесу виготовлення деталі.

## 1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

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

#### Аналіз технічних вимог на виріб

Деталь «Кронштейн КБ6-01.347» є одним з основних елементів основної рами коренезбирального комбайна КСБ-6 «Збруч» і служить для кріплення моста керованих коліс. Призначення поверхонь деталі наступне (див. рис. 1.1): отвори  $\varnothing 50$  E8 (пов. E і K) служать для монтажу осі, до якої кріпиться міст керованих коліс; до плоских поверхонь M, H, П і P приварюються труби передньої частини основної рами; отвір  $\varnothing 33$  H14 (пов. Л), за необхідності, використовують для кріплення буксирного пристрою. Решта поверхонь є вільними.

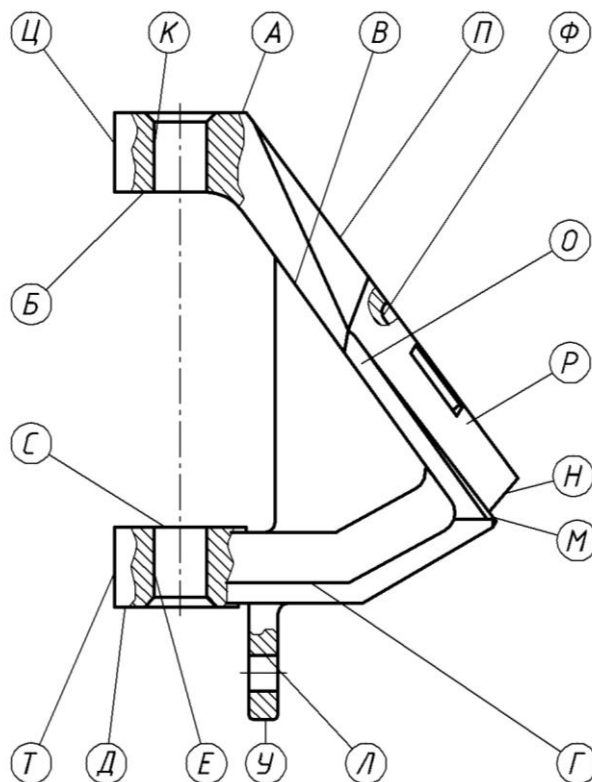


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд деталі з позначеними поверхнями

Поверхні деталі, в залежності від призначення, поділяються на основні базуючі, робочі, допоміжні базуючі та вільні [2].

Основні базуючі поверхні – це поверхні деталі, за допомогою яких визначається її положення у вузлі.

Робочі поверхні – це поверхні деталі, за допомогою яких вона виконує своє службове призначення.

Допоміжні базуючі поверхні – це поверхні деталі, за допомогою яких визначається положення інших деталей у вузлі відносно даної деталі.

Вільні поверхні – це поверхні деталі, що не виконують експлуатаційних функцій, але необхідні для отримання замкнутого геометричного контуру.

Після ознайомлення з конструктивними особливостями деталі проводимо аналіз технічних умов, з метою постановки технологічних завдань на її оброблення. Визначивши найвідповідальніші поверхні вибираємо методи кінцевої обробки і методи контролю.

Класифікація поверхонь деталі за призначенням наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Класифікація поверхонь деталі за призначенням.

Поверхні деталі	Призначення поверхонь
Е, К	Основні базуючі поверхні
Е, К, Л	Робочі поверхні
Б, М, Н, П, Р, С	Допоміжні базуючі поверхні
А, Д, В, Л, О, Т, У, Ф, Ц	Вільні поверхні

Найбільш відповідальними поверхнями деталі є отвори  $\varnothing 50$  Е8 (пов. Е і К). Їх потрібно обробити вони з шорсткістю  $Rz20$  До них висувається вимога щодо співвісності: відхилення співвісності двох отворів відносно спільної осі – 0,1 мм.

Оброблення отвору  $\varnothing 33$  Н14 (пов. Л) проводиться з шорсткістю  $Rz40$ .

Фрезерування поверхонь М і Н проводиться в розміри  $68 \pm 1$  мм і  $237 \pm 2$  мм з шорсткістю поверхні  $Rz80$ .

Фрезерування поверхонь А і Д проводиться в розмір  $373 \pm 1$  і шорсткістю поверхонь  $Rz40$ .

Фрезерування поверхонь *B* і *C* проводиться в розмір  $253 \pm 1$  і шорсткістю поверхонь *Rz40*.

Виходячи з аналізу основних технічних вимог, приведемо методи їх виконання і контролю (див. табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Аналіз технічних умов

Познач. поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
<i>A, B, E, D</i>	Забезпечити точність розмірів за 16-м квалітетом і шорсткість поверхонь <i>Rz40</i>	Забезпечується фрезеруванням чорновим і чистовим із застосуванням спеціального пристрою	Контроль розмірів здійснюється штангенциркулем, а якості обробки – зразками шорсткості
<i>K, E</i>	Забезпечити точність розміру за 8-м квалітетом, співвісність отворів – 0,1 мм і шорсткість поверхонь <i>Rz20</i>	Забезпечується розточуванням і розвертуванням	Контроль розмірів здійснюється штангенциркулем, співвісності – спеціальним пристроєм, а якості обробки – зразками шорсткості
<i>L</i>	Забезпечити точність розміру за 14-м квалітетом і шорсткість поверхні <i>Rz40</i>	Забезпечується свердлінням	Контроль розміру здійснюється штангенциркулем
<i>H, M</i>	Забезпечити точність розмірів за 16-м квалітетом і шорсткість поверхонь <i>Rz80</i>	Забезпечується фрезеруванням чорновим із застосуванням спеціального пристрою	Контроль розмірів здійснюється штангенциркулем, а якості обробки – зразками шорсткості

Деталь виготовляють методом литва зі сталі 35Л ДСТУ 8781:2018 [3]. Даний матеріал має хороші ливарні властивості. Хімічний склад сталі представлено в табл. 1.3, а механічні властивості – в табл. 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сталі 35Л ДСТУ 8781:2018

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo	Cu
			не більше					
0,32-0,40	0,45-0,90	0,20-0,52	0,06	0,06	-	-	-	-

Таблиця 1.4 – Механічні властивості сталі 35Л ДСТУ 8781:2018

$\sigma_T$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	КСУ, кДж/м <sup>2</sup>
не менше				
275	491	15	25	343

## 1.2 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес виготовлення кронштейна КБ6-01.347 розроблений на ВАТ «Тернопільський комбайновий завод». Він забезпечує виконання поставлених технічних вимог.

Даний технологічний процес механічного оброблення спроектований за класичною схемою у раціональній послідовності.

Бази вибрані з дотриманням принципу їх єдності.

Характеристики застосованого обладнання відповідають вимогам виконуваних операцій.

На поздовжньо-фрезерній операції 005 здійснюється фрезерування поверхонь *A* і *D* та *B* і *C*. Обробка здійснюється на поздовжньо-фрезерному верстаті моделі 6606.

Далі здійснюється слюсарна операція 010, на якій проводиться зачистка заусенців.

На горизонтально-розточній операції 015 здійснюється розточування і розвертання отворів поверхонь *K* і *E*. Обробка здійснюється на горизонтально-розточному верстаті моделі 2Л614.

На радіально-свердлильній операції 020 здійснюється свердління отвору поверхні *L* у два проходи. Обробка здійснюється на свердлильному верстаті моделі 2Н55.

Після цього здійснюється слюсарна операція 025, на якій проводиться зачистка заусенців.

На поздовжньо-фрезерній операції 030 здійснюється фрезерування поверхонь *М і Н*. Обробка здійснюється на поздовжньо-фрезерному верстаті моделі 6606.

Останньою технологічною операцією є слюсарна операція 035, на якій проводиться зачистка заусенців.

Заключною є контрольна операція.

Аналізуючи даний технологічний процес необхідно відзначити, що в першу чергу вдосконалення вимагає операція 005, оскільки вона має досить велику трудомісткість виконання. Це дозволить зменшити штучний час на виконання операції.

Більш раціональний вибір обладнання дозволить підвищити його завантаження за потужністю.

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

На підставі проведеного аналізу креслення деталі «Кронштейн КБ6-01.347» встановлено, що деталь, в цілому, є технологічною, тому труднощів, пов'язаних із її механічним обробленням виникнути не повинно.

Разом з тим, технологічний процес механічного оброблення кронштейна можна вдосконалити. Це, перш за все, стосується першої технологічної операції механічного оброблення. Крім цього, для виготовлення кронштейна можна застосувати більш раціональне обладнання і технологічне оснащення, що дозволить скоротити штучно-калькуляційний час на виготовлення деталі, та знизити її технологічну собівартість.

Отже основними завданнями на кваліфікаційну роботу є:

1. Розроблення технологічного процесу механічного оброблення деталі.
2. Підбір прогресивного спеціального технологічного оснащення для реалізації розробленого технологічного процесу.
3. Техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу.
4. Розроблення питань безпеки життєдіяльності та охорони праці.

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

В машинобудуванні умовно розрізняють три основних типи виробництва: одиничний, серійний і масовий. Для кожного з перерахованих типів виробництва технологічні процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них притаманна певна форма організації роботи.

Тип виробництва характеризується коефіцієнтом закріплення операцій:

$1 < K_{zo} < 10$  – масове та крупносерійне;

$10 < K_{zo} < 20$  – середньо серійне;

$20 < K_{zo} < 40$  – дрібносерійне.

В одиничному виробництві  $K_{zo}$  не регламентується.

Значення коефіцієнта закріплення операцій приймається для планового періоду, рівного одному місяцю, і визначається за формулою [1]

$$K_{zo} = \frac{O}{P}, \quad (2.1)$$

де  $O$  – число різних операцій;

$P$  – число робочих місць з різними операціями.

Загальне число операцій  $O$  у розглядуваному виробничому процесу дільниці цеху визначається сумуванням різних операцій  $O_{pm}$ , закріплених за одним робочим місцем.

Число операцій, закріплених за одним робочим місцем визначається за формулою [1]

$$O_{pm} = \frac{60 \cdot F_m \cdot K_v \cdot \eta_{zn}}{T_{шк} \cdot N_m}, \quad (2.2)$$

де  $F_m$  – місячний фонд часу роботи обладнання при двозмінному режимі;

$K_v$  – середній коефіцієнт виконання норм часу;

$\eta_{zn}$  – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

$T_{шк}$  – штучно-калькуляційний час виконання операції на даному верстаті;

$N_m$  – місячна програма випуску деталей.

$$N_m = 8400/12 = 700 \text{ шт}; \quad F_m = 4015/12 = 334,5 \text{ год.}$$

У зв'язку з тим, що існує базовий варіант технологічного процесу, розрахунок типу виробництва проводимо за маршрутом і трудомісткістю базового варіанту за формулою (2.2). Результати розрахунку зводимо в таблицю 2.1.

$$O_{005} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{17,93 \cdot 700} = 1,7;$$

$$O_{015} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{7,51 \cdot 700} = 4,0;$$

$$O_{020} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,12 \cdot 700} = 14,1;$$

$$O_{030} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,65 \cdot 700} = 11,25.$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок операцій, закріплених за одним робочим місцем

№ операції	Назва операції	Модель верстата	$T_{шк}$	$O_{рм}$
005	Поздовжньо-фрезерна	6606	17,93	1,7
010	Слюсарна	-	3,33	-
015	Горизонтально-розточна	2Л614	7,51	4,0
020	Радіально-свердлильна	2Н55	2,12	14,1
025	Слюсарна	-	2,88	-
030	Поздовжньо-фрезерна	6606	2,56	11,25
035	Слюсарна	-	3,23	-
$\Sigma$			39,56	31,05

За формулою (2.1) визначаємо коефіцієнт закріплення операцій:

$$K_{30} = 31,05/3 = 10,35.$$

Значення  $K_{30}$  відповідає середньосерійному типу виробництва.

