

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розроблення технологічного процесу механічного оброблення
опори передньої 65-20027

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

(шифр і назва спеціальності)

_____ Яворський Б. І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ткаченко І. Г.
(підпис) (прізвище та ініціали)

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

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

Рецензент _____
(підпис) (прізвище та ініціали)

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 Яворському Богдану Івановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розроблення технологічного процесу механічного оброблення опори передньої 65-20027

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 опори передньої 65-20027, базовий технологічний процес виготовлення деталі. Річна програма випуску – 18000 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)

Карти технологічних налагоджень на операції механічної обробки – А1.

Складальні креслення пристрою для фрезерування деталі в розмір 32 – 2А1.

Складальні креслення пристрою для фрезерування деталі в розмір 25 – 3А1.

Складальне креслення кондуктора для свердління 2 отв. Ø22 – 2А1.

РЕФЕРАТ

Яворський Богдан Іванович, кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр на тему: «Розроблення технологічного процесу механічного оброблення опори передньої 65-20027». Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, кафедра інжинірингу машинобудівних технологій, група МП-41. Керівник – кандидат технічних наук, доцент Ткаченко Ігор Григорович.

Мета роботи – розроблення технологічного процесу механічного оброблення опори передньої 65-20027.

Завдання роботи: вдосконалити маршрутно-операційний технологічний процес механічного оброблення опори передньої 65-20027; вибрати та обґрунтувати спосіб одержання заготовки; здійснити техніко-економічне обґрунтування вдосконаленого технологічного процесу виготовлення деталі; підібрати спеціальне технологічне оснащення для реалізації розробленого технологічного процесу; розробити заходи з безпеки життєдіяльності та охорони праці.

Об'єкт розробки – технологічний процес механічного оброблення опори передньої 65-20027.

Практичне значення отриманих результатів: розроблено технологічний процес механічного оброблення опори передньої 65-20027, здійснено вибір спеціальних верстатних пристроїв.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, переліку посилань із 15 найменувань та додатків. Основна частина роботи викладена на 71 сторінці і містить 6 рисунків і 15 таблиць. Додатків – 20 сторінок. Графічна частина включає 8 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	13
1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу	14
2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	15
2.1 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	15
2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки	18
2.3 Вибір технологічних баз	23
2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення ...	25
2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки	28
2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів	35
2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу	37
2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі	49
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА	54
3.1 Пристрій для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32	54
3.2 Кондуктор для свердління двох отворів Ø22 в деталі 65-20027	58
3.3 Пристрій чотиримісний для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 25 ...	61
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ	64
4.1 Актуальність охорони навколишнього середовища	64
4.2 Заходи щодо очищення повітря від пилу в механообробному цеху	65
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	69
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	70
ДОДАТКИ	72

ВСТУП

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість продукції, що виробляється в першу чергу залежить від випереджаючого розвитку верстатобудування, технологічного оснащення і обладнання, ефективного використання методів техніко-економічного аналізу для вирішення технічних проблем, а також для оцінки технологічних і конструкторських розробок.

Удосконалення технологічних методів виготовлення машин має при цьому першочергове значення.

Якість машини, її надійність, довговічність та експлуатаційна ефективність залежить не тільки від досконалості її конструкції, але і від технології виробництва.

Використання високопродуктивних методів обробки, що забезпечують високу точність і якість поверхонь деталей машин, методів підвищення міцності робочих поверхонь, що підвищують ресурс деталей зокрема і машини в цілому, застосування прогресивних методів організації праці – все це направлено на підвищення якісних показників продукції.

На сучасному етапі розвитку машинобудування можна створювати вироби, застосовуючи різноманітне обладнання, методи і схеми оброблення та складання, технологічне спорядження тощо. При цьому відрізнятимуться лише затрати на виробництво, що в умовах ринкової економіки матиме суттєве значення.

Тому необхідно розробляти і впроваджувати у виробництво лише такі конструктивні та технологічні розробки, які вимагають мінімальних термінів освоєння та найменших виробничих затрат.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення та характеристики об'єкту виробництва.

Аналіз технічних вимог на виріб

Деталь «Опора передня 65-20027» належить до деталей типу кронштейн. Вона є елементом для установки двигуна коренезбиральної машини КС-6Б виробництва ВАТ «Тернопільський комбайновий завод».

За призначенням поверхні деталі поділяються на основні базуючі, робочі, допоміжні базуючі і вільні поверхні [1].

У верхній частині деталі (див. рис 1.1) виконано отвір $E \text{ } \varnothing 70 \text{ мм}$ для центрування двигуна.

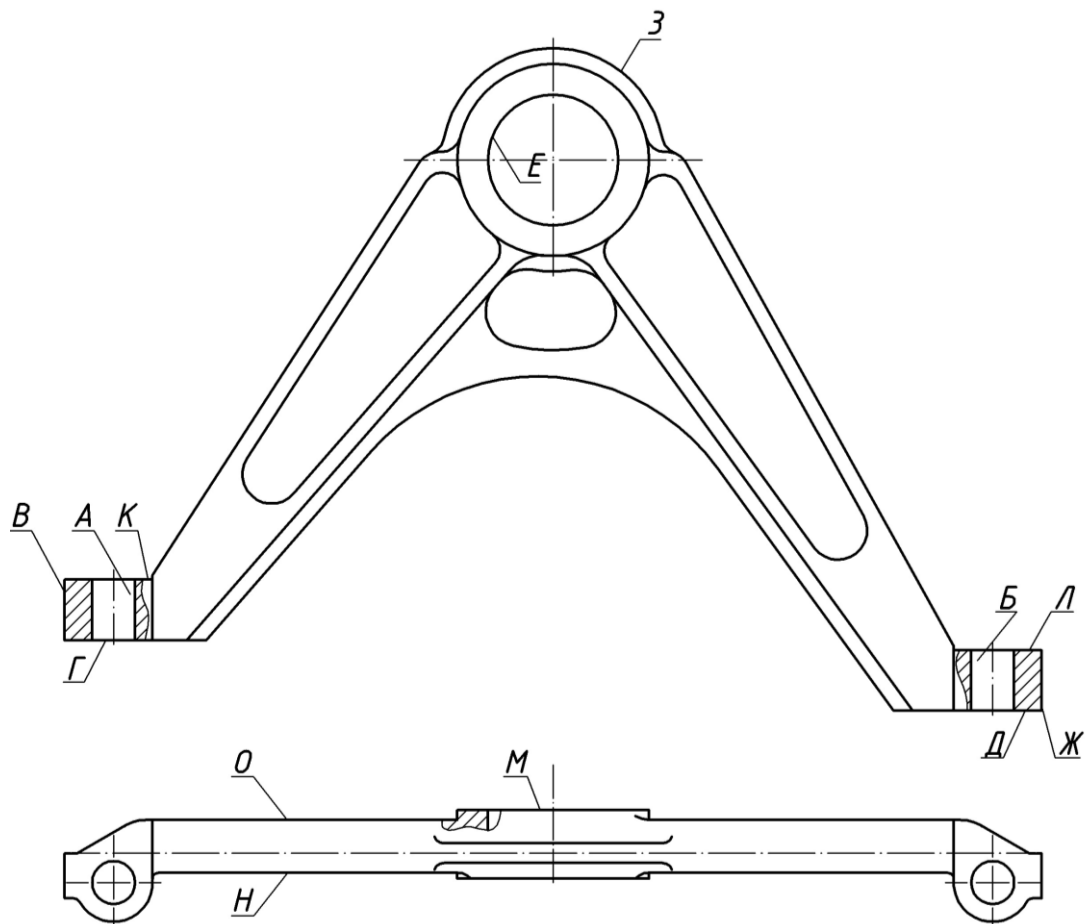


Рисунок 1.1 – Ескіз о деталі 65-20027 з позначеними поверхнями

Поверхніми *Г* і *Д* кронштейн встановлюється на раму машини.

Отвори *А* і *Б* призначені для кріплення кронштейна до рами машини за допомогою болтів М20.

Поверхні *В* і *Ж* призначені для забезпечення правильного положення кронштейна відносно рами.

Поверхні *К* і *Л* призначені для надійного базування опорних поверхонь шляпок болтів М20.

Решта поверхонь деталі є вільними. Їх розміри і конфігурація вибрано із забезпечення умови міцності та інших конструктивних міркувань.

Після ознайомлення з конструктивними особливостями деталі проводимо аналіз технічних умов, під час якого виявляємо технологічні задачі обробки деталі. 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
<i>Е, М, Г, Д</i>	Основні базуючі поверхні
<i>А, Б, Л, К, В, Ж</i>	Допоміжні базуючі поверхні
<i>З, О</i>	Вільні поверхні

Найвищі вимоги щодо точності і якості обробки висуваються до основних базуючих поверхонь.

Отвір *Е* виконують по 10 квалітету з шорсткістю $R_z 20$.

Непаралельність площин поверхонь *Г* і *Д* відносно осі отвору *Е* – не більше 0,2 мм.

Неперпендикулярність поверхні *М* до осі отвору *Е* не повинна бути більше 0,3 мм.

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

Таблиця 1.2 – Аналіз основних технічних умов

Позначення поверхні	Технічна умова або вимога	Метод виконання	Метод контролю
<i>E</i>	Забезпечити точність виконання по Н10 і шорсткість поверхні $Rz\ 20$	Забезпечується чорновим і чистовим обробленням поверхонь на розточному верстаті	Контроль розмірів здійснюється калібр-пробкою
<i>M</i>	Забезпечити точність виконання розміру з допуском $\pm 0,3$ мм і шорсткість поверхні $Rz\ 80$ і неперпендикулярність поверхні до осі отвору <i>E</i> не більше 0,3 мм	Забезпечується обробленням поверхні на вертикально-фрезерному верстаті	Контроль розмірів здійснюється шаблоном
<i>Г, Д</i>	Забезпечити точність розмірів з допуском $\pm 0,3$ мм і шорсткість поверхонь $Rz\ 80$ і непаралельність площин поверхонь відносно осі отвору <i>E</i> – не більше 0,2 мм	Забезпечується фрезеруванням на вертикально-фрезерному верстаті	Контроль розмірів здійснюється шаблоном
<i>A, Б</i>	Забезпечити точність положення отворів і їх діаметр по 14 квалітету і шорсткість поверхонь – $Rz\ 80$	Забезпечується свердлінням на вертикально-свердильному верстаті	Контроль розмірів здійснюється шаблоном і калібр-пробкою
<i>К, Л</i>	Забезпечити точність виконання по 14 квалітету з допуском $\pm 0,3$ мм і шорсткість поверхонь $Rz\ 80$	Забезпечується фрезеруванням на вертикально-фрезерному верстаті	Контроль розміру здійснюється шаблоном
<i>В, Ж</i>	Забезпечити точність виконання по 12 квалітету з допуском - 0,6 мм і шорсткість поверхонь $Rz\ 80$	Забезпечується фрезеруванням на горизонтально-фрезерному верстаті	Контроль розміру здійснюється шаблоном

Заготовкою деталі є виливок з ковкого чавуну EN-GJMB-350-10 ДСТУ EN 1562-2019 [2]. Даний матеріал має хороші ливарні властивості і добре піддається механічній обробці. Хімічний склад матеріалу представлено в табл. 1.3, а механічні властивості – в табл. 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад чавуну EN-GJMB-350-10 ДСТУ EN 1562-2019

C	Si	Mn	S	P	Cr
			не більше		
2,6-2,9	1,0-1,6	0,4-0,6	0,2	0,18	0,08

Таблиця 1.4 – Механічні властивості чавуну EN-GJMB-350-10 ДСТУ EN 1562-2019

σ_T , МПа	δ , %	НВ
330	8	100 - 163

Одним з факторів, які суттєво впливають на характер технологічного процесу, є технологічність конструкції виробу та його складових частин. При конструюванні виробів необхідно не тільки забезпечити експлуатаційні вимоги, але й вимоги до їх найбільш економічного виготовлення. Чим менша трудомісткість і собівартість виготовлення виробу, тим більше він вважається технологічним. Тому проектуванню технологічного процесу передують відпрацювання виробу на технологічність. Оцінка технологічності конструкції виробу може бути двох видів: якісна і кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено, на підставі досвіду виконавця і проводиться на всіх стадіях проектування, як попередня. Її характеризують показники: «добре» - «погано».

Заготовка виготовляється методом литва, тому конфігурацію її зовнішнього контуру і внутрішніх поверхонь забезпечується відносно просто, проте, в опці слід передбачити роз'єм, оскільки бічні поверхні деталі мають виступи.

Деталь має достатню жорсткість і надійні базові поверхні, що дає можливість закріплювати її у відповідних технологічних пристроях, та обробляти

різними ріжучими інструментами. До всіх оброблюваних поверхонь є вільний доступ металорізального і вимірювального інструменту. Конфігурація деталі дозволяє застосовувати багатомісні пристрої, що дозволить підвищити продуктивність механічної обробки.

Отвори *A* і *B* (див. рис. 1.1) розміщені на достатній відстані для того, щоб проводити їх одночасне свердління. Параметри точності і шорсткості отвору *E* вимагають його чорнової і чистової обробки.

Робоче креслення деталі містить всі необхідні відомості, для повної характеристики деталі, всі необхідні проекції, розміри, додаткові вигляди, які чітко і однозначно пояснюють конфігурацію деталі і можливі способи одержання заготовки.

На кресленні вказані всі допуски розмірів, форми і взаємного розміщення поверхонь, а також параметри шорсткості поверхонь.

Креслення містить відомості про матеріал виробу.

На основі вищесказаного можна зробити висновок: дана деталь є технологічною, з можливістю забезпечення технічних вимог на універсальному і спеціальному обладнанні нормальної точності із застосуванням спеціального оснащення.

Кількісна оцінка базується на визначенні відношення досягнутих показників до базових. Перелік показників технологічності, з якого розробник повинен приймати мінімальну, але достатню їх кількість.

Найчастіше використовуються наступні показники [1].

Рівень технологічності конструкції деталі за трудомісткістю виготовлення

$$K_T = \frac{T_\delta}{T_\delta}, \quad (1.1)$$

де T_δ і T_δ – досягнута і базова трудомісткість виготовлення, хв.

$$T_\delta = \sum_{i=1}^p t_{um.i}, \quad (1.2)$$

де $t_{um.i}$ – штучний час i -ї операції, хв.;

p – кількість технологічних операцій;

T_∂ – трудомісткість виготовлення, хв.

Для нашого випадку $T_\partial = 6,99$ хв (див. розділ 2), $T_\partial = 9,46$ хв, отже

$$K_T = \frac{6,99}{9,46} = 0,74.$$

Рівень технологічності конструкції за використанням матеріалу визначається за формулою

$$K_{BM} = \frac{M_\partial}{M_M}, \quad (1.3)$$

де M_∂ – маса готової деталі, кг;

M_M – маса матеріалу, витраченого на виготовлення деталі, кг;

K_{BM} – коефіцієнт використання матеріалу.

Технологічність конструкції деталі за використанням матеріалу остаточно визначається після добору способу виготовлення заготовки й розрахунку припусків на обробку. Для нашого випадку $M_\partial = 6,04$ кг, $M_M = 6,95$ кг.

$$K_{BM} = \frac{6,04}{6,95} = 0,87.$$

Рівень технологічності конструкції за точністю обробки

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{сер}}, \quad (1.4)$$

$$T_{сер} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i}, \quad (1.5)$$

де T_i – квалітет точності відповідної поверхні;

n_i – кількість розмірів певного квалітету точності.

$$T_{сер} = \frac{10 \cdot 1 + 12 \cdot 3 + 14 \cdot 8}{12} = 12,3;$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{12,3} = 0,92.$$

Рівень технологічності конструкції за шорсткістю поверхонь

$$K_u = 1 - \frac{1}{Ш_{сер}}, \quad (1.6)$$

$$Ш_{сер} = \frac{\sum Ш_i n_i}{\sum n_i}, \quad (1.7)$$

де $Ш_i$ – параметр шорсткості певної поверхні;

n_i – кількість поверхонь відповідного параметра шорсткості.

Показники технологічності за шорсткістю і точністю можуть бути визначені зразу після внесення в креслення відповідних змін.

$$Ш_{сер} = \frac{20 \cdot 1 + 80 \cdot 11}{12} = 75;$$

$$K_u = 1 - \frac{1}{75} = 0,98.$$

Кількісний показник оброблюваності матеріалу приймаємо $K_{ом} = 0,80$.

Існує також ряд інших показників, котрі дають змогу конкретизувати ті чи інші конструктивні недоліки і намітити шляхи підвищення технологічності. До них належать рівні уніфікації деталей та їх конструктивних елементів, марок матеріалів, сортamentів матеріалів, різьби, посадок тощо.

1.2 Аналіз базового технологічного процесу

Базовий технологічний процес механічного оброблення спроектований за класичною схемою технологічного маршруту виготовлення кронштейнів. Він включає розточну, вертикально-свердлильну, вертикально-фрезерну і три вертикально-фрезерних операцій.

На першій технологічній операції здійснюється фрезерування поверхні M (див. рис. 1.1) на вертикально-фрезерному верстаті мод 6Н11. В подальшому ця

поверхня виступає у ролі технологічної бази, на якій проводиться розточування отвору *E* на горизонтально-розточному верстаті мод. 2620В.

Третьою технологічною операцією є вертикально-фрезерна, на якій обробляються поверхні *Г* і *Д* на вертикально-фрезерному верстаті мод 6Н11.

Після цього здійснюється послідовне свердління отворів *A* і *B* на радіально-свердлильному верстаті мод. 2Н55.

Наступною технологічною операцією є вертикально-фрезерна, на якій обробляються поверхні *K* і *Л* на вертикально-фрезерному верстаті мод 6Н11.

Заключною технологічною операцією є горизонтально-фрезерна, на якій обробляються поверхні *B* і *Ж* на горизонтально-фрезерному верстаті мод 6Н81Г.

Механічна обробка деталі здійснюється в одномісних пристроях з ручним затиском, що викликає значну її трудомісткість.

Обладнання базового технологічного процесу вибрано з дотриманням основних вимог щодо потужності і габаритів, але вимагає вдосконалення на свердлильній операції з метою зменшення трудомісткості.

Технологічне оснащення операцій вимагає вдосконалення шляхом застосування швидкодіючих затискних пристроїв та багатомісної обробки.

1.3 Висновки та постановка задач на кваліфікаційну роботу

Проведений вище аналіз креслення деталі «Опора передня 65-20027» показав, що дана деталь, в цілому, є технологічною. Але, процес механічного оброблення деталі потребує часткового вдосконалення з метою підвищення продуктивності, зниження трудомісткості виготовлення та підвищення ступеня механізації.

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

Основною характеристикою типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій [1]:

$1 < K_{30} < 10$ – масове та крупносерійне;

$10 < K_{30} < 20$ – середньосерійне;

$20 < K_{30} < 40$ – дрібносерійне.

В одиничному виробництві K_{30} не регламентується.

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

$$K_{30} = \frac{O}{P}, \quad (2.1)$$

де O – кількість різних операцій;

P – кількість робочих місць з різними операціями.

Загальне число операцій O по 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]

$$O_{pm} = \frac{60 \cdot F_m \cdot k_v \cdot k_n}{T_{шк} \cdot N_m}, \quad (2.2)$$

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

k_v – середній коефіцієнт виконання норм часу;

k_n – нормативний коефіцієнт завантаження обладнання;

N_m – місячна програма випуску деталей;

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

$$N_M = 18000/12 = 1500 \text{ шт}; \quad F_M = 4015/12 = 334,5 \text{ год.}$$

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.

$$O_{005} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,15 \cdot 1500} = 12,10; \quad O_{010} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,90 \cdot 1500} = 7,32;$$

$$O_{015} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,40 \cdot 1500} = 9,94; \quad O_{020} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,25 \cdot 1500} = 6,18;$$

$$O_{025} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{2,10 \cdot 1500} = 6,62; \quad O_{030} = \frac{60 \cdot 334,5 \cdot 1,3 \cdot 0,8}{1,20 \cdot 1500} = 11,60.$$

Таблиця 2.1 – Розрахунок операцій, закріплених за одним робочим місцем

№ операції	Назва операції	Модель верстата	$T_{шк}$	O_{pm}
005	Вертикально-фрезерна	6Н11	1,15	12,10
010	Горизонтально-розточна	2620В	1,90	7,32
015	Вертикально-фрезерна	6Н11	1,40	9,94
020	Радіально-свердлильна	2Н55	2,25	6,18
025	Вертикально-фрезерна	6Н11	2,10	6,62
030	Горизонтально-фрезерна	6Н81Г	1,20	11,60
035	Приймальний контроль	–	–	–
Σ			9,95	63,76

За формулою (2.1) визначаємо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{zo} = 63,76/6 = 10,62.$$

Це відповідає середньосерійному типу виробництва.

Форма організації виробничого процесу – предметно-потокова. Розміщення технологічного обладнання – за ходом технологічного маршруту. Запуск деталей у виробництво – партіями, періодично з запасом готових виробів на п'ять робочих днів.

Даний тип виробництва характеризується використанням універсального, спеціалізованого і частково спеціального обладнання. Технологічне оснащення – високопродуктивне спеціальне і універсальне. Різальний інструмент, що використовується – універсальний і спеціальний. В якості вимірювального інструменту використовують калібри, спеціальний вимірювальний інструмент.

Необхідна точність досягається як методами автоматичного отримання розмірів, так і методами пробних ходів і промірів з частковим використанням розмітки.

Такт виробництва визначаємо за формулою [1].

$$t_e = \frac{F_\partial \cdot 60}{N}, \quad (2.3)$$

де F_∂ – дійсний фонд часу роботи обладнання в плановому періоді (рік), $F_\partial = 4015$ год;

N – річна програма випуску деталей, $N = 18000$ шт.

$$t_e = 4015 \cdot 60 / 18000 = 1,34 \text{ хв.}$$

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).

$$n = 18000 \cdot 5 / 253 = 355,7 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 360$ шт.

2.2 Вибір та техніко-економічне обґрунтування способу одержання заготовки

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати: конфігурацію, розміри, масу і матеріал заготовки; кількість отримуваних заготовок; необхідну точність отримання заготовки; шорсткість і якість поверхневих шарів заготовки; бажаний напрям волокон.

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 служить ковкий чавун EN-GJMB-350-10 ДСТУ EN 1562-2019. Даний матеріал має хороші ливарні властивості і добре піддається механічній обробці.

Розглядаємо два варіанти отримання заготовки для деталі: литво в земляні форми (піщано-глиняні) і литво в металеві форми (кокіль).

Із можливих варіантів отримання заготовки приймається той, який після розрахунку собівартості виявиться більш економічним.

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 [3]: клас точності розмірів – 9; клас точності мас – 13Т; ряд припусків – 2.

Визначимо масу вилівка, одержаного цим способом. Для цього, спочатку, визначимо його розміри з урахуванням припусків на обробку.

Виходячи з геометричної форми вилівка, його симетричності, незначної різностінності, хороших ливарних властивостей матеріалу заготовки приймаємо 6-й ступінь жолоблення вилівка.

Відповідні розміри виливка та їх граничні відхилення:

- для розміру $494_{-0,6}$ мм відповідний розмір виливка рівний $501,6 \pm 1,0$ мм;
- для розміру $32 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $35,2 \pm 0,4$ мм;
- для розміру $25 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $28,2 \pm 0,4$ мм;
- для розміру $\varnothing 70H10$ відповідний розмір виливка рівний $\varnothing 62,8 \pm 0,6$ мм;
- для розміру $242 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $245,8 \pm 0,8$ мм.

З метою спрощення ливарних форм, поверхні *A* і *B* (див. рис. 1.1) в конструкції заготовки не передбачаємо, їх буде утворено за рахунок наступного механічного оброблення.

Враховуючи масу деталі, визначаємо масу заготовки за формулою

$$Q = q + q_{\text{відх}}, \quad (2.5)$$

де q – маса деталі, кг;

$q_{\text{відх}}$ – маса матеріалу, який піде у відходи після механічної обробки, кг.

$$q_{\text{відх}} = \rho \cdot V_{\text{відх}}, \quad (2.6)$$

де ρ – густина матеріалу виливка, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\rho = 7800 \text{ кг}/\text{м}^3$;

$V_{\text{відх}}$ – об'єм матеріалу, який піде у відходи після механічної обробки, кг .

Маючи припуски на обробку, визначимо значення $V_{\text{відх}}$ за формулою

$$V_{\text{відх}} = 2V_1 + V_2 + 2V_3 + V_4 + 2V_5, \quad (2.7)$$

де V_1 – об'єм припуску на обробку поверхонь *B* і *Ж*;

V_2 – об'єм припуску на обробку поверхні *M*;

V_3 – об'єм припуску на обробку поверхонь *K* і *Л*;

V_4 – об'єм припуску на обробку поверхонь *E*;

V_5 – об'єм припуску на обробку поверхонь *Д* і *Г*.

$$V_1 = 23 \cdot 31 \cdot 5 \cdot 3,8 = 2709 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = 14770 \cdot 3,2 = 47264 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = 1742 \cdot 3,2 = 5575 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = 48037 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = 2427 \cdot 3,8 = 9223 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{відх}} = 2 \cdot 2709 + 47264 + 2 \cdot 5575 + 48037 + 2 \cdot 9223 = 130315 \text{ мм}^3.$$

Підставивши значення $V_{\text{від}}$ у формулу (2.6), отримаємо

$$q_{\text{відх}} = 7800 \cdot 130315 \cdot 10^{-9} = 1,02 \text{ кг.}$$

Отже, на підставі формули (2.5), маса заготовки становитиме

$$Q = 6,04 + 1,02 = 7,06 \text{ кг.}$$

Вартість заготовки визначають за формулою [3]

$$C_3 = \left(\frac{C_i}{1000} Q k_m k_c k_m k_\theta k_{cm} \right) - (Q - q) \frac{C_{\text{відх}}}{1000}, \quad (2.8)$$

де C_i – базова вартість однієї тони заготовок, грн. [4];

Q – маса заготовки, кг;

k_m – коефіцієнт, що залежить від точності розмірів, $k_m = 1,32$ [3];

k_c – коефіцієнт, що залежить від конструктивної і технологічної складності, $k_c = 1,19$ [3];

k_m – коефіцієнт, що залежить від марки матеріалу, $k_m = 1,2$ [3];

k_θ – коефіцієнт, що залежить від маси, та від річного замовлення заготовок, $k_\theta = 1,0$ [3];

k_{cm} – коефіцієнт, що враховує зменшення товщини основних стінок виливка відносно базової товщини, $k_{cm} = 1,1$ [3];

q – маса деталі, кг;

$C_{\text{відх}}$ – ціна однієї тони відходів, грн [5].