Середньосерійний тип виробництва характеризується використанням універсального, спеціалізованого і частково спеціального обладнання. Широко застосовуються верстати з ЧПК, оброблюючі центри.

Застосовується, в основному, універсальне технологічне оснащення, однак, в обґрунтованих випадках, створюється спеціальне.

Для здійснення контролю деталей використовують калібри та спеціальний вимірювальний інструмент.

Необхідна точність досягається шляхом автоматичного отримання розмірів, та методами пробних ходів і промірів.

Використовується універсальний і спеціальний різальний інструмент.

Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова, розміщення обладнання – за ходом технологічного процесу.

Такт виробництва визначаємо за формулою [1]

$$t_g = \frac{F_d \cdot 60}{N}, \quad (2.3)$$

де  $F_d$  – дійсний фонд часу роботи обладнання в плановому періоді (рік),

$F_d = 4015$  год;

$N$  – річна програма випуску деталей,  $N = 8400$  шт.

$$t_g = 4015 \cdot 60 / 8400 = 29 \text{ хв.}$$

При груповій формі організації виробництва запуск виробів проводиться партіями з певною періодичністю, що і є ознакою серійного виробництва.

Кількість деталей в партії для одночасного запуску визначаємо спрощеним способом за формулою [1]

$$n = \frac{N \cdot a}{F}, \quad (2.4)$$

де  $N$  – річна програма випуску деталей, шт;

$F$  – число робочих днів в році,  $F = 253$ ;

$a$  – число днів, на яке необхідно мати запас деталей (періодичність запуску).

Рекомендують наступні періодичності запуску виробів: 3, 6, 12, 24 дні.  
Приймаємо  $a = 12$  днів, тоді

$$n = 8400 \cdot 12 / 253 = 398,4 \text{ шт.}$$

Приймаємо  $n = 400$  шт.

Розрахований розмір партії повинен бути в подальшому скоректований з врахуванням зручності планування і організації виробництва.

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

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати [4]:

- кількість і точність отримуваних заготовок;
- конфігурацію, розміри, масу і матеріал заготовки;
- шорсткість і якість поверхневих шарів заготовки;
- напрям волокон у заготовці.

Вибраний спосіб отримання заготовки повинен забезпечувати найменшу собівартість деталі. При цьому важливе значення має економія металу, що йде в стружку. Тому слід прагнути до того, щоб прийнятий спосіб забезпечував отримання заготовки, що максимально наближена за формою і розмірами до готової деталі.

Матеріалом заготовки для деталі «Кронштейн КБ6 - 01.347» служить сталь марки 35Л ДСТУ 8781:2018, заготовку отримують литвом.

Оскільки заготовка має масу більшу за 30 кг, отримати її методом литва в металокерамічну форму неможливо [4].

Раціональними можуть вважатися два способи отримання заготовки: литво в земляні форми (піщано-глиняні) і литво в металеві форми (кокіль).

Перевагу слід надавати способу з кращими техніко-економічними показниками.

1) Литво в земляні форми (піщано-глиняні).

Литво в земляні форми – найбільш універсальний та розповсюджений спосіб отримання заготовок, до точності яких не висуваються особливі вимоги.

Він знайшов застосування в одиничному, серійному і навіть масовому виробництві. Він характеризується наступними параметрами [4]: клас точності розмірів – 7; клас точності мас – 13Т; ряд припусків – 2.

Вартість заготовки визначають за формулою [4]

$$C_3 = \left( \frac{C_i}{1000} M_3 k_m k_c k_m k_\epsilon k_{cm} \right) - (M_3 - M_\partial) \frac{C_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.5)$$

де  $C_i$  – базова вартість однієї тонни заготовок, грн. [5];

$M_3$  – маса заготовки, кг;

$k_m$  – коефіцієнт, що залежить від точності розмірів,  $k_m = 1,32$  [4];

$k_c$  – коефіцієнт, що залежить від конструктивної і технологічної складності,  $k_c = 1,19$  [4];

$k_m$  – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу,  $k_m = 1,2$  [4];

$k_\epsilon$  – коефіцієнт, що залежить від маси, та від річного замовлення заготовок,  $k_\epsilon = 1,0$  [4];

$k_{cm}$  – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини,  $k_{cm} = 1,1$  [4];

$M_\partial$  – маса деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$  – ціна однієї тонни відходів, грн [6].

Підставивши значення відповідних коефіцієнтів, отримаємо вартість заготовки

$$C_{31} = \left( \frac{95000}{1000} 47,8 \cdot 1,32 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (47,8 - 47,1) \frac{3000}{1000} = 9413,46 \text{ грн.}$$

## 2) Литво в металеві форми (кокіль).

До основних переваг цього способу виготовлення виливків відносять: можливість багаторазового використання ливарної форми, відносно високу точність форми та розмірів виливка, високу якість поверхні виливка, порівняно високу продуктивність, відносно низьку трудомісткість виготовлення і собівартість заготовки.

До недоліків цього способу литва можна віднести: можливість утворення тріщин у виливках, неможливість одержання тонкостінних виливків, через високу швидкість їх охолодження та виливків із значною масою.

Метод литва в металеві форми характеризується такими параметрами: клас точності розмірів – 5; клас точності мас – 11Т; ряд припусків – 1, ступінь жолоблення – 6.

Вартість заготовки визначаємо за формулою (2.5), врахувавши нові значення коефіцієнтів та маси виливка.

Згідно рекомендацій [4]:  $k_m = 1,64$ ;  $k_c = 1,19$ ;  $k_M = 1,2$ ;  $k_g = 1,0$ ;  $k_{cm} = 1,1$ .

$$C_{32} = \left( \frac{95000}{1000} 47,6 \cdot 1,64 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (47,6 - 47,1) \frac{3000}{1000} = 11647,68 \text{ грн.}$$

Отже отримання заготовки методом литва в земляні форми є більш доцільним з економічної точки зору.

Економічний ефект для порівняння способів отримання заготовки, якщо технологічний процес механічного оброблення не змінюється, може бути розрахований за формулою

$$E = (C_{32} - C_{31}) \cdot N, \quad (2.6)$$

де  $C_{31}$  і  $C_{32}$  – вартості заготовок, що отримані розглянутими методами грн.;

$N$  – річна програма випуску, шт.

$$E = (11647,68 - 9413,46) \cdot 8400 = 18767448 \text{ грн.}$$

Отже, за умови виготовлення заготовки за першим варіантом, можна отримати економію грошових коштів в сумі 18767448 гривень на рік. В якості заготовки для деталі приймаємо виливок, отриманий литвом в земляні форми.

## 2.3 Вибір технологічних баз

Призначення технологічних та вимірювальних баз є одним з найскладніших завдань з яким стикаються технологи в процесі проектування технологічних процесів, від правильного вирішення якого залежать [7]:

- правильність взаємного розташування поверхонь;
- фактична точність виконання розмірів;
- загальна продуктивність виготовлення деталі;
- складність оснащення, різальних та вимірювальних інструментів.

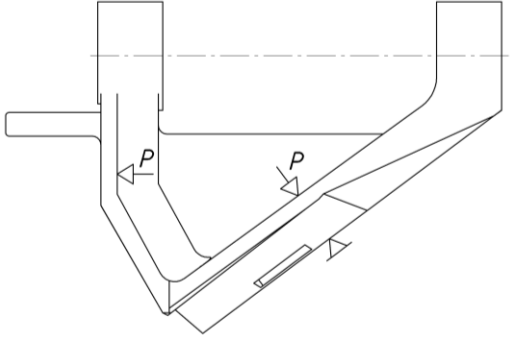
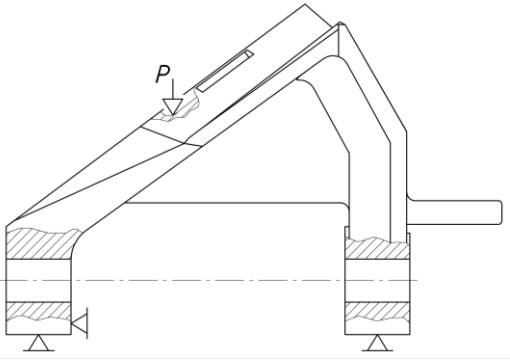
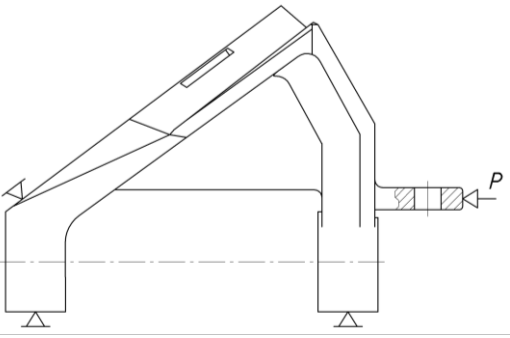
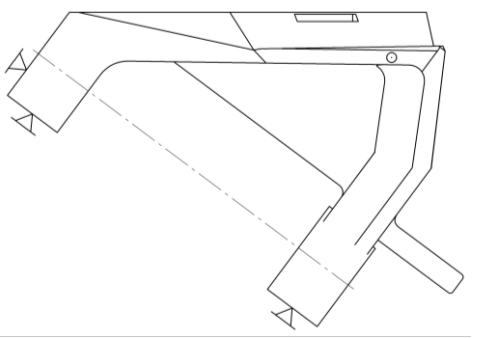
При виборі баз використовують такі вихідні дані: креслення деталі, технічні умови на виготовлення, вид заготовки, шорсткість поверхонь, необхідний ступінь автоматизації.

На першій операції необхідно встановити відстані та кути нахилу оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, що залишаються необробленими, і рівномірно розподілити фактичні припуски між поверхнями.

Перед вибором баз для першої операції необхідно призначити поверхні, які будуть використовуватись у якості баз на подальших операціях. До таких поверхонь відносяться основні бази, від яких проставлена більшість розмірів, що визначають розташування решти відповідальних поверхонь. Базова поверхня повинна мати достатню площу, бути чистою, для забезпечення надійного і чітко визначеного базування. Потрібно, за можливості, дотримуватись принципу єдності та суміщення баз.

Технологічні бази для операцій технологічного процесу механічного оброблення кронштейна КБ6 - 01.347 представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вибір технологічних баз

Номер операції	Назва операції	Технологічні бази
005	Поздовжньо-фрезерна	
015	Горизонтально-розточна	
020	Радіально-свердлильна	
030	Поздовжньо-фрезерна	

## 2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

Вибір варіанту структури технологічного маршруту для заданих умов здійснюється за допомогою порівняння кількох варіантів за собівартістю, трудомісткістю обробки, коефіцієнтом використання матеріалу.

Пропонуємо два варіанти технологічного маршруту механічного оброблення, які представлено в таблицях 2.3 і 2.4 та проводимо їх аналіз.

Таблиця 2.3 – Перший варіант технологічного маршруту

№ операції	Назва операції, переходи	Обробл. поверхні	Базові поверхні	Модель верстата
1	2	3	4	5
005	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати одночасно поверхні в розміри $3\pm 1$ і $373\pm 1$ . Фрезерувати поверхню в розмір $60\pm 0,5$ . Фрезерувати поверхню в розмір $253\pm 1$ .	А і Д  С  Б	Г, В, П	6606
010	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	А, Б, С, Д	-	-
015	Горизонтально-розточна Розточити отвір з фаскою до $\varnothing 49,6$ попередньо. Відвести стіл. Повернути стіл з деталлю і пристосуванням на $180^\circ$ . Розточити отвір з фаскою до $\varnothing 49,6$ попередньо. Розвернути отвір до $\varnothing 50E8$ . Відвести стіл. Повернути стіл з деталлю і пристосуванням на $180^\circ$ . Розвернути отвір до $\varnothing 50E8$ .	К   Е Е  К	Т, Ц, Б, Ф	2Л614

Кінець таблиці 2.3

1	2	3	4	5
020	Радіально-свердлильна Свердлити отвір в розмір $\varnothing 20$ попередньо. Розсвердлити отвір в розмір $\varnothing 33H14$ .	Л  Л	У, П, Ц, Т	2H55
025	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	Л	-	-
030	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати поверхні в розміри $68\pm 1$ і $237\pm 2$ .	М, Н	О, А, Ц, Т	6606
035	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	М, Н	-	-
040	Контрольна Перевірити якість обробки деталі візуальним оглядом. Перевірити розмір $3\pm 1$ . Перевірити допуск співвісності двох отворів відносно їх спільної осі. Перевірити розміри $373\pm 1$ ; $60\pm 0,5$ ; $253\pm 1$ . Перевірити розміри $68\pm 1$ ; $\varnothing 50E8$ ; $\varnothing 33H14$ ; $237\pm 2$ .	А, Б, С, Д, К, Е, Л, М, Н	-	-

Другий варіант відрізняється від першого тим, що на операції 005 проводиться одночасне оброблення чотирьох поверхонь за рахунок використання горизонтально-фрезерного верстата мод. 6610, що має два горизонтальні і два вертикальні шпинделі. Крім цього, з метою кращого завантаження верстатів за потужністю, на операції 020 застосовано верстат мод. 2H53 замість 2H55.

Таблиця 2.4 – Другий варіант технологічного маршруту

№ операції	Назва операції, переходи	Обробл. поверхні	Базові поверхні	Модель верстата
1	2	3	4	5
005	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати одночасно поверхні в розміри $3\pm 1$ і $373\pm 1$ ; $60\pm 0,5$ ; $253\pm 1$ .	А і Б, С, Д	Г, В, П	6610
010	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	А, Б, С, Д	-	-
015	Горизонтально-розточна Розточити отвір з фаскою до $\varnothing 49,6$ попередньо. Відвести стіл. Повернути стіл з деталлю і пристосуванням на $180^\circ$ . Розточити отвір з фаскою до $\varnothing 49,6$ попередньо. Розвернути отвір до $\varnothing 50E8$ . Відвести стіл. Повернути стіл з деталлю і пристосуванням на $180^\circ$ . Розвернути отвір до $\varnothing 50E8$ .	К  Е Е  К	Т, Ц, Б, Ф	2Л614
020	Радіально-свердлильна Свердлити отвір в розмір $\varnothing 20$ попередньо. Розсвердлити отвір в розмір $\varnothing 33H14$ .	Л  Л	У, П, Ц, Т	2Н53
025	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	Л	-	-
030	Поздовжньо-фрезерна Фрезерувати поверхні в розміри $68\pm 1$ і $237\pm 2$ .	М, Н	О, А, Ц, Т	6610
035	Слюсарна 1. Зачистити заусенці.	М, Н	-	-

Кінець таблиці 2.4

1	2	3	4	5
040	<p>Контрольна</p> <p>Перевірити якість обробки деталі візуальним оглядом.</p> <p>Перевірити розмір <math>3\pm 1</math>.</p> <p>Перевірити допуск співвісності двох отворів відносно їх спільної осі.</p> <p>Перевірити розміри <math>373\pm 1</math>; <math>60\pm 0,5</math>; <math>253\pm 1</math>.</p> <p>Перевірити розміри <math>68\pm 1</math>; <math>\varnothing 50E8</math>; <math>\varnothing 33H14</math>; <math>237\pm 2</math>.</p>	<p>А, Б, С, Д, К, Е, Л, М, Н</p>	-	-

## 2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

### 2.5.1 Встановлення припусків на оброблення розрахунково-аналітичним методом

Визначення раціональних припусків на оброблення тісно пов'язане із встановленням проміжних та початкових розмірів заготовки. Ці розміри використовують для проектування моделей, стержневих ящиків, технологічного оснащення, спеціального різального та вимірювального інструменту, а також під час налагодження технологічного обладнання. Беручи до уваги розраховані припуски, можна визначити масу заготовки, призначити режими різання, а також норми часу на виконання операцій механічного оброблення.

В машинобудуванні застосовують дослідно-статистичний та розрахунково-аналітичний методи встановлення припусків на оброблення.

При застосуванні дослідно-статистичного методу, проміжні та загальні припуски визначають за таблицями, в яких систематизовано та узагальнено інформацію з передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски призначають без урахування маршруту оброблення і конкретних

виробничих умов виконання технологічних операцій та переходів. При цьому, припуски в багатьох випадках є завищеними, оскільки вони орієнтовані на такі умови оброблення, коли припуск повинен бути максимальним, для уникнення можливості виникнення браку.

Розрахунково-аналітичний метод враховує конкретні виробничі умови виконання операцій технологічного процесу механічного оброблення. Він сприяє економії металу та зниженню трудомісткості механічного оброблення. Метод застосовують у серійному та масовому виробництвах.

Розрахуємо припуски та міжопераційні розміри для отримання отвору  $\varnothing 50E8$ .

Технологічний маршрут механічного оброблення поверхні складається з наступних переходів.

1. Розточування чистове;
2. Розвертування тонке.

Вихідні дані, а також результати розрахунків припусків і граничних розмірів зведено в таблицю 2.5.

Сумарне значення  $Rz$  та  $T$  для заготовки, отриманої литвом у земляні форми складає 700 мкм [2].

Після чистового розточування досягаються значення  $Rz = 20$  мкм, а глибина дефектного шару  $T = 25$  мкм [2].

Після тонкого розвертування шорсткість  $Rz = 3$  мкм, а глибина дефектного шару з розрахунків виключається [2].

Сумарне значення просторових відхилень для заготовок такого типу визначають за формулою [2]

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.7)$$

де  $\rho_{кор}$  – величина короблення;

$\rho_{зм}$  – величина сумарного зміщення.

Величину короблення слід визначати з урахуванням короблення як діаметрального, так і осьового перерізу за формулою

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k D)^2 + (\Delta_k l)^2}, \quad (2.8)$$

де  $\Delta_k$  – величина питомого короблення,  $\Delta_k = 0,7$  мкм [2];

$D$  – діаметр оброблюваного отвору, мм;

$l$  – довжина оброблюваного отвору, мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 50)^2 + (0,7 \cdot 60)^2} = 54,7 \text{ мкм.}$$

При визначенні  $\rho_{зм}$  необхідно приймати до уваги точність розміщення базових поверхонь відносно оброблюваної поверхні. Оскільки базування здійснюється по зовнішній циліндричній поверхні (див. рис. 2.1), радіус якої становить 50 мм, то формула для розрахунку має наступний вигляд

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_B}{2}\right)^2}, \quad (2.9)$$

де  $\delta_B$  – допуск на розмір  $B$ ,  $\delta_B = 800$  мкм [2].

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{800}{2}\right)^2 + \left(\frac{800}{2}\right)^2} = 566 \text{ мкм.}$$

Сумарне значення просторового відхилення заготовки складає

$$\rho_3 = \sqrt{54,7^2 + 566^2} = 568,6 \text{ мкм.}$$

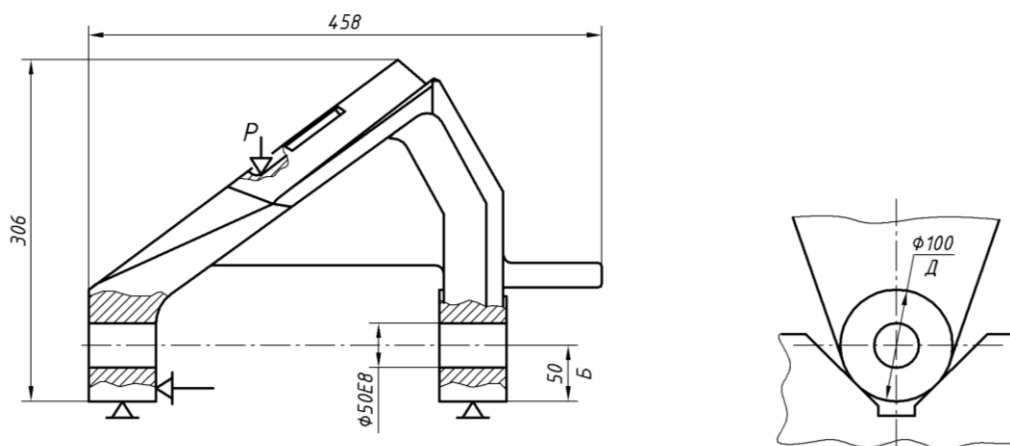


Рисунок 2.1 – Встановлення та базування деталі при обробленні отвору  $\varnothing 50E8$

Величина залишкового просторового відхилення визначається за формулою

$$\rho_{ост} = k_y \rho_3, \quad (2.10)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми.

Значення коефіцієнта уточнення форми [2] після чистового розточування  $k_y = 0,04$ , а після розвертування  $k_y = 0,002$ . Тоді

$$\rho_1 = 0,04 \cdot 568,6 = 22,74 \text{ мкм};$$

$$\rho_1 = 0,002 \cdot 568,6 = 1,14 \text{ мкм}.$$

Похибка встановлення при чистовому розточуванні становить

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_\delta^2 + \varepsilon_3^2} \quad (2.11)$$

де  $\varepsilon_\delta$  – похибка базування деталі у пристрої;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення деталі у пристрої.

Оскільки базування деталі здійснюється у призмі, похибка базування визначається за формулою [2]

$$\varepsilon_\delta = \frac{\delta_D}{2 \sin \alpha/2} \quad (2.12)$$

де  $\delta_D$  – похибка на розмір  $D$  (див. рис. 2.1),  $\delta_D = 1000$  мкм, [2];

$\alpha$  – кут призми,  $\alpha = 90^\circ$ .

$$\varepsilon_\delta = \frac{1000}{2 \sin 90/2} = 707 \text{ мкм}.$$

Похибка закріплення деталі у пристрої  $\varepsilon_3 = 220$  мкм, [2]. Тоді

$$\varepsilon_1 = \sqrt{707^2 + 220^2} = 740 \text{ мкм}.$$

Залишкова похибка встановлення при розточуванні

$$\varepsilon_2 = k_y \varepsilon_1, \quad (2.13)$$

де  $k_y$  – коефіцієнт уточнення форми.

$$\varepsilon_2 = 0,04 \cdot 740 = 29,6 \text{ мкм.}$$

Заносимо отримані дані в таблицю 2.5 і проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків за формулою

$$2z_{i\min} = 2\left(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}\right) \quad (2.14)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота нерівностей, отримана на попередньому технологічному переході, мкм;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару на попередньому технологічному переході, мкм;

$\rho_{i-1}$  – просторові відхилення в розташуванні оброблюваної поверхні відносно базових поверхонь, отримані на попередньому технологічному переході, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення на даному технологічному переході.