Підставивши значення відповідних коефіцієнтів, отримаємо вартість заготовки

$$C_{31} = \left(\frac{120000}{1000} 7,06 \cdot 1,32 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (7,06 - 6,04) \frac{3000}{1000} = 1753,57 \text{ грн.}$$

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 – 7; клас точності мас – 11Т; ряд припусків – 1, ступінь жолоблення – 6.

Для визначення маси виливка, одержаного цим способом, призначаємо припуски на механічну обробку та розміри заготовки.

Отже відповідні розміри виливка та їх граничні відхилення наступні:

- для розміру $494_{-0,6}$ мм відповідний розмір виливка рівний $501,6 \pm 1,0$ мм;
- для розміру $32 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $35,2 \pm 0,4$ мм;
- для розміру $25 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $28,2 \pm 0,4$ мм;
- для розміру $\varnothing 70H10$ відповідний розмір виливка рівний $\varnothing 62,8 \pm 0,6$ мм;
- для розміру $242 \pm 0,3$ відповідний розмір виливка рівний $245,8 \pm 0,8$ мм.

Як і в попередньому випадку, з метою спрощення ливарних форм, поверхні *A* і *B* (див. рис. 1.1) в конструкції заготовки не передбачаємо, їх буде утворено за рахунок наступної механічної обробки.

Маючи розміри припусків, за формулою (2.7) визначимо об'єм матеріалу, що піде у відходи після механічної обробки

$$V_1 = 23 \cdot 31 \cdot 5 \cdot 3 = 2139 \text{ мм}^3;$$

$$V_2 = 14770 \cdot 3 = 44310 \text{ мм}^3;$$

$$V_3 = 1742 \cdot 3 = 5226 \text{ мм}^3;$$

$$V_4 = 42503 \text{ мм}^3;$$

$$V_5 = 2427 \cdot 3 = 7281 \text{ мм}^3;$$

$$V_{\text{відх}} = 2 \cdot 2139 + 44310 + 2 \cdot 5226 + 42503 + 2 \cdot 7281 = 116105 \text{ мм}^3.$$

Підставивши значення $V_{\text{від}}$ у формулу (2.6), отримаємо:

$$q_{\text{відх}} = 7800 \cdot 116105 \cdot 10^{-9} = 0,91 \text{ кг.}$$

Отже, на підставі формули (2.5), маса заготовки становитиме:

$$Q = 6,04 + 0,91 = 6,95 \text{ кг.}$$

Вартість заготовки визначаємо за формулою (2.6), врахувавши нові значення коефіцієнтів та маси вилівка.

Згідно рекомендацій [3]: $k_m = 1,32$; $k_c = 1,19$; $k_{\text{м}} = 1,2$; $k_{\text{в}} = 1,0$; $k_{\text{ст}} = 1,1$.

$$C_{32} = \left(\frac{120000}{1000} 6,95 \cdot 1,32 \cdot 1,19 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \right) - (6,95 - 6,04) \frac{3000}{1000} = 1726,53 \text{ грн.}$$

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

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

$$E = (C_{32} - C_{31}) \cdot N, \quad (2.9)$$

де C_{31} і C_{32} – вартості варіантів виготовлення заготовок, грн.;

N – річна програма випуску, шт.

$$E = (1753,57 - 1726,53) \cdot 18000 = 486720 \text{ грн.}$$

Отже при виготовленні заготовки за другим варіантом отримаємо економію грошових коштів в сумі 486720 гривень на рік. Тому, в якості заготовки для деталі приймаємо вилівок, отриманий литвом в кокіль.

2.3 Вибір технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність виготовлення деталі.

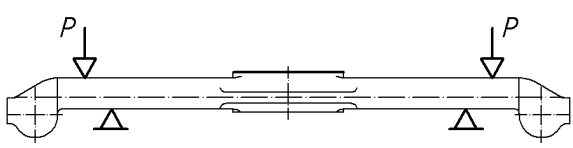
Завдання, що вирішуються на першій операції, зводяться, до необхідності встановлення зав'язків, які визначають розміри та розміщення оброблюваних поверхонь відносно поверхонь, що залишилися необробленими, і рівномірного розподілу фактичних припусків між поверхнями.

Вибору баз на першій операції передують визначення поверхонь, що будуть використовуватись як бази на подальших операціях. Такими поверхнями є основні бази, від яких задана більшість розмірів, що координують розташування інших відповідальних поверхонь.

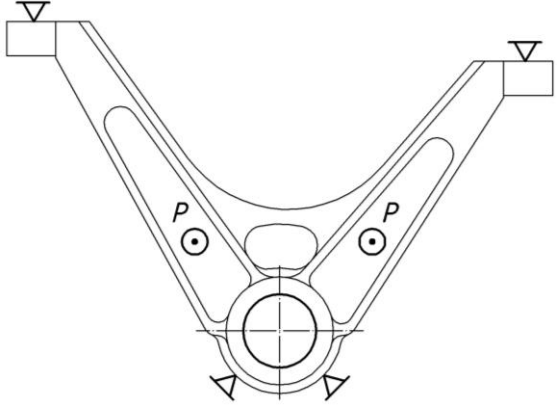
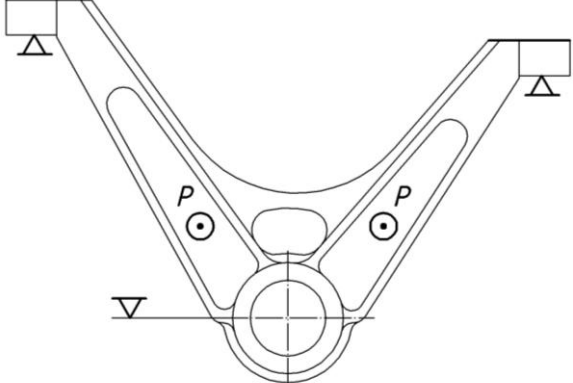
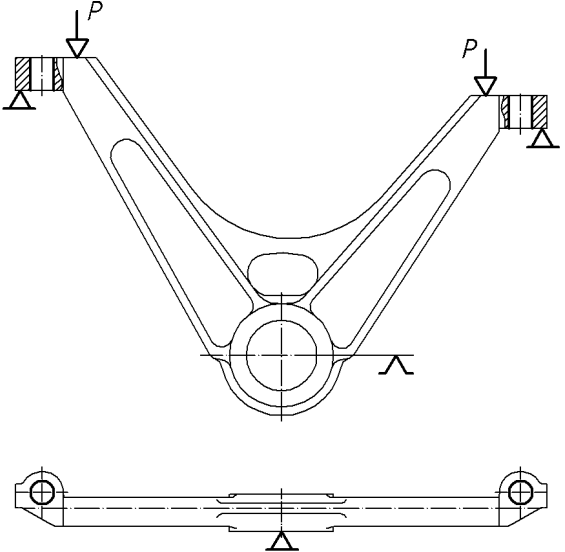
Базовою поверхнею на першій операції бажано мати таку, яка у подальшому не обробляється і має достатню площу. Такою є поверхня H (див. рис. 1.1). В подальшому в якості базових використовуються поверхні M і E .

Ескізи оброблення за операціями та технологічні бази, що при цьому використовуються наведені в таблиці 2.2.

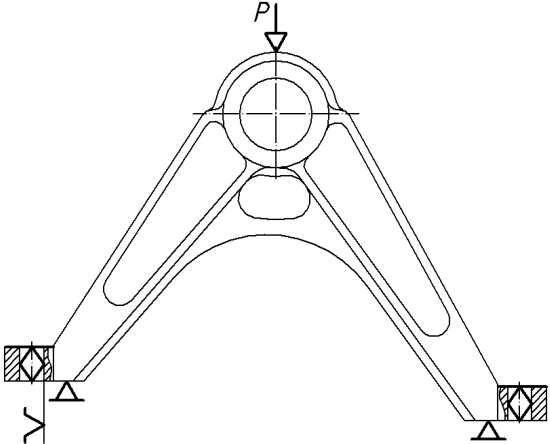
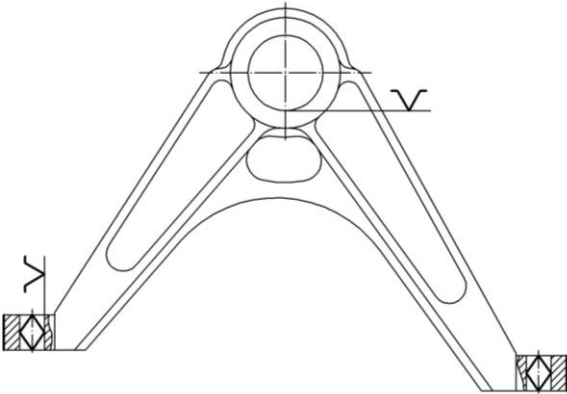
Таблиця 2.2 – Вибір технологічних баз

Номер операції	Назва операції	Ескізи обробки і технологічні бази
1	2	3
005	Вертикально-фрезерна	 <p>The diagram shows a horizontal shaft with a central section. Two downward-pointing arrows labeled 'P' are positioned above the shaft, representing forces. Two upward-pointing triangles are positioned below the shaft, representing support points. The shaft has various diameters and features, including a central section with a different diameter and a section with a chamfered end.</p>

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
010	Горизонтально-розточна	
015	Вертикально-фрезерна	
020	Вертикально-свердлильна	

Кінець таблиці 2.2

1	2	3
025	Вертикально-фрезерна	
030	Горизонтально-фрезерна	

2.4 Вибір варіанту технологічного маршруту механічного оброблення

Технологічний маршрут механічного оброблення опори передньої включає наступні основні етапи:

- оброблення поверхонь, що використовуються в якості технологічних баз на наступній операції;
- оброблення взаємопов'язаних зовнішніх поверхонь;
- оброблення отворів.

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

Таблиця 2.3 – Перший варіант технологічного маршруту

№ операції	Назва операції, переходи	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель верстата
005	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 32.	М	Н, О	6Н11
010	Горизонтально-розточна 1. Розточити отвір до $\varnothing 69,6$ із зняттям фаски. 2. Розточити отвір до $\varnothing 70$.	Е	Г, Д, З, Н, О	2620В
015	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 242. 2. Фрезерувати поверхню в розмір 36.	Г, Д	Е, К, Л	6Н11
020	Радіально-свердлильна 1. Свердлити отв. $\varnothing 22$. 2. Свердлити отв. $\varnothing 22$.	А Б	Г, Д, К	2Н55
025	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розміри 25 і 20. 2. Фрезерувати поверхню в розміри 25 і 20.	К Л	А, Г, Д, З	6Н11
030	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 247. 2. Фрезерувати поверхню в розмір 494.	В Ж	А, Е, М, О	6Н81Г

Таблиця 2.4 – Другий варіант технологічного маршруту

№ операції	Назва операції, переходи	Оброблювані поверхні	Базові поверхні	Модель верстата
005	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 32.	М	Н, О	6Н11
010	Горизонтально-розточна 1. Розточити отвір до $\varnothing 69,6$ із зняттям фаски. 2. Розточити отвір до $\varnothing 70$.	Е	Г, Д, З, Н, О	2620В
015	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 242. 2. Фрезерувати поверхню в розмір 36.	Г Д	Е, К, Л	6Н11
020	Вертикально-свердлильна 1. Свердлити 2 отв. $\varnothing 22$.	А Б	Г, Д, К	2170М
025	Вертикально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розміри 25 і 20. 2. Фрезерувати поверхню в розміри 25 і 20.	К Л	А, Г, Д, З	6Н11
030	Горизонтально-фрезерна 1. Фрезерувати поверхню в розмір 247. 2. Фрезерувати поверхню в розмір 494.	В Ж	А, Е, М, О	6Н81Г

Другий варіант має наступні відмінності від першого.

1. Вертикально-фрезерна 015. Пропонується здійснювати одночасне оброблення двох деталей, замість однієї.

2. Операцію 020 з радіально-свердлильної, що виконується на верстаті 2Н55 замінено на вертикально-свердлильну на верстаті 2170М. Крім цього, замість послідовного свердління отворів, здійснюється їх одночасне свердління.