Мінімальний припуск під чистове розточування

$$2z_{i\min1} = 2\left(700 + \sqrt{568,6^2 + 740^2}\right) = 2 \cdot 1633 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск під тонке розвертування

$$2z_{i\min2} = 2\left(20 + 25 + \sqrt{22,74^2 + 29,6^2}\right) = 2 \cdot 82 \text{ мкм.}$$

Розрахунковий розмір  $D_p$  починаємо заносити в таблицю починаючи з кінцевого розміру послідовним відніманням від розміру готової деталі розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу

$$D_{p1} = 50,089 - 2 \cdot 0,082 = 49,925 \text{ мм;}$$

$$D_{p\text{ заг}} = 49,925 - 2 \cdot 1,633 = 46,659 \text{ мм.}$$

Граничний розмір  $D_{\max}$  керуючись розрахунковими розмірами, округлюючи їх до точності допуску відповідного переходу. Граничний розмір  $D_{\min}$

визначається шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

$$D_{\min 2} = 50,089 - 0,039 = 50,05 \text{ мм};$$

$$D_{\min 1} = 49,33 - 0,05 = 49,88 \text{ мм};$$

$$D_{\min \text{ заз}} = 46,66 - 0,8 = 45,86 \text{ мм}.$$

Мінімальні граничні значення припусків  $2z_{\min}^{np}$  дорівнюють різниці максимальних граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні –  $2z_{\max}^{np}$  відповідно різниці мінімальних. Дані заносимо в таблицю 2.5.

$$2z_{\min 2}^{np} = 50,890 - 49,93 = 0,159 \text{ мм} = 159 \text{ мкм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 50,05 - 49,88 = 0,17 \text{ мм} = 170 \text{ мкм};$$

$$2z_{\min 1}^{np} = 49,93 - 46,66 = 3,27 \text{ мм} = 3270 \text{ мкм}.$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 49,88 - 45,86 = 4,02 \text{ мм} = 4020 \text{ мкм}.$$

Загальний припуск визначаємо за формулою

$$2z_{o \min} = 2z_{o \min 1} + 2z_{o \min 2}, \text{ мм}; \quad (2.15)$$

$$2z_{o \max} = 2z_{o \max 1} + 2z_{o \max 2}, \text{ мм}; \quad (2.16)$$

$$2z_{o \min} = 3,27 + 0,159 = 3,429 \text{ мм}.$$

$$2z_{o \max} = 4,02 + 0,17 = 4,19 \text{ мм}.$$

Проводимо перевірку правильності отриманих значень припусків і розмірів

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

$$170 - 159 = 50 - 390;$$

$$2z_{\max 1}^{np} - 2z_{\min 1}^{np} = \delta_{\text{заз}} - \delta_1;$$

$$4020 - 3270 = 800 - 50.$$

Отже розрахунки проведено вірно.

Розраховані припуски і допуски на обробку зображаємо графічно (див. рис. 2.2 ).

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку припусків і граничних розмірів за технологічними переходами для отримання отвору  $\varnothing 50 \text{ E8}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 50 \text{ E8}$	Елементи припуску, мкм			Розраху- нковий припуск, $2z_{\min}$ , мкм	Розраху- нковий розмір, $D_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм		
	$Rz$	$T$	$\rho$				$\epsilon$	$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	700	568,6	-	-	46,659	800	45,86	46,66	-	-	
1. Розточування чистове	20	25	22,74	740	49,925	50	49,88	49,93	3270	4020	
2. Розвертування тонке	3	-	1,14	29,6	50,089	39	50,05	50,089	159	170	
Сумарне значення									3429	4190	

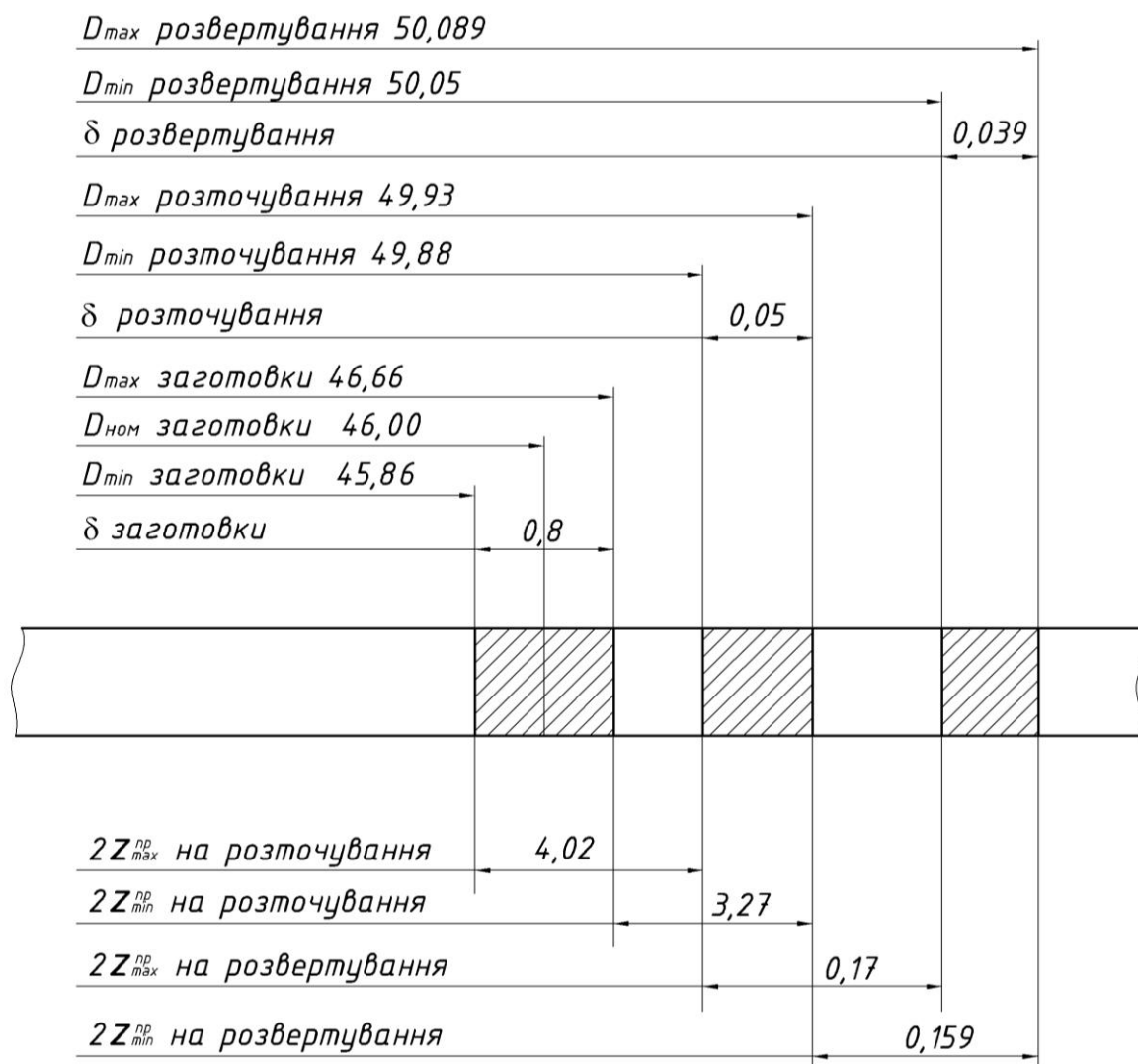


Рисунок 2.2 – Схема графічного розташування припусків та допусків на оброблення для поверхні  $\varnothing 50E8$

### 2.5.2. Встановлення припусків на оброблення дослідно-статистичним методом

Для решти оброблюваних поверхонь застосовуємо дослідно-статистичний (табличний) метод встановлення припусків на обробку.

За довідковими таблицями [8] знаходимо допуски розмірів для вилівка. Для розмірів  $60 \pm 0,5$  допуск становить 0,8 мм. Граничні відхилення зсуву елементів вилівка становлять  $\pm 0,5$  мм. Граничні відхилення жолоблення вилівка становлять  $\pm 0,65$  мм.

Основний припуск для розміру  $60\pm 0,5$  складає 1,3 мм. Додатковий припуск для цього розміру складає 0,2 мм. Оскільки значення додаткового припуску менше за половину кожного з допусків, то ним можна знехтувати.

Отже відповідні розміри виливка та їх граничні відхилення наступні.

Для розміру  $60\pm 0,5$  відповідний розмір виливка рівний  $(60 + 2)\pm 0,8$ , тобто  $62\pm 0,8$  мм.

З метою спрощення ливарних форм, поверхні  $M$  і  $H$  (див. рис. 1.1) в конструкції заготовки не передбачаємо, їх буде утворено за рахунок наступного механічного оброблення. Тому на поверхню  $H$  передбачаємо припуск 10 мм, а на поверхню  $M$  – 5 мм.

Отвір  $\varnothing 33H14$  (пов.  $L$ ) також буде утворено шляхом наступного механічного оброблення, тому в конструкції виливка він передбачений не буде.

Решта поверхонь деталі не обробляються механічно (або виготовляються в суцільному матеріалі). Тому розміри решти конструктивних елементів заготовки повністю відповідають розмірам, що присутні на кресленні деталі.

### 2.5.3 Визначення розмірів заготовки

На основі розрахованих вище припусків на оброблення, визначаємо розміри заготовки, результати заносимо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення розмірів заготовки

Оброблювана поверхня	Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
А, Б, С, Д	60	2	$\pm 0,8$	62
Е, К	$\varnothing 50E8$	$2\times 2,0$	$\pm 0,8$	46
Л	$\varnothing 33H14$	$2\times 16,5$	$\pm 0,25$	-
М	-	5	$\pm 0,25$	-
Н	-	10	$\pm 0,25$	-

## 2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів

При виборі типу і конструкції різального інструменту слід враховувати характер виробництва, метод оброблення, тип верстата, розмір, конфігурацію і матеріал оброблюваної заготовки, необхідну якість поверхні, точність оброблення.

Метод оброблення, прийнятий для виконання операцій, визначає тип інструменту. Тип верстата впливає на вибір інструменту в тому сенсі, що він, з одного боку, визначає вид оброблення, а з іншого – визначає спосіб закріплення інструменту, що обумовлена конструкцією посадочного місця під інструмент.

Розмір і конфігурація оброблюваної деталі впливає на вибір інструменту щодо розмірів і конструктивних особливостей останнього. Матеріал оброблюваної деталі впливає на вибір матеріалу різального інструменту і на геометричні параметри його різальної частини. Необхідна якість поверхні впливає на вибір конструкції інструменту і його геометрію.

Паралельно з вибором ріжучого інструменту вибираємо також вимірювальний інструмент.

При виборі конструкції і типу вимірювального інструменту, пристрою або приладу враховують такі основні фактори:

- точність вимірювання,
- характер виробництва,
- розмір і якість вимірюваної поверхні.

Вибір засобів контролю регламентується стандартом.

Результати вибору металорізального і вимірювального інструменту для забезпечення технологічного процесу механічного оброблення кронштейна КБб-01.347 зведені в таблиці 2.7.

Таблиця 2.7 – Результати вибору металорізального і вимірювального інструменту для механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
005	Поздовжньо-фрезерна	Фреза торцева насадна зі вставними ножами, оснащеними пластинами з твердого сплаву $\varnothing 125$ T15K6; Фреза циліндрична, оснащені пластинами з твердого сплаву $\varnothing 100$ , $z = 8$ , T15K6	Штангенциркуль ШЦ–І–125–0,1; Лінійка 0-500
010	Слюсарна	Напилек плаский	
015	Горизонтально-розточна	Розточний різець з пластиною з твердого сплаву T15K6; Розвертка машинна насадна $\varnothing 50$	Пробка $\varnothing 50$ E8
020	Радіально-свердлильна	Свердло спіральне $\varnothing 20$ ; Свердло спіральне $\varnothing 33$	Штангенциркуль ШЦ–І–125–0,1
025	Слюсарна	Напилек 2820-0018	
030	Поздовжньо-фрезерна	Фреза торцева насадна з швидкоріжучої сталі $\varnothing 40$ T15K6	Шаблон
035	Слюсарна	Напилек 2820-0018	
040	Контрольна		Штангенциркуль ШЦ–І–125–0,1; Лінійка 0-500; Пробка $\varnothing 50$ E8; Шаблон

## 2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу

Режим оброблення деталі – найважливіший фактор, що визначає протікання технологічного процесу. Елементи режимів різання повинні підбиратись так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Режим різання встановлюють враховуючи характер оброблення, тип і розміри інструменту, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, тип і стан обладнання. Спочатку встановлюють глибину різання, потім подачу і в останню – швидкість різання.

Як і припуски на обробку режими різання розраховують двома методами: аналітичним і табличним.

Результати вибору режимів різання для механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347 встановлені табличним методом з використанням довідкової літератури [8] і представлені в таблиці 2.8.

Нормуванням називають встановлення технічно обґрунтованих норм часу. Нормування технологічного процесу проводять для кожної операції.

Технічною нормою часу називають час, необхідний для виконання технологічної операції в певних організаційно-технічних умовах конкретного виробництва [8].

Розрізняють три методи нормування: метод технічного розрахунку за нормативами; метод порівняння і розрахунку за підвищеними типовими нормативами; метод встановлення норм на основі вивчення затрат робочого часу.

В серійному виробництві використовують перший метод, при якому тривалість операції встановлюють розрахунком за мікроелементами на основі аналізу послідовності і змісту дій робітника і верстата.

Згідно з цим методом норма часу, незалежно від типу верстата і методу обробки, визначається за формулою

$$T_{um} = T_o + T_d + T_{mex} + T_{opz} + T_n \quad (2.17)$$

де  $T_{um}$  – штучний час на виконання однієї операції, хв;

Таблиця 2.8– Режими різання за операціями технологічного процесу механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347

№ з/п	Назва операцій і переходи	L, мм	t, мм	i, шт	S <sub>o</sub> , мм/об	S <sub>m</sub> , мм/хв	n, об/хв	v, м/хв	T <sub>o</sub> , хв	N, кВт
005	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерування чорнове: - торцеві фрези - циліндричні фрези 2. Фрезерування чистове: - торцеві фрези - циліндричні фрези	100	2,0	2	-	-	-	-	3,3	
		100	1,5	1	1,2		75	29,4		
		100	1,5	1	0,8	86	125	39,3	1,5	5,28
		100	0,5	1	0,8		90	35,3		
		100	0,5	1	0,64	72	112	35,2	1,8	1,66
		60	2,0	2	-	-	-	-	-	1,09
015	Горизонтально-розточна 1. Розточування чорнове 2. Розвертування тонке	60	1,72	1	0,6	408	680	106	0,16	
		60	0,08	1	1,5	90	60	9,4	0,93	
		20	16,5	2					0,35	
020	Радіально-свердлильна 1. Свердління Ø 20 мм 2. Свердління Ø 33 мм	20	10	1	0,3	135	450	28,8	0,15	2,2
		20	6,5	1	0,6	108	180	18,2	0,2	1,4
		301	7,5	1	1,6	450	270	28,6	0,7	3,6
030	Поздовжньо-фрезерна 1. Фрезерування чорнове									

$T_o$  – основний (технологічний) час, хв;

$T_d$  – допоміжний час, хв;

$T_{tex}$  – час технічного обслуговування робочого місця, хв;

$T_{ope}$  – час організаційного обслуговування робочого місця, хв;

$T_n$  – час перерв у роботі, хв.

Основний час розраховують для кожного технологічного переходу

$$T_o = \frac{L_p \cdot i}{s_{xв}}, \quad (2.18)$$

де  $L_p$  – розрахункова довжина обробки, мм;

$i$  – число проходів на даному переході;

$s_{xв}$  – подача інструменту, мм/хв.

Допоміжний час встановлюють для кожного технологічного переходу за нормативами. Він може перекриватись (частково або повністю) або не перекриватись основним часом.

Час технічного і організаційного обслуговування, а також час перерв встановлюють за нормативами (в процентах від оперативного часу) і визначають в цілому на операцію.

Оперативним часом називають суму основного і допоміжного часів.

У серійному виробництві додатково визначають підготовчо-заклучний і штучно-калькуляційний час

$$T_{шк} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n}, \quad (2.19)$$

де  $n$  – кількість деталей в партії, шт;

$T_{пз}$  – підготовчо-заклучний час, що встановлюється за нормативами, хв.

При нормуванні розробленого технологічного процесу використовуємо загально машинобудівні нормативи часу [5].

Визначення допоміжного часу на операцію полягає у знаходженні по відповідних картах і наступному сумуванні:

– часу на установку і зняття деталі;

– часу на прохід (або обробку поверхні), що визначається для кожного переходу в операції окремо;

– часу на зміну режиму роботи обладнання, зміну інструменту і переміщення частин верстату;

– часу на контрольне вимірювання оброблюваної поверхні.

Час на обслуговування робочого місця даний по типах верстатів в процентах від оперативного часу. Приведений в нормативах час розрахований на обслуговування робітником одного верстата і включає час на технічне і організаційне обслуговування робочого місця.

Час перерв на відпочинок і особисті потреби даний в процентах від оперативного часу.

Проведемо нормування технологічного процесу для кожної операції.

*Операція 005 – поздовжньо-фрезерна.*

Основний час на операцію  $T_o = 3,3$  хв, (див табл. 2.8).

Час на управління верстатом включає в себе:

– час необхідний для вмикання і вимикання обертів фрези  $T_{yn1} = 0,02$  хв;

– час, що необхідний для вмикання і вимикання подачі. Оскільки обробка виконується у два проходи –  $T_{yn2} = 2 \cdot 0,02 = 0,04$  хв;

– час, що необхідний для зміни частоти обертання шпинделів. Оскільки горизонтальні і вертикальні шпинделі мають різну частоту обертання, а обробка виконується у два проходи –  $T_{yn3} = 2 \cdot (0,05 + 0,05) = 0,2$  хв;

– час, що необхідний для зміни величини подачі. Оскільки обробка виконується у два проходи  $T_{yn4} = 2 \cdot 0,045 = 0,09$  хв;

– час, який затрачається на підвід (відвід) деталі переміщенням стола. Оскільки підвід і відвід виконується по одному разу –  $T_{yn5} = 0,05 + 0,05 = 0,1$  хв;

– час, який затрачається на встановлення однієї фрези на необхідний розмір по лімбу: для вертикального шпинделя 0,07 хв, для горизонтального шпинделя – 0,09 хв. Оскільки обробка здійснюється одночасно чотирма фрезами в два проходи –  $T_{yn5} = 2 \cdot (2 \cdot 0,07 + 2 \cdot 0,09) = 0,36$  хв.

$$T_{yn} = 0,02 + 0,04 + 0,2 + 0,09 + 0,1 + 0,36 = 0,81 \text{ хв.}$$

Час на вимірювання становить  $T_{вим} = 0,06$  хв, час на встановлення деталі на верстат і її зняття з верстата  $T_{вз} = 2,4$  хв.

Підрахуємо допоміжний час на операцію, який включає час на управління верстатом, на вимірювання, а також встановлення деталі на верстат і її зняття з верстата.

$$T_{\partial} = T_{yn} + T_{вим} + T_{вз}, \text{ хв;} \quad (2.20)$$

$$T_{\partial} = 0,81 + 0,06 + 2,4 = 3,27 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{on} = T_o + T_{\partial}; \quad (2.21)$$

$$T_{on} = 3,3 + 3,27 = 6,57 \text{ хв.}$$

Час на технічне обслуговування робочого місця складає 4 % від оперативного часу

$$T_{mex} = 0,04 \cdot 6,57 = 0,26 \text{ хв.}$$

Час на організаційне обслуговування робочого місця складає 3 % від оперативного часу

$$T_{орг} = 0,03 \cdot 6,57 = 0,2 \text{ хв.}$$

Час на відпочинок і особисті потреби складає 4 % від оперативного часу

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 6,57 = 0,26 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює

$$T_{шт} = T_{on} + T_{mex} + T_{орг} + T_{відп}, \text{ хв;} \quad (2.22)$$

$$T_{шт} = 6,57 + 0,26 + 0,2 + 0,26 = 7,29 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час  $T_{пз} = 32$  хв [5].

Штучно-калькуляційний час дорівнює (2.38)

$$T_{шк} = 7,29 + \frac{32}{400} = 7,37 \text{ хв.}$$

Результати розрахунків по всіх операціях зведені в таблицю 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахунок норм часу по операціях технологічного процесу

№	Назва операції	$T_o$ , хв	$T_{\partial}$ , хв			$T_{оп}$ , хв	$T_{об}$ , хв	$T_n$ , хв	$T_{шт}$ , хв	$T_{пз}$ , хв	$n$ , шт	$T_{шк}$ , хв
			$T_{вз}$	$T_{уп}$	$T_{вм}$							
005	Поздовжньо-фрезерна	3,30	2,4	0,81	0,06	6,57	0,46	0,26	7,29	32	400	7,37
010	Слюсарна	0,60	2,4	-	-	3,00	0,21	0,12	3,33	-	400	3,33
015	Горизонтально-розточна	1,09	2,4	3,27	0,05	6,81	0,47	0,27	7,55	23	400	7,60
020	Радіально-свердлильна	0,35	2,4	0,93	0,04	3,72	0,25	0,15	4,12	11	400	4,15
025	Слюсарна	0,20	2,4	-	-	2,60	0,18	0,10	2,88	-	400	2,88
030	Поздовжньо-фрезерна	0,70	2,4	0,22	0,15	3,47	0,24	0,14	3,85	32	400	3,93
035	Слюсарна	0,50	2,4	-	-	2,90	0,21	0,12	3,23	-	400	3,23
040	Контрольна	-	2,4	-	2,0	4,40	0,31	0,18	4,89	-	400	4,89

## 2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Вибір найбільш прийняттого варіанту технологічного маршруту механічного оброблення здійснюють на основі порівняння трудомісткості і собівартості їх виконання. Кращим вважається той варіант, для якого сума потокових і питомих витрат на одиницю продукції буде мінімальною [9].

Варіанти технологічних маршрутів порівнюємо за коефіцієнтом питомих затрат. Величину питомих затрат визначаємо за формулою

$$C_{п.з.} = \frac{C_з}{M} + C_{ч.з.} + E_n(K_c + K_з), \text{ грн/год} \quad (2.23)$$

де  $C_з$  – основна і додаткова заробітні плати, грн/год;

$M$  – коефіцієнт багатостатності;

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

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень;

$K_c$  – питомі капітальні вкладення в верстат, грн/год;

$K_з$  – питомі капітальні вкладення в споруду, грн/год.;

Основну і допоміжну заробітні плати визначаємо за формулою

$$C_з = C_{м.ф.} \cdot 1,53 \cdot k, \text{ грн/год} \quad (2.24)$$

де  $C_{м.ф.}$  – годинна тарифна ставка верстатника, грн/год,  $C_{м.ф.} = 80$  грн/год [10];

$k$  – коефіцієнт, що враховує зарплату налагоджувальника (в середньосерійному виробництві  $k = 1,1-1,5$ ).

Затрати на експлуатацію робочого місця визначаємо за формулою [9]

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} \cdot k_m, \text{ грн/год} \quad (2.25)$$

де  $C_{ч.з.}^{б.у.}$  – практичні годинні затрати на базовому робочому місці,  $C_{ч.з.}^{б.у.} = 4,8$  грн/год;

$k_m$  – машинокоефіцієнт.