3. Вертикально-фрезерна 025. Пропонується здійснювати одночасне оброблення чотирьох деталей, замість однієї.

4. Горизонтально-фрезерна 030. Пропонується здійснювати одночасне оброблення двох деталей, замість однієї.

2.5 Визначення припусків на оброблення та розмірів заготовки

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

При застосуванні дослідно-статистичного методу, загальні та проміжні припуски визначають за таблицями, в яких узагальнено і систематизовано виробничий досвід передових машинобудівних підприємств. Недоліком цього методу є те, що припуски, як правило, призначають без урахування маршруту оброблення поверхні і конкретних умов виконання технологічних операцій та переходів. Ці припуски в багатьох випадках завищені, оскільки вони орієнтовані на такі умови оброблення, коли для зменшення ймовірності виникнення браку припуск повинен бути максимальним.

Розрахунково-аналітичний метод, базується на урахуванні конкретних умов виконання технологічного процесу оброблення і дає можливість економії металу та зниження трудомісткості механічної обробки. Метод застосовують у серійному та масовому виробництвах.

Розрахуємо припуски та міжопераційні розміри для отримання внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 70 \text{ H}10^{(-0,120)}$, що відповідає поверхні *E*.

Технологічний маршрут механічного оброблення поверхні складається з наступних переходів.

1. Розточування чорнове;
2. Розточування чистове.

Дані для розрахунку припусків і граничних розмірів, а також результати розрахунків зведено в таблицю 2.5.

Для заготовки одержаної литвом сумарне значення шорсткості R_z та глибини дефектного шару T складає 500 мкм [1].

Згідно рекомендацій [1] після першого переходу глибину дефектного шару T із розрахунків виключаємо, оскільки деталь виготовлена з чавуну.

Для чорнового розточування шорсткість $R_z = 50$ мкм.

Для чистового розточування шорсткість $R_z = 20$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень при centruванні деталі в трикулачковому патроні

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{зм}^2}, \quad (2.10)$$

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

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

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

де Δ_k – питома кривизна заготовки;

D – діаметр оброблюваного отвору;

l – довжина оброблюваного отвору.

При питомій кривизні заготовки $\Delta_k = 0,7$ мкм на 1 мм [1], діаметрі оброблюваного отвору $d = 70$ мм і довжині оброблюваного отвору $l = 31$ мм.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 70)^2 + (0,7 \cdot 31)^2} = 53,6 \text{ мкм.}$$

Враховуючи, що величина сумарного зміщення

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

де δ_A і δ_B – допуски на відповідні розміри.

При $\delta_A = 800$ мкм і $\delta_B = 800$ мкм [1] отримаємо.

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

Сумарне значення просторових відхилень становить

$$\rho_3 = \sqrt{53,6^2 + 566^2} = 568 \text{ мкм.}$$

Величина просторового відхилення після чорнового розточування

$$\rho_1 = 0,05 \cdot \rho_3 = 0,05 \cdot 568 = 28 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення при чорновому розточуванні

$$\varepsilon_1 = \sqrt{\varepsilon_a^2 + \varepsilon_c^2}. \quad (2.11)$$

де ε_a і ε_c – похибка базування і закріплення відповідно.

Найбільший зазор між опорними поверхнями пристрою і базовими поверхнями деталі визначаємо за формулою [1]

$$S_{\max} = \delta_\beta + \delta_\tau + S_{\min}. \quad (2.12)$$

де δ_β – допуск на опору, $\delta_\beta = 50$ мкм;

δ_τ – допуск на поверхні Γ і \mathcal{D} , $\delta_\tau = 80$ мкм;

S_{\min} – зазор між опорною поверхнею пристрою і поверхнею Γ і \mathcal{D} , $S_{\min} = 130$ мкм.

Найбільший кут повороту заготовки

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{S_{\max}}{\sqrt{A^2 + B^2}}, \quad (2.13)$$

де $A = 242$ мм, $B = 70$ мм.

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{(50 + 80 + 130) \cdot 10^{-3}}{\sqrt{242^2 + 70^2}} = 0,5174 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Похибка базування по довжині отвору визначається за формулою [1]

$$\varepsilon_a = l \cdot \operatorname{tg} \alpha;$$

$$\varepsilon_a = 31 \cdot 0,5174 \cdot 10^{-3} = 16 \text{ мкм.}$$

Похибка закріплення $\varepsilon_c = 120$ мкм, [1]. Отже

$$\varepsilon_1 = \sqrt{16^2 + 120^2} = 184 \text{ мкм.}$$

Похибка встановлення при чистовому розточуванні

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 184 = 8 \text{ мкм.}$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків проводимо 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;

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

$$2z_{i\min 1} = 2\left(500 + \sqrt{568^2 + 184^2}\right) = 2 \cdot 1197 \text{ мкм};$$

$$2z_{i\min 2} = 2\left(50 + \sqrt{28^2 + 8^2}\right) = 2 \cdot 79 \text{ мкм.}$$

Маючи розрахунковий розмір після останнього переходу для решти переходів одержимо. Для чорнового розточування

$$D_{p1} = 70,120 - 0,158 = 69,962 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$D_{p2} = 69,962 - 2,394 = 67,568 \text{ мм.}$$

Визначаємо припуски. Найменший граничний розмір одержуємо з найбільшого граничного розміру відніманням допусків. Для чистового розточування $\delta_1 = 120$ мкм, для чорнового розточування $\delta_2 = 400$ мкм, для заготовки $\delta_3 = 800$ мкм.

Для чистового розточування

$$D_{\min 1} = 70,120 - 0,120 = 70,000 \text{ мм.}$$

Для чорнового розточування

$$D_{\min 2} = 69,962 - 0,400 = 69,562 \text{ мм.}$$

Для заготовки

$$D_{\min 3} = 69,568 - 0,800 = 66,768 \text{ мм.}$$

Мінімальні граничні значення припусків $2z_{\min}^{np}$ дорівнюють різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальні – $2z_{\max}^{np}$ відповідно найменших граничних розмірів.

Для чистового розточування

$$2z_{\min 1}^{np} = 70,120 - 69,962 = 6,40 \text{ мм} = 0,158 \text{ мм};$$

$$2z_{\max 1}^{np} = 70,000 - 69,562 = 8,50 \text{ мм} = 0,438 \text{ мм.}$$

Для чорнового розточування

$$2z_{\min 2}^{np} = 69,962 - 67,568 = 2,394 \text{ мм};$$

$$2z_{\max 2}^{np} = 69,562 - 66,768 = 2,794 \text{ мм.}$$

Загальні припуски $2z_{o \min}$ і $2z_{o \max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски і заносимо результати в таблицю 2.5.

$$2z_{o \min} = 158 + 2394 = 2552 \text{ мкм};$$

$$2z_{o \max} = 438 + 2794 = 3232 \text{ мкм};$$

$$z_{o \text{ ном}} = 2552 + 400 + 120 = 2832 \text{ мкм.}$$

Проводимо перевірку правильності отриманих значень припусків і розмірів

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

$$438 - 158 = 400 - 120;$$

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

$$2794 - 2394 = 800 - 400.$$

Отже розрахунки проведено вірно.

Розраховані припуски і допуски на обробку зображаємо графічно (рис. 2.1).

Таблиця 2.5 – Дані для розрахунку припусків і граничних розмірів за технологічними переходами отримання внутрішньої циліндричної поверхні $\varnothing 70H10^{(+0,120)}$

Технологічні переходи оброблення поверхні $\varnothing 70H10^{(+0,120)}$	Елементи припуску, мкм			Розраху- нковий припуск, $Z_{z,min}$, мкм	Розраху- нковий розмір, D_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм		
	Rz	T	ρ				ϵ	D_{min}	D_{max}	$Z_{z,min}^{np}$	$Z_{z,max}^{np}$
Заготовка	-	500	568	-	67,568	800	66,768	67,568	-	-	
Чорнове розточування	50	-	28	184	69,962	400	69,562	69,962	2394	2794	
Чистове розточування	50	-	-	8	70,120	120	70,000	70,120	158	438	
Сумарне значення									2552		3232

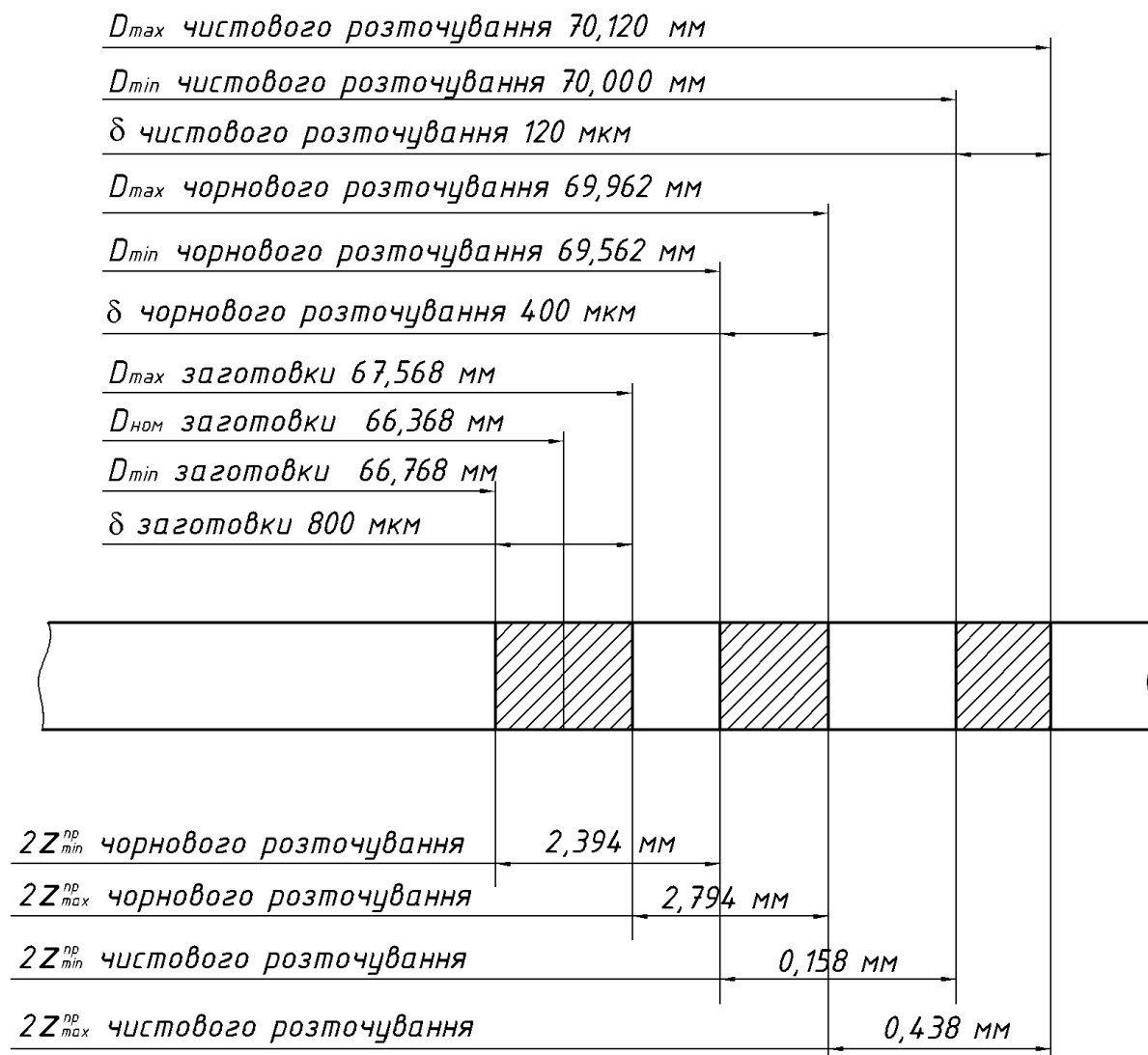


Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування припусків та допусків на оброблення поверхні $\varnothing 70 \text{ H}10^{(+0,120)}$

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

Фрезерування поверхні M проводиться в розмір $32 \pm 0,3$, для цієї поверхні необхідний припуск 3 мм.

Фрезерування поверхні Γ проводиться в розмір $242 \pm 0,3$, для цієї поверхні необхідний припуск 3 мм.

Фрезерування поверхні D проводиться в розмір $36 \pm 0,3$, для цієї поверхні необхідний припуск 3 мм.

Фрезерування поверхонь K і L проводиться в розмір $25 \pm 0,3$, для цих поверхонь необхідний припуск по 3 мм на сторону.

Фрезерування поверхонь *В* і *Ж* проводиться в розмір 494₋₀₆, для цих поверхонь необхідний припуск по 3 мм на сторону.

Решта поверхонь деталі або виготовляються в суцільному матеріалі, тому розміри решти конструктивних елементів заготовки повністю відповідають розмірам, даним на кресленні деталі.

На основі розрахованих вище припусків на обробку, а також технологічних можливостей способу одержання заготовки визначаємо її розміри, результати оформляємо у вигляді таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Визначення розмірів заготовки

Оброблювана поверхня	Розмір деталі, мм	Припуск, мм	Допуск, мм	Розмір заготовки, мм
<i>М</i>	32±0,3	3,0	+ 0,4 – 0,4	35
<i>Г</i>	242±0,3	3,0	+ 0,8 – 0,8	245
<i>Д</i>	36±0,3	3,0	+ 0,4 – 0,4	36
<i>К, Л</i>	25±0,3	2×3,0	+ 0,4 – 0,4	31
<i>В, Ж</i>	494 ₋₀₆	2×3,0	+ 1,0 – 1,0	500

2.6 Вибір різальних, вимірювальних та допоміжних інструментів

При виборі типу і конструкції різальних інструментів слід враховувати характер виробництва, метод оброблення, тип верстатів, розміри, конфігурацію і матеріал заготовки, необхідну якість поверхонь, точність оброблення [6].

Метод оброблення, що 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 – конструктивно вирішує спосіб закріплення інструменту, чим визначає конструкцію його посадочного місця.

Розмір і конфігурація оброблюваної деталі впливає на вибір інструменту щодо розмірів і конструкції 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.

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

- точність необхідного виміру,
- характер виробництва,
- розмір і якість вимірювальної поверхні.

Результати вибору оформляємо у вигляді таблиці 2.7 .

Таблиця 2.7 – Вибір ріжучого та вимірювального інструменту

№ операції	Назва операції	Інструмент	
		Різальний	Вимірювальний
005	Вертикально-фрезерна	Фреза торцева Ø160	Шаблон 32±0,3
010	Горизонтально-розточна	Борштанга. Різець 2102-4110-01 Т5К10. Різець 2102-4047-01 Т5К10	Калібр-пробка Ø69,6 ^{+0,1} ПР. Калібр-пробка Ø70Н10 ^(+0,120) ПР
015	Вертикально-фрезерна	Фреза торцева Ø160	Шаблон 242±0,3. Шаблон 36±0,3
020	Вертикально-свердлильна	Свердло Ø 22	Калібр-пробка Ø22,0 ^{+0,4} ПР. Шаблон 225±0,3. Шаблон 450±0,75. Шаблон 34±0,2
025	Вертикально-фрезерна	Фреза торцева Ø160	Шаблон 25±0,3. Шаблон 20±0,3
030	Горизонтально-фрезерна	Фреза торцева Ø180	Шаблон 247±0,3. Шаблон 494 ₋₀₆

2.7 Визначення режимів оброблення та технічних норм часу

Режим оброблення деталі – найважливіший фактор протікання технологічного процесу. Елементи режимів різання повинні підбиратись так, щоб досягти бажаної продуктивності праці при найменшій собівартості операції. Режим різання встановлюють враховуючи характер обробки, 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.

Проведемо аналітичним способом розрахунок режимів різання.

Операція 005 – вертикально-фрезерна.

Верстат – вертикально-фрезерний моделі 6Н11.

Ріжучий інструмент – фреза торцева, оснащена пластинками із твердого сплаву ВК6. Число зубів фрези $z = 8$, Діаметр фрези $D_\phi = 160$ мм [7];

Глибина різання – $t = 3$ мм;

Кількість проходів – $i = 1$;

Подача зуб – $s_z = 0,10$ мм/зуб, [7];

Ширина фрезерування $B = 100$ мм.

Швидкість різання розраховуємо за формулою [7]

$$v = \frac{C_v \cdot D_\phi^q \cdot K_v}{T^m \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^u \cdot z^p}, \quad (2.17)$$

де C_v – коефіцієнт ($C_v = 825$ [7]);

K_v – загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання;

T – період стійкості інструменту, приймаємо ($T = 180$ хв. [7]);

q, m, x, y, u, p – показники степені ($q = 0,22$; $m = 0,33$; $x = 0,17$; $y = 0,1$; $u = 0,22$; $p = 0$; [7]).

Загальний поправочний коефіцієнт швидкості різання визначається за формулою [7]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{nv}.$$

Коефіцієнти K_{mv} , K_{uv} і K_{nv} враховують якість оброблюваного матеріалу, стан поверхні заготовки та матеріал ріжучого інструменту. $K_{uv} = 0,83$; $K_{nv} = 0,80$ [7].

Підставивши відповідні значення – отримаємо:

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{HB} \right)^{1,25};$$

$$K_{mv} = \left(\frac{150}{163} \right)^{1,25} = 0,90;$$

$$K_v = 0,90 \cdot 0,83 \cdot 0,80 = 0,6;$$

$$v = \frac{825 \cdot 160^{0,22} \cdot 0,6}{180^{0,33} \cdot 3^{0,17} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 100^{0,22} \cdot 8^0} = 103,3 \text{ м/хв.}$$

Число обертів шпинделя визначаємо за формулою

$$n = \frac{1000v}{\pi D_\phi};$$

$$n = \frac{1000 \cdot 103,3}{3,14 \cdot 160} = 205,6 \text{ об/хв.}$$

Встановлюємо фактичне число обертів шпинделя за паспортними даними верстата $n = 200$ об/хв., і визначаємо дійсну швидкість різання

$$v = \frac{\pi D_\phi n}{1000};$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 160 \cdot 200}{1000} = 100,5 \text{ м/хв.}$$

Визначимо хвилинну подачу за формулою [7]

$$s_o = s_z \cdot n \cdot z;$$

$$s_o = 0,1 \cdot 200 \cdot 8 = 160 \text{ мм/хв.}$$

Ефективна потужність різання визначається за формулою [7]

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.18)$$

де P_z – колова сила різання, Н [7].

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

Для нашого випадку $C_p = 491$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 0,22$; $q = 1,3$; $w = 0,2$; [7].

$$K_{mp} = \left(\frac{HB}{150} \right)^{1,0};$$

$$K_{mp} = \left(\frac{163}{150} \right)^{1,0} = 1,09;$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 491 \cdot 3^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 100^{1,1} \cdot 8}{160^{1,3} 200^{0,2}} \cdot 1,09 = 1710 \text{ Н};$$

$$N_e = \frac{1710 \cdot 100,5}{1020 \cdot 60} = 2,81 \text{ кВт}.$$

Потужність двигуна верстата $N_d = 4$ кВт. Потужність на шпинделі $N_{un} = N_d \eta = 4 \cdot 0,85 = 3,4$ кВт. Умова $N_{un} > N_e$ виконується.

Основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{L_{piz}}{s_o}; \quad (2.19)$$

$$L_{piz} = l + l_1 + l_2,$$

де l – довжина оброблюваної поверхні згідно креслення деталі, мм;

l_1 – довжина врізання, мм;

l_2 – довжина перебігу, мм.

Конкретні значення l_1 і l_2 приведені в літературі [2]

$$L = 100 + 13 + 3 = 116 \text{ мм}.$$

$$T_o = \frac{116}{160} = 0,73 \text{ хв}.$$

Операція 010 – горизонтально-розточна.

Верстат – горизонтально-розточний моделі 2620В;

Ріжучий інструмент – різець з пластинкою із твердого сплаву ВК8;

Кількість переходів – $i = 2$;

Подача – $s = 0,25$ мм/об, [4].

Глибину різання визначаємо за формулою [7]

$$t = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр деталі після розточування;

d – діаметр деталі до розточування;

$$t = \frac{69,6 - 64}{2} = 2,8 \text{ мм.}$$

Швидкість різання визначаємо за формулою [7]

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v, \quad (2.20)$$

де C_v – коефіцієнт ($C_v = 317$ [7]);

T – період стійкості інструменту ($T = 60$ хв [7]);

m, x, y – показники степені ($m = 0,2; x = 0,15; y = 0,2$ [7]);

K_v – поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання ($K_v = 0,6$ [7]).

$$v = \frac{317}{60^{0,2} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} \cdot 0,87 = 37,8 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 37,8}{3,14 \cdot 69,6} = 172,9 \text{ об/хв.}$$

Встановлюємо фактичне число обертів шпинделя за паспортними даними верстата $n = 180$ об/хв., і визначаємо дійсну швидкість різання

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 69,6 \cdot 180}{1000} = 39,3 \text{ м/хв.}$$

Ефективна потужність різання [7]

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \text{ кВт} \quad (2.21)$$

де P_z – колова сила різання, Н.

$$P_z = 10C_p t^x s^y v^n K_p; \quad (2.22)$$

Для нашого випадку $C_p = 100$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $K_p = 1,1$ [7].

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 2,8^{1,0} \cdot 0,25^{0,75} \cdot 39,3^0 \cdot 1,1 = 1089 \text{ Н};$$

$$N_e = \frac{1089 \cdot 39,3}{1020 \cdot 60} = 0,7 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна верстата $N_{\delta} = 10$ кВт. Потужність на шпинделі $N_{um} = N_{\delta} \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5$ кВт. Умова $N_{um} > N_e$ виконується.

Основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{L_x \cdot i}{n \cdot s}$$

$$L = 32 + 2 + 2 = 36 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{36 \cdot 1}{180 \cdot 0,25} = 0,80 \text{ хв.}$$

Для другого переходу.

Глибина різання

$$t = \frac{70,0 - 69,6}{2} = 0,2 \text{ мм.}$$

Швидкість різання

$$v = \frac{317}{60^{0,2} \cdot 0,2^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} \cdot 0,87 = 157,4 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot 157,4}{3,14 \cdot 70} = 716,1 \text{ об/хв.}$$

Встановлюємо фактичне число обертів шпинделя за паспортними даними верстата $n = 710$ об/хв., і визначаємо дійсну швидкість різання

$$v_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 70,0 \cdot 710}{1000} = 156,1 \text{ м/хв.}$$

Колова сила різання

$$P_z = 10 \cdot 100 \cdot 0,2^{1,0} \cdot 0,1^{0,75} \cdot 156,1^0 \cdot 1,1 = 39,1 \text{ Н;}$$

Ефективна потужність різання

$$N_e = \frac{39,1 \cdot 156,1}{1020 \cdot 60} = 0,1 \text{ кВт.}$$

Потужність двигуна верстата $N_{\delta} = 10$ кВт. Потужність на шпинделі $N_{um} = N_{\delta} \eta = 10 \cdot 0,85 = 8,5$ кВт. Умова $N_{um} > N_e$ виконується.

Основний час визначаємо за формулою

$$T_o = \frac{L_x \cdot i}{n \cdot s}$$

$$L = 32 + 2 + 2 = 36 \text{ мм.}$$

$$T_o = \frac{36 \cdot 1}{710 \cdot 0,1} = 0,51 \text{ хв.}$$

На обробку решти поверхонь режими різання призначаємо табличним методом. Результати розрахунків режимів різання оформляємо у вигляді 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.

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

$$T_{ум} = T_o + T_d + T_{обс} + T_{відп}, \quad (2.23)$$

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

T_o – основний (технологічний) час, хв;

T_d – допоміжний час, хв;

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

$T_{відп}$ – час на відпочинок, хв.

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

$$T_{доп} = T_{вз} + T_k + T_{вим}, \quad (2.24)$$

де $T_{вз}$ – час на встановлення і зняття деталі, хв;

T_k – час пов'язаний з керуванням верстатом, хв;

$T_{вим}$ – час на вимірювання розмірів, хв;

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

$$T_{ук} = T_{шт} + \frac{T_{нз}}{n}, \quad (2.25)$$

де n – кількість деталей в партії, шт.;

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

При нормуванні розробленого технологічного процесу використовуємо загально машинобудівні нормативи часу [7].

Визначення допоміжного часу на операцію полягає у знаходженні за відповідними картами 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 – Вертикально-фрезерна.

Основний час на операцію $T_o = 0,73$ хв (див табл. 2.8).

З використанням [7], підрахуємо допоміжний час на операцію, який включає встановлення заготовки на верстат і її зняття з верстата $T_{вз} = 0,18$ хв; час на керування верстатом $T_{к} = 0,11$ хв; час, який необхідний для вимірювання деталі після проведення операції $T_{вм} = 0,09$ хв. Отже загальний допоміжний час дорівнює

$$T_{\partial} = 0,18 + 0,11 + 0,09 = 0,28 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію [7]

$$T_{on} = T_o + T_{\partial};$$

$$T_{on} = 0,73 + 0,28 = 1,01 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 4 % від оперативного часу

$$T_{об} = 0,04 \cdot 1,01 = 0,04 \text{ хв.}$$

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

$$T_{відп} = 0,04 \cdot 1,01 = 0,04 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює

$$T_{шт} = 0,73 + 0,28 + 0,04 + 0,04 = 1,09 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час $T_{пз} = 25$ хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює

$$T_{шк} = 1,09 + \frac{25}{360} = 1,16 \text{ хв.}$$

Операція 010 – горизонтально-розточна.

Основний час на операцію $T_o = 1,31$ хв (див табл. 2.8).