Питомі капітальні вкладення у верстат і будівлю для середньосерійного типу виробництва визначаємо за формулами

$$K_c = \frac{Ц}{3200}, \text{ грн/год;} \quad (2.26)$$

$$K_з = \frac{F \cdot 75}{3200}, \text{ грн/год.} \quad (2.27)$$

$F$  – виробнича площа, яку займає верстат, м<sup>2</sup>,

$$F = f \cdot k_f, \quad (2.28)$$

де  $f$  – виробнича площа (питома), яку займає верстат, м<sup>2</sup>,

Враховуючи, що запропоновані варіанти відрізняються операціями 005, 020 і 030, розрахунки проводимо лише для цих операцій.

Базовий варіант.

Операція 005 і 030 – поздовжньо-фрезерна, верстат мод. 6606.

$C = 245\ 000$  грн.;  $F = 35\ \text{м}^2$ .

Значення машинокоефіцієнта знаходимо за формулою [9]

$$k_m = \left( \frac{2,92 \cdot C}{1000} + 0,6 \cdot N_g + 0,65 \cdot P_m + I \cdot k_{np} \right) \cdot \frac{1}{21,8}, \quad (2.29)$$

де  $C$  – балансова вартість верстата, грн;

$N_g$  – потужність верстата, кВт;

$P_m$  – ремонтна складність механічної частини верстата;

$I$  – затрати на зношення металорізального інструменту,  $I = 13,5$  грн;

$k_{np}$  – коефіцієнт закріплення інструменту.

$$k_m = \left( \frac{2,92 \cdot 245000}{1000} + 0,6 \cdot 33,2 + 0,65 \cdot 31 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 39,6;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,10 = 134,64 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 4,8 \cdot 39,6 = 190,08 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{245000}{3200} = 76,56 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{35 \cdot 75}{3200} = 0,82 \text{ грн/год};$$

$$C_{н.з.1} = \frac{134,64}{1} + 190,08 + 0,2(76,56 + 0,82) = 340,2 \text{ грн/год}.$$

Операція 020 – радіально-свердлильна, верстат мод. 2Н55.

$C = 40\ 000$  грн.;  $F = 20\ \text{м}^2$ .

Значення машинокоефіцієнта знаходимо за формулою [9]

$$k_m = \left( \frac{3 \cdot C}{1000} + 0,48 \cdot N_g + 0,54 \cdot P_m + I \cdot k_{np} \right) \cdot \frac{1}{21,8}, \quad (2.30)$$

де  $I$  – затрати на зношення металорізального інструменту,  $I = 9,2$  грн.

$$k_m = \left( \frac{3 \cdot 40000}{1000} + 0,48 \cdot 4 + 0,54 \cdot 31 + 9,2 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 9,7;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,10 = 134,64 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 4,8 \cdot 9,7 = 46,56 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{40000}{3200} = 12,50 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{20 \cdot 75}{3200} = 0,47 \text{ грн/год};$$

$$C_{н.з.2} = \frac{134,64}{1} + 46,56 + 0,2(12,5 + 0,47) = 183,79 \text{ грн/год}.$$

Вартість механічного оброблення на відмінних операціях визначаємо за формулою

$$C_{01} = \frac{C_{н.з.1} \cdot T_{шк1}}{60} + \frac{C_{н.з.2} \cdot T_{шк2}}{60}, \text{ грн}; \quad (2.31)$$

$$C_{01} = \frac{340,2 \cdot 19,9}{60} + \frac{183,79 \cdot 4,15}{60} = 125,55 \text{ грн}.$$

### Проектний варіант.

Операція 005 і 030 – поздовжньо-фрезерна, верстат мод. 6610.

$C = 260\,000$  грн.;  $F = 35 \text{ м}^2$ .

Значення машинокоефіцієнта знаходимо за формулою 2.29

$$k_m = \left( \frac{2,92 \cdot 260000}{1000} + 0,6 \cdot 58 + 0,65 \cdot 49 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 41,4;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,10 = 134,64 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 4,8 \cdot 41,4 = 198,72 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{260000}{3200} = 81,25 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{35 \cdot 75}{3200} = 0,82 \text{ грн/год};$$

$$C_{n.з.1} = \frac{134,64}{1} + 198,72 + 0,2(81,25 + 0,82) = 349,77 \text{ грн/год.}$$

Операція 020 – радіально-свердлильна, верстат мод. 2Н53.

$$Ц = 32\,000 \text{ грн.}; F = 20 \text{ м}^2.$$

Значення машинокоефіцієнта знаходимо за формулою 2.30

$$k_m = \left( \frac{3 \cdot 32000}{1000} + 0,48 \cdot 3 + 0,54 \cdot 29 + 9,2 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 8,6;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,10 = 134,64 \text{ грн/год.};$$

$$C_{ч.з.} = 4,8 \cdot 8,6 = 41,28 \text{ грн/год.};$$

$$K_c = \frac{32000}{3200} = 10 \text{ грн/год.};$$

$$K_3 = \frac{20 \cdot 75}{3200} = 0,47 \text{ грн/год.};$$

$$C_{n.з.2} = \frac{134,64}{1} + 41,28 + 0,2(10 + 0,47) = 180,01 \text{ грн/год.}$$

Вартість механічного оброблення на розглядуваних операціях визначаємо за формулою 2.31

$$C_{O2} = \frac{349,77 \cdot 11,3}{60} + \frac{180,01 \cdot 4,15}{60} = 83,97 \text{ грн.}$$

Визначаємо економічний ефект проєктного варіанту технологічного процесу на річну програму виготовлення

$$E_m = (C_{O1} - C_{O2}) \cdot N, \text{ грн.} \quad (2.32)$$

$$E_m = (125,55 - 83,97) \cdot 8400 = 349272 \text{ грн.}$$

На підставі проведених розрахунків можна стверджувати, що другий варіант технологічного процесу економічно більш ефективний за перший, а економічний ефект складає 349272 грн при річній програмі випуску 8400 шт.

### 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1 Пристрій для фрезерування бічних площин

Пристрій для фрезерування бічних площин (рис. 3.1) служить для базування та закріплення деталі при виконанні поздовжньо-фрезерної операції 005.

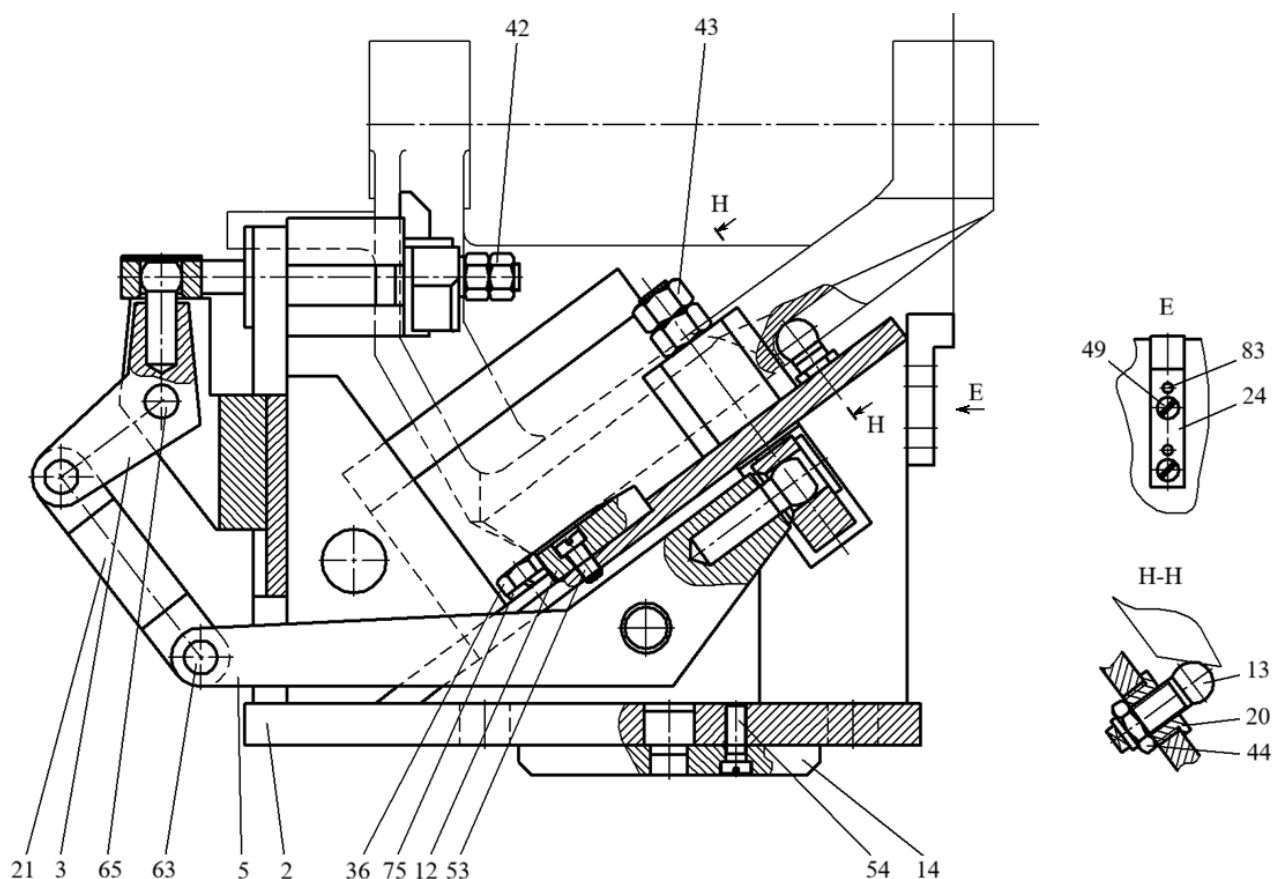


Рисунок 3.1 – Пристрій для фрезерування бічних площин

Він складається з глушника 1, корпуса 2, важелів 3, 4 і 5, корпуса 6, коромисла 7, кришок 8 і 9, вісі 10, кронштейна 11, опор 12 та 13, пальця 14, поршня 15, прихватів 16 17 і 18, стійки 19, втулки 20, тяги 21, упорів 22 та 23, установів 24 та 25, ущільнення 26, хомутика 27, шпильок 28, штока 29, гільзи 30, штуцерів 31, 32, та 33, гнізда 33а, пневморозподільника, кріпильних, а також інших стандартних виробів.

До штока 29 пневмоциліндра, за допомогою осей прикріплено важіль 4, який, через тягу 21, зв'язаний з важелем 3. При подачі стиснутого повітря через один з рукавів пневморозподільника, поршень 15 переміщається у вертикальній

площині і приводить у рух шток 29, який через систему важелів, приводить у рух упори 22 та 23, які затискають деталь по бічних поверхнях. Одночасно з цим, опора 13 піднімається і базує деталь по внутрішній площині.

При подачі стиснутого повітря через інший рукав, здійснюється зворотній рух механізму, і упори відходять і вивільняють деталь.

Пристрій встановлюється на столі поздовжньо-фрезерного верстату моделі 6610.

### **3.2 Кондуктор для свердління отвору Ø33H14**

Кондуктор (рис. 3.2) призначений для свердління отвору Ø33H14 в деталі КБ6-01.347.

Основою пристрою є корпус 2, до якого, за допомогою гвинта 29 прикріплено пневмоциліндр 34, який, через тягу 9 та вилку 15 проводить в рух повзун 4, який переміщається по направляючих корпуса 2. До вертикальної стійки корпуса за допомогою гвинтів 24 прикріплено упор 11, який виконано у вигляді призми і служить для базування зовнішньої поверхні оброблюваної деталі.

За допомогою гвинтів 24 та штифтів 37 до корпуса прикріплена кондукторна плита 3, в якій, розміщена кондукторна втулка 32, закріплена через проміжну втулку 31 за допомогою гвинта 27 (позиції на аркуші 2 складального креслення).