Підрахуємо допоміжний час на операцію, який включає встановлення заготовки на верстат і її зняття з верстата $T_{вз} = 0,23$ хв; час на керування верстатом $T_{к} = 0,15$ хв; час, який необхідний для вимірювання деталі після проведення операції $T_{вм} = 0,11$ хв. Отже загальний допоміжний час дорівнює

$$T_d = 0,23 + 0,15 + 0,11 = 0,49 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{on} = 1,31 + 0,49 = 1,80 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 4 % від оперативного часу

$$T_{ob} = 0,04 \cdot 1,80 = 0,07 \text{ хв.}$$

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

$$T_{vidn} = 0,04 \cdot 1,80 = 0,07 \text{ хв.}$$

Штучний час дорівнює

$$T_{um} = 1,31 + 0,49 + 0,07 + 0,07 = 1,94 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час $T_{nz} = 28$ хв.

Штучно-калькуляційний час дорівнює

$$T_{шк} = 1,94 + \frac{28}{360} = 2,02 \text{ хв.}$$

Операція 020 – вертикально-свердлильна.

Основний час на операцію $T_o = 0,15$ хв (див табл. 2.8).

Підрахуємо допоміжний час на операцію, який включає встановлення заготовки на верстат і її зняття з верстата $T_{вз} = 0,19$ хв; час на керування верстатом $T_k = 0,20$ хв; час, який необхідний для вимірювання деталі після проведення операції $T_{вм} = 0,38$ хв. Отже загальний допоміжний час дорівнює

$$T_d = 0,19 + 0,20 + 0,38 = 0,77 \text{ хв.}$$

Оперативний час на операцію

$$T_{on} = 1,15 + 0,77 = 0,92 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця складає 4 % від оперативного часу

2.8 Техніко-економічне обґрунтування технологічного процесу виготовлення деталі

Базовий і проєктний варіанти технологічних процесів порівнюємо за коефіцієнтом приведених затрат відповідно до методики [8]. Коефіцієнт приведених затрат визначаємо за формулою

$$C_{п.з.} = \frac{C_3}{M} + C_{ч.з.} + E_n (K_c + K_3), \text{ грн/год}, \quad (2.26)$$

де C_3 – основна і додаткова заробітна плата, грн/год;

M – коефіцієнт багатостатності;

$C_{ч.з.}$ – затрати, пов'язані з експлуатацією робочого місця, грн/год;

E_n – коефіцієнт економічної ефективності капіталовкладень (нормативний);

K_c – капіталовкладення у верстат (питомі), грн/год;

K_3 – капіталовкладення у споруду (питомі), грн/год.;

Основну і допоміжну заробітну плату визначаємо за формулою

$$C_3 = C_{т.ф.} \cdot 1,53 \cdot k, \text{ грн/год}, \quad (2.27)$$

де $C_{т.ф.}$ – тарифна ставка верстатника, грн/год, $C_{т.ф.} = 80$ грн/год [9];

k – нормативний коефіцієнт, що враховує заробітну плату наладжувальника (для середньосерійного виробництва $k = 1,1-1,5$). Приймаємо $k = 1,25$.

Затрати, пов'язані з експлуатацією робочого місця визначають за формулою

$$C_{ч.з.} = C_{ч.з.}^{б.у.} \cdot k_m, \text{ грн/год}, \quad (2.28)$$

де $C_{ч.з.}^{б.у.}$ – затрати, пов'язані з експлуатацією робочого місця (практичні). Приймаємо

$$C_{ч.з.}^{б.у.} = 5,2 \text{ грн/год};$$

k_m – машинокоефіцієнт.

Капіталовкладення у верстат і будівлю (питомі) для середньосерійного типу виробництва визначають за формулами

$$K_c = \frac{Ц}{3200}, \text{ грн/год;} \quad (2.29)$$

$$K_3 = \frac{F \cdot 75}{3200}, \text{ грн/год,} \quad (2.30)$$

де $Ц$ – вартість верстата (балансова), грн.;

F – виробнича площа, яку займає верстат (фактична), м²

$$F = f \cdot k_f, \quad (2.31)$$

де f – питома виробнича площа, яку займає верстат, м²,

Оскільки запропоновані варіанти відрізняються лише операціями 015, 020, 025 і 030, розрахунки проводимо саме для них.

Базовий варіант технологічного процесу.

Операція 015, 025 – вертикально-фрезерна, верстат мод. 6Н11.

$Ц = 71750$ грн.; $F = 21$ м².

Значення машинокоефіцієнта для верстата моделі 6Н11 знаходимо за формулою

$$k_m = \left(\frac{2,92 \cdot Ц}{1000} + 0,6 \cdot П + 0,65 \cdot P_m + I \cdot k_{np} \right) \cdot \frac{1}{21,8}, \quad (2.32)$$

де $П$ – потужність верстата, кВт;

P_m – ремонтна складність верстата;

I – затрати, пов'язані зі зношенням інструменту, $I = 13,5$ грн;

k_{np} – коефіцієнт, що враховує спосіб закріплення інструменту.

$$k_m = \left(\frac{2,92 \cdot 71750}{1000} + 0,6 \cdot 4,0 + 0,65 \cdot 20 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 15,27;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,25 = 153 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 5,2 \cdot 15,27 = 81,64 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{71750}{3200} = 22,42 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{21 \cdot 75}{3200} = 0,49 \text{ грн/год};$$

$$C_{n.3.1} = \frac{153}{1} + 81,64 + 0,2(22,42 + 0,49) = 239,22 \text{ грн/год}.$$

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

$$Ц = 114750 \text{ грн.}; F = 21 \text{ м}^2.$$

Значення машинокоефіцієнта для верстата моделі 2Н55 знаходимо за формулою

$$k_m = \left(\frac{3 \cdot Ц}{1000} + 0,48 \cdot П + 0,54 \cdot P_m + I \cdot k_{np} \right) \cdot \frac{1}{21,8}, \quad (2.33)$$

$$k_m = \left(\frac{3 \cdot 114750}{1000} + 0,48 \cdot 4,0 + 0,54 \cdot 31 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 21,6;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,25 = 153 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 5,2 \cdot 21,6 = 112,32 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{114750}{3200} = 35,86 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{21 \cdot 75}{3200} = 0,49 \text{ грн/год};$$

$$C_{n.3.2} = \frac{153}{1} + 112,32 + 0,2(35,86 + 0,49) = 272,59 \text{ грн/год}.$$

Операція 030 – горизонтально-фрезерна, верстат мод. 6Н81Г.

$$Ц = 72250 \text{ грн.}; F = 21 \text{ м}^2.$$

За формулою (2.32) знаходимо значення машинокоефіцієнта

$$k_m = \left(\frac{2,92 \cdot 72250}{1000} + 0,6 \cdot 5,5 + 0,65 \cdot 18 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 15,3;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,25 = 153 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 5,2 \cdot 15,3 = 79,56 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{72250}{3200} = 22,58 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{21 \cdot 75}{3200} = 0,49 \text{ грн/год};$$

$$C_{n.3.3} = \frac{153}{1} + 79,65 + 0,2(22,58 + 0,49) = 237,26 \text{ грн/год.}$$

Вартість механічного обробки на відмінних операціях базового варіанту технологічного процесу складе

$$C_{O1} = \frac{C_{n.3.1} \cdot T_{шк1}}{60} + \frac{C_{n.3.2} \cdot T_{шк2}}{60} + \frac{C_{n.3.1} \cdot T_{шк3}}{60} + \frac{C_{n.3.3} \cdot T_{шк4}}{60}, \text{ грн}; \quad (2.34)$$

$$C_{O1} = \frac{239,22 \cdot 1,40}{60} + \frac{272,59 \cdot 2,25}{60} + \frac{239,22 \cdot 2,10}{60} + \frac{237,26 \cdot 1,20}{60} = 28,92 \text{ грн.}$$

Проектний варіант технологічного процесу.

Операція 020 – вертикально-свердлильна, верстат мод. 2170М.

$C = 87300$ грн.; $F = 14 \text{ м}^2$.

За формулою (2.33) знаходимо значення машинокоефіцієнта

$$k_m = \left(\frac{3 \cdot 87300}{1000} + 0,48 \cdot 4 + 0,54 \cdot 16 + 13,5 \cdot 8 \right) \cdot \frac{1}{21,8} = 15,9;$$

$$C_3 = 80 \cdot 1,53 \cdot 1,25 = 153 \text{ грн/год};$$

$$C_{ч.з.} = 5,2 \cdot 15,9 = 82,68 \text{ грн/год};$$

$$K_c = \frac{87300}{3200} = 27,28 \text{ грн/год};$$

$$K_3 = \frac{14 \cdot 75}{3200} = 0,33 \text{ грн/год};$$

$$C_{n.3.2'} = \frac{153}{1} + 82,68 + 0,2(27,28 + 0,33) = 241,02 \text{ грн/год.}$$

Решта операцій виконується на аналогічному обладнанні з використанням удосконаленого оснащення, яке дозволяє одночасно обробляти кілька деталей.

Вартість механічного оброблення на відмінних операціях проектного варіанту технологічного процесу складе

$$C_{O2} = \frac{C_{n.3.1} \cdot T_{шк1}}{60} + \frac{C_{n.3.2'} \cdot T_{шк2}}{60} + \frac{C_{n.3.1} \cdot T_{шк3}}{60} + \frac{C_{n.3.3} \cdot T_{шк4}}{60}, \text{ грн}; \quad (2.35)$$

$$C_{O2} = \frac{239,22 \cdot 1,21}{60} + \frac{241,02 \cdot 1,05}{60} + \frac{239,22 \cdot 1,06}{60} + \frac{237,26 \cdot 1,03}{60} = 17,34 \text{ грн.}$$

Визначаємо річний економічний ефект від реалізації проєктного варіанту технологічного процесу за формулою

$$E_{.м} = (C_{O1} - C_{O2}) \cdot N, \text{ грн}; \quad (2.36)$$

$$E_{.м} = (28,92 - 17,34) \cdot 18000 = 208440 \text{ грн.}$$

На підставі аналізу результатів розрахунків можна стверджувати, що проєктний варіант технологічного процесу економічно ефективніший за базовий. При річній програмі випуску 18000 шт. прогнозований економічний ефект складе 208440 грн.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Пристрій для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32

3.1.1 Призначення і будова

Пристрій (рис. 3.1) призначений для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32 мм. Він складається з корпусу 1, призми 3, підставки 4, двох притхватів 5, двох опор 6, важеля 7, коромисла 8, двох тяг 9, двох втулок 10, двох осей 11, а також стандартних кріпильних виробів. Пристрій встановлюється на вертикально-фрезерний верстат моделі 6Н11 за допомогою чотирьох кріпильних болтів і фіксується двома шпонками 33. Гайки 25 призначені для регулювання положення притхватів відносно деталі.

Деталь встановлюють на дві опори 6 та підставку 4 і фіксують за допомогою призми 3.

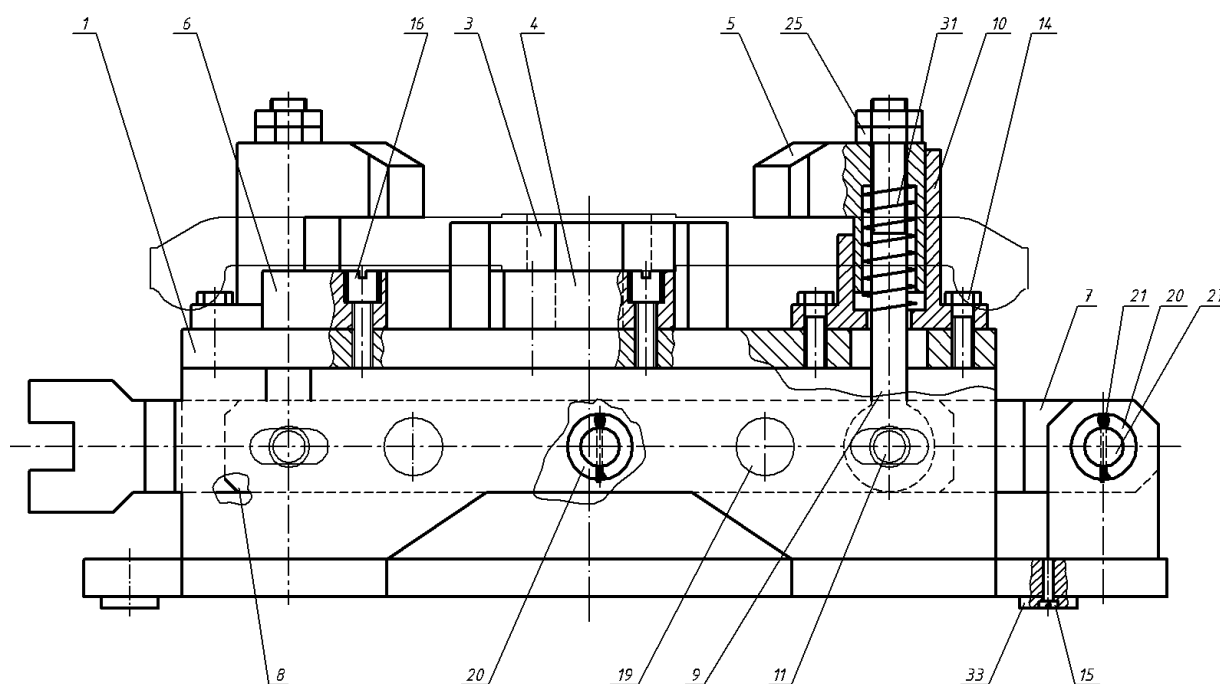


Рисунок 3.1 – Пристрій для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32

Затиск деталі здійснюється від універсального пневмоприводу через коромисло 8 і важіль 7, що передають зусилля через тяги 9 на притхвати 5, які

притискають деталь до посадочних поверхонь. Після того, як подача повітря у пневмосистему припиняється, пружини 31 піднімають прихвати 5 і деталь вивільняється.

3.1.2 Визначення сил затиску і параметрів пневмоприводу

Вихідне зусилля від пневмоприводу розподіляється рівномірно між двома площинами затиску. Визначимо силу затиску, користуючись кінематичною схемою пристрою, (рис. 3.2) за формулою [10]

$$Q_3 = \frac{Q_2(l_3 + l_4) + \left(\frac{l_3 + l_4}{l_4} - 1\right) f_0 r}{(l_3 - h f_0)}, \quad (3.1)$$

де Q_2 – вихідне зусилля від пневмоприводу, $Q_2 = 13300$ Н;

l_3, l_4, r, h – розміри елементів механізму затиску, $l_3 = 300$ мм, $l_4 = 300$ мм, $r = 10$ мм, $h = 20$ мм;

f_0 – коефіцієнт тертя, $f_0 = 0,15$.

$$Q_3 = \frac{13300(300 + 290) + \left(\frac{300 + 290}{290} - 1\right) \cdot 0,15 \cdot 10}{(300 - 20 \cdot 15)} = 26421 \text{ Н.}$$

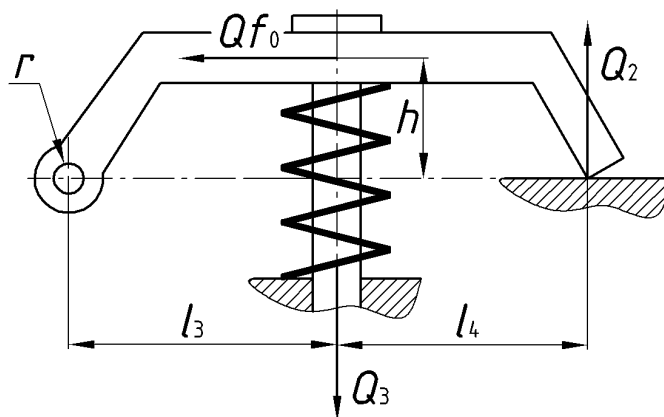


Рисунок 3.2 – Кінематична схема механізму затиску пристрою

На кожен із двох важелів припадає зусилля

$$Q_4 = Q_3/2;$$

$$Q_4 = 25421/2 = 13210 \text{ Н.}$$

Коефіцієнт запасу k визначається за формулою [10]

$$k = k_0 k_1 k_2 k_3 k_4 k_5 k_6, \quad (3.2)$$

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу, рекомендується приймати для всіх випадків рівним 1,5;

k_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при затупленні інструменту, $k_1 = 1,2$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує зміну величини припуску чорнових заготовок, $k_2 = 1,2$;

k_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні, $k_3 = 1,0$;

k_4 – коефіцієнт, що враховує вид приводу, $k_4 = 1,0$;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручне розміщення рукояток для ручних затискних пристроїв, $k_5 = 1,0$;

k_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів при різанні, $k_6 = 1,0$.

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 2,16.$$

Сила різання під час фрезерування становить $Q = P_z = 1710 \text{ Н.}$

Сила різання з урахуванням коефіцієнта запасу

$$P_{z1} = P_z k;$$

$$P_{z1} = 1710 \cdot 2,16 = 3676 \text{ Н.}$$

З приведених розрахунків випливає, що даний пристрій забезпечить надійний затиск деталі в процесі механічної обробки.

3.1.3 Визначення допустимої похибки виготовлення пристрою

Допустима похибка виготовлення пристрою залежить від всіх складових сумарної похибки, що виникає під час виконання операції. Закон розподілу більшості похибок, які і складають сумарну, підкоряються закону нормального розподілу. Тому їх сумування здійснюють геометричним додаванням.

Для визначення допустимої похибки виготовлення пристрою скористаємося залежністю [10]

$$\varepsilon_{np} = \delta - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_i^2 + (k_2 \omega)^2}. \quad (3.3)$$

де δ – допуск на виконуваний розмір, $\delta = 0,08$;

k – коефіцієнт, що враховує можливе відхилення при нормальному розподілі похибок, $k = 1,2$;

k_1 – коефіцієнт, що враховує серійність виробництва, $k_1 = 0,85$;

k_2 – коефіцієнт, що враховує метод виготовлення, $k_2 = 0,7$;

ε_{δ} – похибка базування, $\varepsilon_{\delta} = 0$;

ε_3 – похибка, що виникає внаслідок деформації заготовки при її затиску, $\varepsilon_3 = 0,05$;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка, що виникає внаслідок зношування деталей пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0,04$;

ε_i – похибка, що залежить від типу ріжучого інструменту, $\varepsilon_i = 0$;

ω – економічна похибка для даного методу оброблення, $\omega = 0,1$.

Числові значення параметрів прийнято за [11].

Похибка встановлення пристрою на верстаті визначається за формулою [11]

$$\varepsilon_{уст} = \frac{L_{\delta} S}{l}, \quad (3.4)$$

де L_{δ} – довжина оброблюваної деталі, $L_{\delta} = 116$;

S – найбільший зазор між направляючими шпонками пристрою і пазами стола верстата, $S = 0,07$ мм;

l – відстань між направляючими шпонками, $l = 300$ мм.

$$\varepsilon_{уст} = \frac{116 \cdot 0,07}{300} = 0,027.$$

$$\varepsilon_{np} = 0,08 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0,05^2 + 0,027^2 + 0,04^2 + (0,7 \cdot 0,1)^2} = 0,022 \text{ мм.}$$

Оскільки, допуск на виконуваний розмір $\delta = 0,3$ мм, а виготовлення пристрою $\varepsilon_{np} = 0,022$, то умова $\varepsilon_{np} \leq \delta$ виконується. Тому робимо висновок, що спроектований пристрій забезпечує необхідну точність обробки поверхні.

3.2 Кондуктор для свердління двох отворів $\varnothing 22$ в деталі 65-20027

3.2.1 Призначення і будова

Обробку (свердління) отворів у серійному виробництві проводять за допомогою кондукторів. Інструмент в цьому випадку направляють кондукторні втулки, тому відпадає необхідність розмітки і зацентровки. Основним елементом кондукторів є кондукторні плити з втулками які безпосередньо базують по попередньо оброблених поверхнях заготовки.

Даний кондуктор (рис. 3.3) складається з пневмоциліндра 1 $\varnothing 100$, двох пневмоциліндрів 2 $\varnothing 125$, хомутів 3, пневморозподільника 4, корпусу 5, штуцерів 6, плити кондукторної 7, двох втулок 8, двох направляючих 9, втулок кондукторних 10 і 37, притискувачів лівого 11, правого 12 і нижнього і 13, шайби 14, оправки 15, пальця 16, тяги 17, і колодки 18, а також стандартних кріпильних виробів.

Кондуктор встановлюється на вертикально-свердлильний багатопшпindelний верстат з розсувним шпинделем моделі 2170М, який дозволяє виконувати одночасне свердління двох отворів.

Деталь встановлюється на оправку 15 яка має $\varnothing 70$ і щільно притискає деталь до установочних пальців. У якості направляючих елементів для свердел $\varnothing 22$ служать кондукторні втулки 10 і 37.

Затиск деталі здійснюється за допомогою трьох пневмоциліндрів. Затиск від пневмоциліндра 1 $\varnothing 100$ здійснюється через гвинт і швидкознімну шайбу

притискувачем нижнім 13. А від двох пневмоциліндрів 2 Ø125 кондукторною плитою 7 через притискувачі 11 і 12.

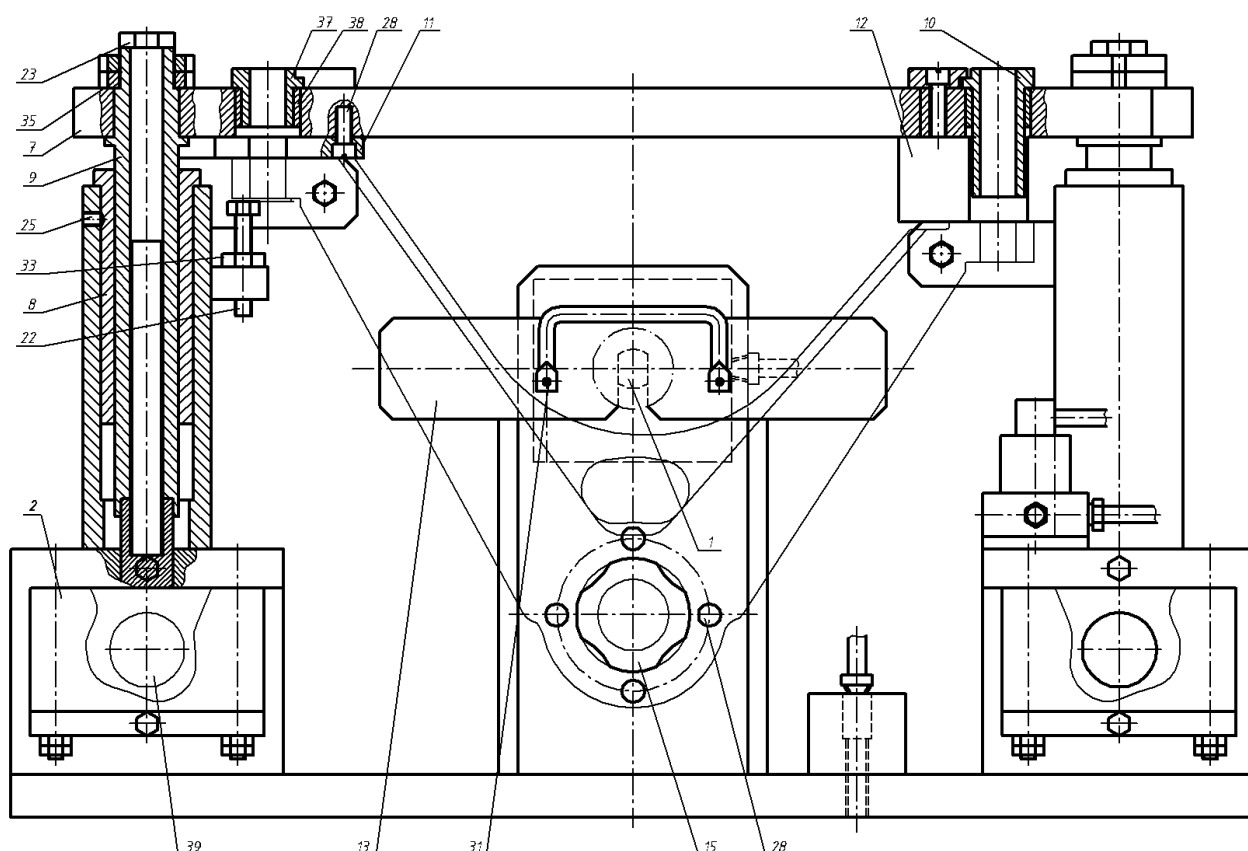


Рисунок 3.3 – Кондуктор для свердління двох отворів Ø22 в деталі 65-20027

3.2.2 Визначення сил затиску і параметрів пневмоприводу

Силовий розрахунок проводимо виходячи з умови, що колова сила різання під час одночасного свердління двох отворів Ø22 мм складає 4700 Н.

Для забезпечення стабільного протікання технологічної операції свердління деталі сила затиску повинна бути більшою за відповідну складову сили різання з урахуванням коефіцієнту запасу, що визначається за формулою 3.2. Підставивши відповідні значення, одержимо

$$k = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,73.$$

Тоді

$$P_{z1} = 4700 \cdot 1,73 = 8130 \text{ Н.}$$

Сила затиску на кожному з пневмоциліндрів дорівнює зусиллю на штоку, яке визначається за формулою

$$Q = \frac{\pi \cdot D_{\delta}^2}{4} P - (T_{\epsilon} \cdot \pi \cdot D_{\delta} + q), \quad (3.5)$$

де D_{δ} – діаметр пневмоциліндра, мм;

P – тиск повітря в магістралі, $P = 0,4 \text{ Н/мм}^2$;

T_{κ} – сила тертя поршня, $T_{\kappa} = 0,75 \text{ Н}$;

$$q = T_{\epsilon} \cdot \pi \cdot D_{\delta} \cdot k, \quad (3.5)$$

де k – поправочний коефіцієнт, $k = 0,01$.