Деталь базується двома своїми циліндричними поверхнями в призмі 5, розміщеній на корпусі кондуктора, та призмі, яка знаходиться на повзуні 4. Зовнішня циліндрична поверхня оброблюваного отвору базується в упорі 11 по губках 10, які розміщені під кутом 90°.

Коли у праву (надпоршневу) порожнину пневмоциліндра 34 подається стиснене повітря, його шток переміщається вліво і, через тягу 9, приводить в рух повзун 4 у напрямку до деталі. Відбувається затиск деталі прихватом 6.

Коли стиснене повітря подається у ліву (підпоршневу) порожнину пневмоциліндра 34, його шток рухається вправо, що викликає рух у тому самому напрямку прихвата 6. Таким чином, деталь вивільняється.

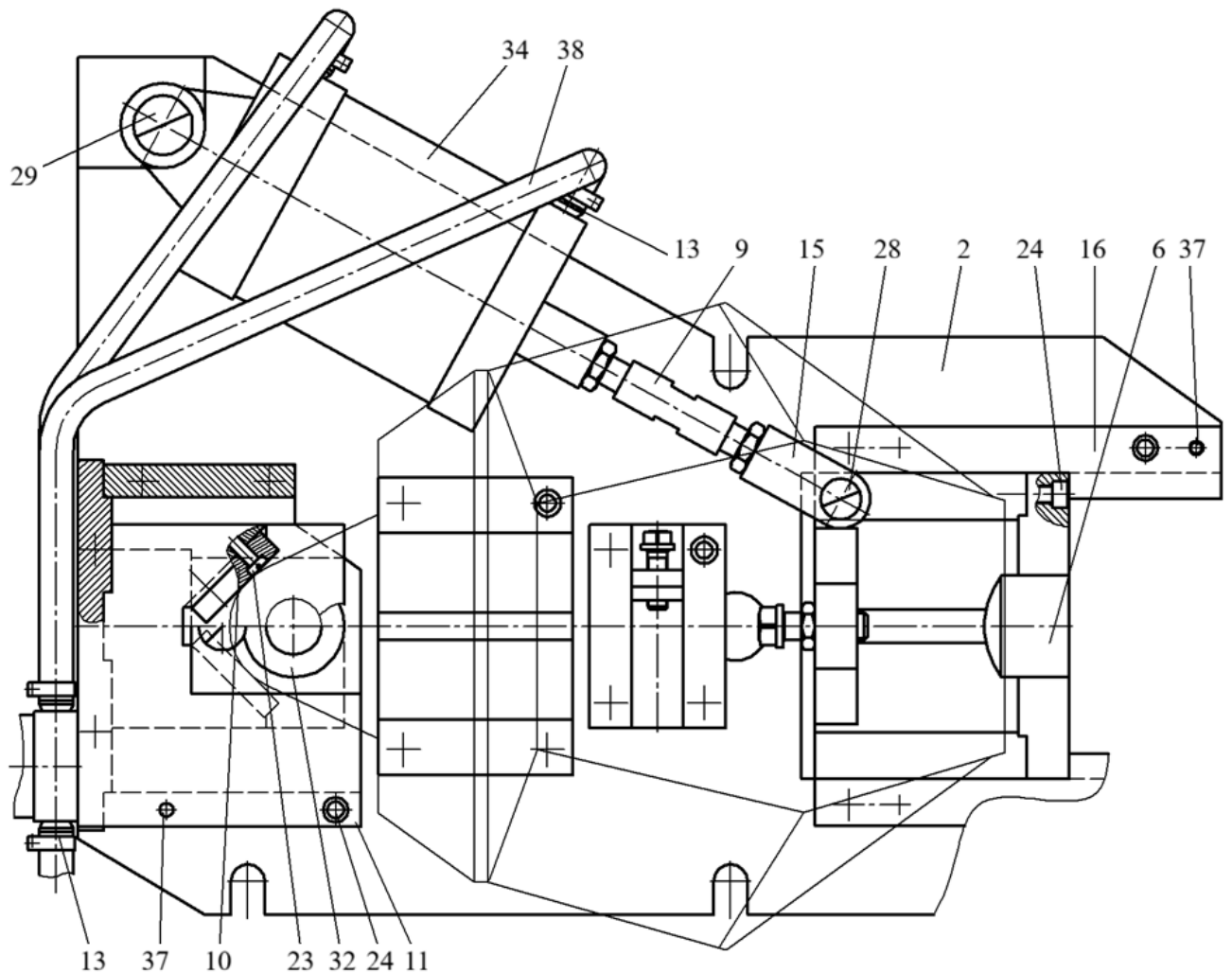


Рисунок 3.2 – Кондуктор для свердління отвору Ø33H14

Кондуктор встановлюється на столі радіально-свердлильного верстата мод. 2Н53 за допомогою шпонки і кріпильних болтів.

### 3.2.2 Визначення допустимої похибки обробки

Похибка обробки при виконанні даної операції не повинна перевищувати значення поля допуску на розмір, що одержують в результаті оброблення.

Допустима похибка обробки в пристрої визначається за формулою [11]

$$\varepsilon_{\text{дон}} = \delta - k \cdot w, \text{ мм} \quad (3.1)$$

де  $\delta$  – поле допуску на розмір деталі, мм;

$k$  – поправочний коефіцієнт;

$w$  – точність оброблення на верстаті.

При параметрах:  $\delta = 0,5$  мм (див. розділ 2);  $k = 0,6$ ;  $w = 0,05$  [11] отримаємо

$$\varepsilon_{\text{дон}} = 0,5 - 0,6 \cdot 0,05 = 0,47 \text{ мм.}$$

Похибка встановлення деталі у пристрої визначається за формулою

$$\varepsilon_{\sigma} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \text{ мм,} \quad (3.2)$$

де  $\varepsilon_{\delta}$  – похибка базування, мм;

$\varepsilon_3$  – похибка закріплення мм;

$\varepsilon_{\sigma}$  – похибка пристрою, мм.

Враховуючи, що деталь у пристрої базується на призму, визначення похибки базування деталі проводимо за формулою [12]

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{\delta}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}, \text{ мм,} \quad (3.3)$$

де  $\delta$  – допуск на установочний розмір, мм;

$\alpha$  – кут при вершині призми, град.

Підставивши відповідні значення, отримаємо

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{0,5}{2 \sin \frac{90}{2}} = 0,35 \text{ мм.}$$

Похибка закріплення складає  $\varepsilon_3 = 0,22$  мм, [11].

Похибка пристрою визначається за формулою

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{en}^2}, \text{ мм,} \quad (3.4)$$

де  $\varepsilon_{yc}$  – похибка неточності положення установочних елементів, мм;

$\varepsilon_{zn}$  – похибка зношення установочних елементів, мм;

$\varepsilon_{en}$  – похибка встановлення пристрою на верстаті, мм.

При наступних параметрах:  $\varepsilon_{yc} = 0,015$  мм;  $\varepsilon_{zn} = 0,05$  мм;  $\varepsilon_{en} = 0,01$  мм [11], отримаємо

$$\varepsilon_{\bar{y}} = \sqrt{0,015^2 + 0,05^2 + 0,01^2} = 0,053 \text{ мм.}$$

Підставивши відповідні значення у формулу (3.2), отримаємо

$$\varepsilon_{\bar{a}} = \sqrt{0,35^2 + 0,22^2 + 0,053^2} = 0,42 \text{ мм.}$$

Оскільки  $\varepsilon_{\bar{a}} < \varepsilon_{don}$  точність обробки у пристрої забезпечується.

### 3.2.3 Визначення сил затиску і параметрів пневмоприводу

Для визначення сил затиску у пристрої для свердління отвору  $\varnothing 33\text{H}14$ , будуємо схему (рис. 3.3).

В нашому випадку осьова сила діє перпендикулярно до напрямку сили затиску. Крутний момент, що виникає при свердлінні намагається повернути деталь навколо осі  $O_1 - O_2$ , а момент тертя, що створюється силою затиску повинен запобігти цьому. Сила  $P_o$  подачі інструменту намагається змістити деталь вздовж осі  $O_1 - O_2$ .

Необхідне значення сили затиску визначається за формулою

$$Q = \frac{2kM_{\partial^3\zeta}}{D \left( f_1 + f_2 \sin \frac{\alpha}{2} \right)}, \text{ Н} \quad (3.5)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу,  $k = 1,15$  [11];

$M_{\partial^3\zeta}$  – крутний момент різання, що виникає при свердлінні, Н·м;

$D$  – діаметр свердла, мм;

$f_1$  і  $f_2$  – коефіцієнти тертя,  $f_1 = f_2 = 0,15$  [11].

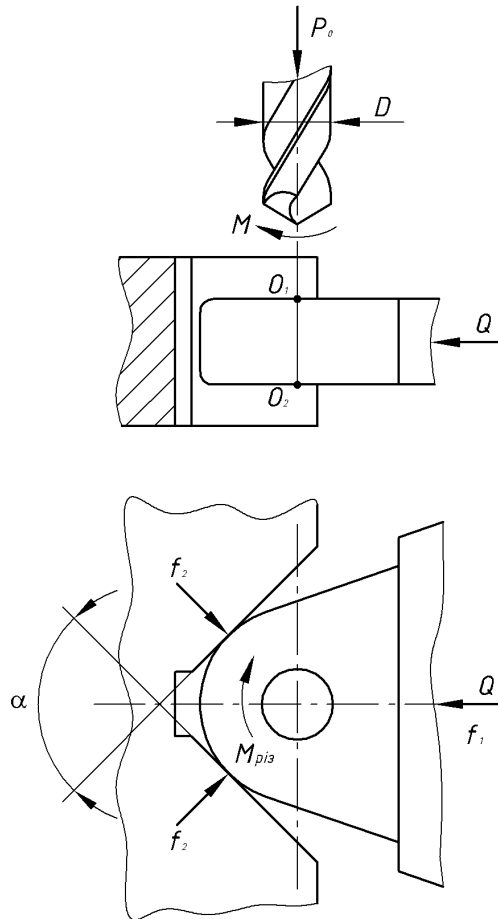


Рисунок 3.3 – Схема встановлення деталі та дії сил при свердлінні

Оскільки операція виконується у два переходи, значення крутного моменту визначаємо для першого переходу  $D = 20$  мм, коли сила різання буде більшою за формулою [11]

$$M_{\text{різ}} = C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_p; \quad (3.6)$$

$$K_p = K_{mp} = \left( \frac{\sigma_B}{750} \right)^{0.75}. \quad (3.7)$$

Для нашого випадку  $C_M = 0,0345$ ;  $q = 2,0$ ;  $y = 0,8$ .

$$K_p = \left( \frac{900}{750} \right)^{0.75} = 1,15;$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 20^2 \cdot 0,3^{0,8} \cdot 1,15 = 60,6 \text{ Нм};$$

$$Q = \frac{2 \cdot 1,15 \cdot 60,6}{20 \cdot 10^{-3} (0,15 + 0,15 \cdot \sin 45^\circ)} = 4896 \text{ Н.}$$

Діаметр поршня пневмоциліндра визначаємо за формулою [12]

$$D_u = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta \cos \beta} + d^2}, \quad (3.8)$$

де  $p$  – тиск у пневмосистемі,  $p = 1$  МПа;

$\beta$  – кут між віссю пневмоциліндра і напрямком сили затиску,  $\beta = 30^\circ$ ;

$\eta$  – коефіцієнт корисної дії системи,  $\eta = 0,8$ ;

$d$  – кут між віссю,  $d = 25$  мм.

$$D_u = \sqrt{\frac{4 \cdot 4896}{3,14 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot \cos 30^\circ} + 0,025^2} = 0,0996 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр пневмоциліндра  $D_u = 100$  мм, дійсна сила затиску при цьому становитиме

$$Q = \frac{3,14 \cdot 10^6 \cdot 0,8}{4} (0,1^2 - 0,025^2) = 5887 \text{ Н.}$$

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

### **4.1 Забруднення довкілля, що виникнуть в результаті реалізації технологічного процесу**

Будь-який технологічний процес виготовлення деталі супроводжується забрудненням довкілля. Не існує такого виду виробництва, яке було б абсолютно екологічно чистим. Не винятком є і процес виготовлення кронштейна КБб - 01.347.

Для оцінки рівня забруднення навколишнього середовища, що виникнуть в результаті реалізації даного дипломного проекту необхідно проаналізувати технологічний процес виготовлення кронштейна КБб - 01.347 по операціях.

Виконання цих операцій супроводжується викидом шкідливих речовин в навколишнє середовище. Проведемо аналіз кожної операції даного технологічного процесу.

**Операція 001 – Транспортна.**

На даній операції проводиться транспортування заготовок. Транспортування заготовок з місця на місце, а також міжцехове перевезення заготовок здійснюється електрокарами. Електрокари є головним джерелом електромагнітних забруднень, які негативно впливають на людину, порушують природну міграцію тварин, процеси росту рослин. Також на даній операції проходить значне шумове забруднення. Шуми шкідливо впливають на здоров'я людей, знижують їх працездатність, викликають захворювання органів слуху (глухоту), ендокринної, нервової, серцево – судинної систем (гіпертонія). Адаптація організмів до шуму практично неможлива, тому регулювання і обмеження шумового забруднення оточення - важливий і обов'язків захід.

**Операції 005-035 – механообробні.**

На даних операціях проводиться механічна обробка деталі. Процес механічної обробки супроводжується значним виділенням пилу, стружки, а також

при використанні ЗОР – виділенням виробничих парів та газів. Як і в попередньому випадку при експлуатації технологічного обладнання проходить шумове забруднення навколишнього середовища.

Виробничі гази та пари, потрапляючи в організм людини, можуть призвести в певних умовах до гострого або хронічного отруєння. При цьому концентрація отруйних парів та газів і тривалість впливу на організм людини мають першорядне значення. Крім того, в певних концентраціях гази й пари в суміші з повітрям вибухонебезпечні.

Пил негативно впливає на організм людини. Осідаючи на слизових оболонках і накопичуючись у легенях. Середньодобова гранично допустима концентрація (ГДК) пилу в атмосфері становить 0,15 мг/м [13].

Операція 050 – Промивна.

На даній операції проводиться промивка деталі в спеціальній промивочній машині. Під час виконання даної операції у воду потрапляють залишки металу. Таку воду не можна виливати безпосередньо у навколишнє середовище без очистки. Доцільно застосовувати оборотній процес з безперервним очищенням, тобто повторно використовувати цю воду після очищення. Це є економічно вигідно, так як будівництво таких систем дешевше ніж водоочисних споруд.

#### **4.2 Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок**

Вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок мають свої особливості [14].

Кабель, прокладений в землі чи в трубах відкрито, може при пошкодженні стати причиною пожежі.

Пожежа може виникнути внаслідок загоряння гарячих матеріалів, що знаходяться в кабельній споруді, при електричному розряді кабелю чи в момент випробувань, чи при ремонтних роботах через недотримання заходів пожежної безпеки.

В електричних мережах існують наступні вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок:

1) допускається гасіння пожежі водяними потоками на не вимкнених електроустановках напругою до 10 кВ, відкритих тільки для огляду електрика. При цьому опора повинна бути заземлена, а електрик – працювати в діелектричних ботах (чоботах) і рукавицях. Не допускається гасіння пожеж ручними засобами (вогнегасниками);

2) забороняється гасіння пожежі усіма видами пін з допомогою ручних засобів в електроустановках під напругою, оскільки піна і розчини піноутворювачів мають високу електропровідність. Лише в окремих випадках при спеціальному закріпленні піногенераторів і надійному їх заземленні, а також заземленні насосів пожежних машин, дозволяється гасити пожежу повітряно-механічною піною в електроустановках напругою до 10 кВ, які знаходяться під напругою;

3) при пожежі трансформатор повинен бути відімкненим з обох сторін, після чого одразу ж приступають до його гасіння будь-якими засобами (повітряно-механічною піною, розпиленою водою, вогнегасниками). При гасінні пожежі в трансформаторах, які встановлені в приміщеннях (камерах), необхідно прийняти міри щодо попередження розповсюдження пожежі через вентиляційні і інші канали. Вентиляція в приміщенні в цей період може вмикатись лише за вказівкою пожежного підрозділу;

4) при загорянні кабелів необхідно за наявності стаціонарної системи пожежегасіння (повітряно-механічною піною, розпиленою водою тощо.) вмикати її в роботу. При гасінні горючих кабелів напругою вище 1 кВ у кабельному тунелі пожежник, який працює з пожежним стовпом, повинен направляти потоки води через дверний люк, не заходячи при цьому в відсік з горючими кабелями. Одночасно з гасінням пожежі кабелів потрібно прийняти міри щодо швидкого зняття з них напруги;

5) щити управління станцій чи підстанцій напругою до 0,4 кВ є найбільш важливою частиною електроустановок, тому найбільшу увагу при гасінні пожежі

повинні приділяти збереженню встановленої на них апаратури;

б) при загорянні кабелів, проводів і апаратів на панелях щитів управління оперативний персонал повинен за можливості зняти напругу з панелей, не допускаючи переходу полум'я на сусідні панелі. В цьому випадку застосовують вуглекислотні чи брометиллові вогнегасники, а також розпилену воду.

Вода для гасіння пожежі зазвичай надходить із загального водогону, спеціального пожежного водоймища чи резервуара. Якщо напір води в загальному водогоні недостатній для гасіння пожежі, то його підвищують з допомогою насосів чи пожежних мотопомп.

Для живлення пожежних рукавів від водопровідної мережі в спеціальних колодязях встановлюють пожежні гідранти (крани для приєднання пожежних рукавів).

В розподільчих пунктах (РП) пожежі виникають доволі рідко через відсутність горючих матеріалів. Вибух і загоряння мастила в бакових масляних вимикачах, встановлених в окремих камерах, не спричиняють пошкоджень обладнання всього РП.

В трансформаторних підстанціях, де встановлені маслonaповнені трансформатори, при витіканні мастила і виникненні внаслідок цього короткого замикання всередині трансформатора може виникнути пожежа.

У ввідних пристроях пожежа може виникнути через потрапляння вологи в кінцеву мастильну муфту, що викличе коротке замикання в муфті і загоряння мастила.

При виявленні пожежі в РП чи ТП чергова бригада в першу чергу проводить повне від'єднання горючого обладнання від мережі і приступає до гасіння пожежі, застосовуючи сухий вогнегасник чи пісок. У випадку необхідності, чергова бригада викликає місцеву пожежну команду.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В кваліфікаційні роботі проаналізовано службове призначення та дана характеристика кронштейна КБ6-01.347, проведено аналіз технічних умов, технологічний контроль креслення деталі, проаналізована технологічність конструкції деталі, а також базовий технологічний процес її виготовлення.

2. На підставі результатів проведеного аналізу розроблено вдосконалений технологічний процес механічного оброблення кронштейна КБ6-01.347, що має такі відмінності від базового: на операції 005 проводиться одночасне оброблення чотирьох поверхонь за рахунок використання горизонтально-фрезерного верстата мод. 6610, який споряджений двома горизонтальними і двома вертикальними шпинделями, крім цього, з метою кращого завантаження верстатів за потужністю, на операції 020 застосовано верстат мод. 2Н53 замість 2Н55.

3. Запропоновані зміни дозволять скоротити штучний час оброблення деталі на 7,31 хв, що в свою чергу дозволить знизити трудомісткість та собівартість виготовлення виробу та покращити завантаження верстатів за потужністю.

4. Підібране спеціальне технологічне оснащення для реалізації розробленого технологічного процесу, а саме: пристрій для фрезерування бічних площин та кондуктор для свердління отворів  $\varnothing 33H14$  в деталі КБ6-01.347.

5. Правильність прийнятих рішень підтверджена розрахунками економічної ефективності. За умови впровадження розробленого технологічного процесу прогнозований економічний ефект складе 349272 грн, при річній програмі випуску 8400 штук.

6. В роботі розглянуто питання забруднення довкілля, що виникнуть в результаті реалізації розробленого технологічного процесу, а також вимоги пожежної безпеки при гасінні електроустановок.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Гевко І. Б., Гевко Б. М. Управління процесом розробки і освоєння виробництва нових виробів : Підручник. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 200 с.
2. Дячун А. Є. Технологія обробки типових деталей та складання машин : метод. посіб. з виконання курсового проекту / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. Тернопіль : ТНТУ , 2016. 75 с.
3. ДСТУ 8781:2018. Виливки зі сталі. Загальні технічні умови. Введ. 2019–01–01. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018. 41 с. : веб сайт. URL : <https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2021/06/dstu-8781-2018.pdf> (дата звернення: 09.03.2026).
4. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 148 с.
5. ТОВ «НВП Основа-Дніпро». Ціни на сталеве литво : веб сайт. URL : <https://osnovadnepr.uaprom.net/ua/> (дата звернення: 18.03.2026).
6. Ціни на металобрухт : веб сайт. URL : <https://metal.ck.ua/price.html> (дата звернення: 18.03.2026).
7. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
8. 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.
9. Данильченко Л. М. Ефективність інженерних рішень : навч. посіб. для здобувачів вищої освіти спеціальності 131-Прикладна механіка галузі знань 13-Механічна інженерія / Л.М. Данильченко, В.В. Васильків, І.Г. Ткаченко, М.Д. Сіправська. Тернопіль : ТНТУ, 2024. 248 с.
10. Погодинна оплата праці: що враховувати у 2026 році : веб сайт. URL : <https://7eminar.ua/news/3029-pogodinna-oplata-praci-shho-vrahovuvati-v-2025-roci/> (дата звернення: 19.03.2026).
11. Дичковский М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. . Тернопіль.: ТДТУ, 2001. 277 с.

12. Дичковський М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.

13. Леськів Г. З., Верескля М. Р. Безпека життєдіяльності та охорона праці : навч. посіб. Львів : Львівський державний університет внутрішніх справ, 2022. 262 с. : URL : <https://surl.li/whfdvm> (дата звернення: 05.06.2026).

14. Особливості гасіння пожежі в електроустановках до 1000В : веб сайт. URL : [https://euroservis.com.ua/ua/tushenie-pozharov-v-elektrostanovkakh-do-1000v.-ognetushiteli-dlya-elektrostanovok/?srsltid=AfmBOordv\\_lpLX1PuDZ-dAnhyoHnvs-y7srSYdEkrC2S90tVjH9rMBo7](https://euroservis.com.ua/ua/tushenie-pozharov-v-elektrostanovkakh-do-1000v.-ognetushiteli-dlya-elektrostanovok/?srsltid=AfmBOordv_lpLX1PuDZ-dAnhyoHnvs-y7srSYdEkrC2S90tVjH9rMBo7) (дата звернення: 10.06.2026).

15. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995> .

## ДОДАТОК А

## КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТІВ

на технологічний процес механічного оброблення

кронштейна КБ6-01.347

























ДОДАТОК Б  
СПЕЦИФІКАЦІЇ

Б.1 Пристрій для фрезерування бічних площин в деталі КБ6-01.347.

Б.2 Кондуктор для свердління отворів  $\varnothing 33H14$  в деталі КБ6-01.347.