Проведемо розрахунки для пневмоциліндра $\varnothing 100$:

$$q_1 = 0,75 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 0,01 = 2,36 \text{ Н};$$

$$Q_1 = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} \cdot 0,4 - (0,75 \cdot 3,14 \cdot 100 + 2,36) = 2902 \text{ Н.}$$

Для пневмоциліндра $\varnothing 125$:

$$q_2 = 0,75 \cdot 3,14 \cdot 125 \cdot 0,01 = 2,94 \text{ Н};$$

$$Q_2 = \frac{3,14 \cdot 125^2}{4} \cdot 0,4 - (0,75 \cdot 3,14 \cdot 125 + 2,94) = 4609 \text{ Н.}$$

Загальна сила затиску від трьох пневмоциліндрів пристрою становить

$$Q = 2Q_1 + Q_2;$$

$$Q = 2 \cdot 2902 + 4609 = 10413 \text{ Н.}$$

З розрахунків випливає, що сила затиску деталі є більшою за силу різання, оскільки виконується умова $Q > P_{z1}$. Отже, затиск деталі є надійним.

3.2.3 Визначення допустимої похибки виготовлення кондуктора

Згідно креслення деталі, положення оброблюваних отворів $\varnothing 22$ повинне бути забезпечене відносно посадочного отвору $\varnothing 70$.

Для визначення допустимої похибки виготовлення кондуктора за розрахунковий параметр приймаємо допуск на відхилення від площинності установчої плити. Для забезпечення необхідної точності при свердлінні необхідно виконати умову

$$\varepsilon < [\varepsilon],$$

де ε – дійсне значення похибки базування, мкм;

$[\varepsilon]$ – допустиме значення похибки базування, мкм.

$$[\varepsilon] = \delta - w,$$

де δ – допуск на виконуваний розмір, $\delta = 160$ мкм;

w – точність обробки на даній операції, $w = 6$ мкм.

$$[\varepsilon] = 160 - 6 = 154 \text{ мкм.}$$

Дійсне значення похибки базування складає $\varepsilon = 84$ мкм.

Отже, умова $\varepsilon < [\varepsilon]$ виконується.

3.3 Пристрій чотиримісний для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 25

3.3.1 Призначення і будова

Пристрій чотиримісний двопозиційний (рис. 3.4) для фрезерування деталі в розмір $25 \pm 0,3$ мм. В пристрій одночасно встановлюють 4 деталі. Встановлення деталей здійснюється по плоских поверхнях Γ і Δ (див. рис. 1.1) на опорні площини, та двох отворах A і B на круглий 21 і зрізаний 22 пальці. Пристрій встановлюється на столі вертикально-фрезерного верстата 6Н11.

Пристрій складається з корпуса 1, двох повзунів 3, двох втулок 4, двох притихватів 5, опори 6, двох гвинтів 7, тяг 8 і 9, дванадцяти втулок 10, а також стандартних виробів (болтів, штифтів, гайок, шайб та ін.)

Затиск деталі здійснюється двома стандартними пневмоприводами з пневмоциліндрами $\varnothing 160$ через важелі зі сферичними головками, за допомогою повзунів 3, які через тяги 8 притискають деталі до опорних площин.

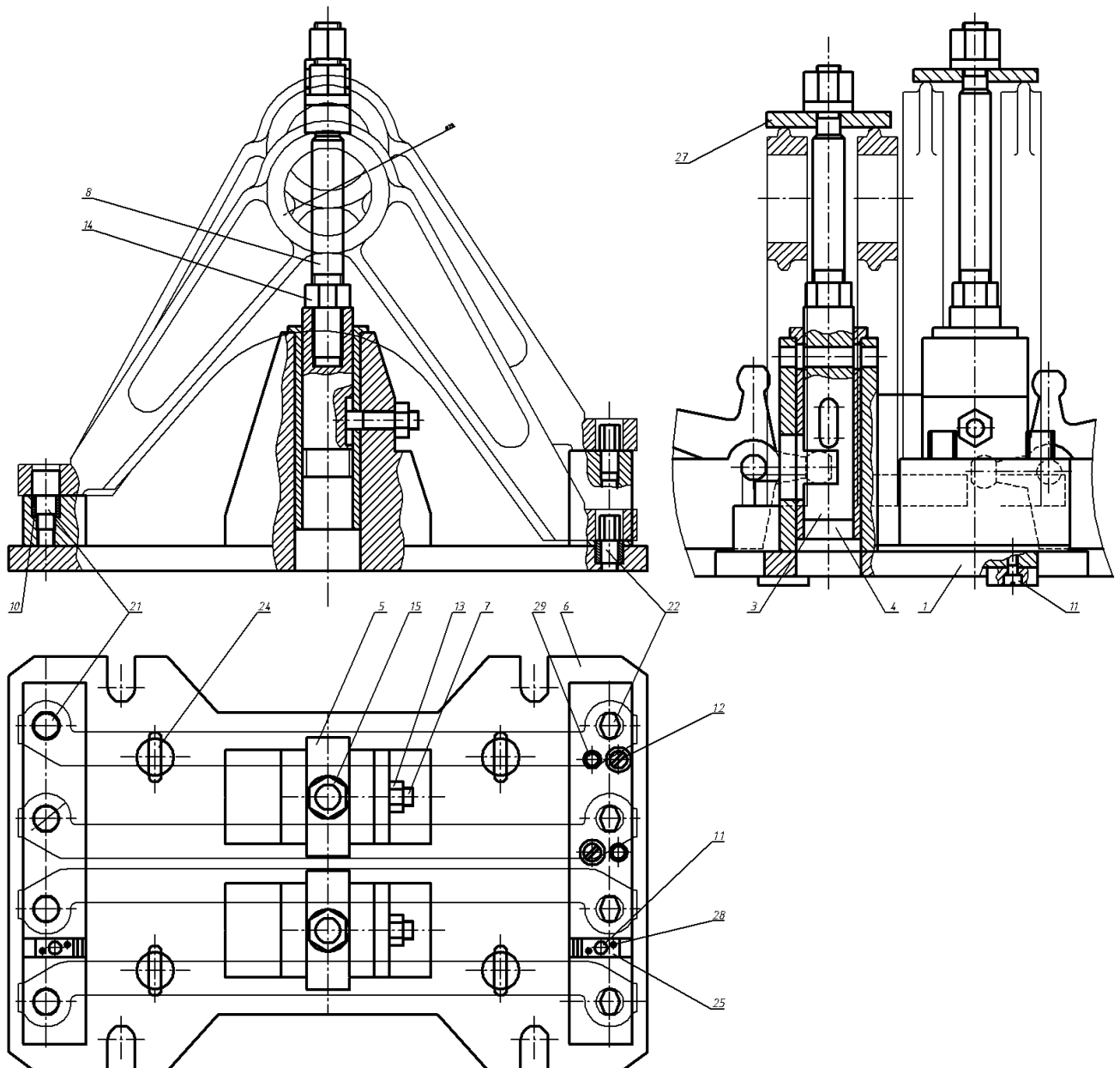


Рисунок 3.4 – Пристрій чотиримісний для фрезерування деталі в розмір 25

3.3.2 Визначення сил затиску і параметрів пневмоприводу

Для затиску деталей застосовано два пневмоприводи, аналогічні описаним у п. 3.1. Вважаємо, що зусилля від двох пневмоциліндрів розподіляється симетрично, тому, сила затиску кожної з чотирьох деталей складатиме четверту частину всього вихідного зусилля, або половину від кожного пневмоциліндра на деталь.

На кожен із двох важелів припадає зусилля

$$Q = Q_3/2;$$

$$Q = 13300/2 = 6650 \text{ Н.}$$

Сила різання під час фрезерування становить $P_z = 1510 \text{ Н.}$

Сила різання з урахуванням коефіцієнта запасу

$$P_{z1} = P_z k;$$

$$P_{z1} = 1510 \cdot 2,16 = 3262 \text{ Н.}$$

Для забезпечення надійного закріплення заготовки під час обробки необхідно, щоб сила затиску була більшою за силу різання. Тобто повинна виконуватись умова $Q > P_{z1}$. Як видно з розрахунків, дана умова виконується, отже – закріплення деталей у пристрої є надійним.

3.3.3 Визначення допустимої похибки виготовлення пристрою

Для визначення допустимої похибки виготовлення пристрою скористаємося залежністю (3.3). Підставивши відповідні значення, отримаємо

$$\varepsilon_{np} = 0,08 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0,05^2 + 0,018^2 + 0,04^2 + (0,7 \cdot 0,1)^2} = 0,02 \text{ мм.}$$

Оскільки, допуск на виконуваний розмір $\delta = 0,3 \text{ мм}$, а виготовлення пристрою $\varepsilon_{np} = 0,02$, то умова $\varepsilon_{np} \leq \delta$ виконується. Тому робимо висновок, що спроектований пристрій забезпечує необхідну точність обробки поверхні.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Актуальність охорони навколишнього середовища

Проблема охорони навколишнього середовища – одна із найбільш актуальних в усьому світі. Напевно, немає такої галузі виробництва, яка б не наносила серйозних збитків навколишньому середовищу, не порушувала б встановленої динамічної рівноваги в природі. У зв'язку з цим виникла необхідність в контролі за раціональним використанням природних ресурсів [12].

Активна діяльність людського суспільства викликає численні зміни у довкіллі. До розвитку промислової цивілізації забруднення були обмежені за природою, кількістю і розповсюдженням. У ХХ ст. різко зросла кількість синтетичних хімічних сполук, до яких біологічні системи адаптуватися не можуть.

Трансформування природного середовища за період останніх кількох десятиліть почало різнобічно і негативно впливати на людство. Виявилось, що здоров'я людини безпосередньо пов'язане з якістю природного середовища. У природному середовищі почало з'являтися все більше речовин штучного походження – ксенобіотиків, з якими людина раніше не стикалася і тому в людини як біологічного виду не розвинулись сигнальні системи на виявлення таких речовин та їх фізіологічне знешкодження. Багато таких речовин виявляються токсичними. Щорічно виробляється близько 30 тис. нових видів хімічних ксенобіотиків. Через це з'явилася потреба їхньої оцінки з погляду небезпеки для живих організмів, популяцій організмів і біоценозів. [13].

Основний внесок у трансформування природного середовища впродовж ХХ століття зробили промисловість і сільське господарство. У них у все більшому обсязі почали залучати природні ресурси. Почалося катастрофічне швидке вичерпування багатьох видів ресурсів і з'ясувалося, що запас деяких їх видів, по-перше, скінчений, а по-друге, за сучасних темпів використання повністю вичерпається впродовж першої половини ХХІ ст.

Значення науки про охорону навколишнього середовища як умови виживання людства і кожної людини зараз усвідомлюється українським суспільством. Але, на жаль, воно мало готове до реалізації природоохоронних заходів внаслідок відсутності екологічної культури населення.

4.2 Заходи щодо очищення повітря від пилу в механообробному цеху

Очищення повітря від пилу може здійснюватися як при подачі зовнішнього повітря в приміщення, так і при видаленні з нього запиленого повітря. У першому випадку забезпечується захист працюючих у виробничих приміщеннях, а в другому – захист навколишньої атмосфери.

Універсальних пилозатримуючих пристроїв, придатних для будь-яких видів пилу і для будь-яких початкових концентрацій, не існує. Кожен з цих пристроїв придатний для визначеного виду пилу, початкової концентрації і необхідного ступеня очищення.

Важливим показником роботи пиловловлюючого устаткування є коефіцієнт очищення повітря, що визначається за формулою [14]

$$E = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100, \quad (4.1)$$

де C_1 і C_2 – початкова і кінцева концентрація пилу в повітрі до і після пристрою для очищення повітря відповідно, мг/м³.

Очищення повітря від пилу може бути грубим, середнім і тонким. При грубому очищенні повітря затримується крупний пил з розмір часток більше 100 мкм). Таке очищення можна використовувати, наприклад, як попереднє очищення для сильно запиленого повітря при багатоступінчастому очищенні. При середньому очищенні затримується пил з розміром часток до 100 мкм, а його кінцевий вміст не повинний бути більшим 100 мг/м³. Тонке очищення, при якому затримується дуже дрібний пил з розміром часток до 10 мкм та кінцевим вмістом у повітрі до 1 мг/м³.

Устаткування для обезпилення повітря поділяється на пиловловлювачі і фільтри.

Пиловловлювачі – це пристрої, дія яких ґрунтується на використанні інерційних сил для осадження часток пилу, що відокремлюють пил від повітряного потоку при зміні швидкості (у пилоосаджуючих камерах) і напрямку його руху (одиничні і батарейні циклони, інерційні і ротаційні пиловловлювачі).

Пиловловлювачі застосовують при вмісті пилу в повітрі, більш 150 мг/м^3 .

Пилоосаджуючі камери застосовують для осадження крупного і важкого пилу з розміром часток більше 100 мкм . Швидкість запиленого повітря в поперечному перерізі камери приймається невеликою – близько $0,5 \text{ м/с}$ для того, щоб пил міг осісти в камері раніше, ніж залишить її. Тому габарити камер виявляються досить значними, що обмежує їх застосування, незважаючи на очевидні переваги – дешевизна і простота експлуатації.

Ефективність очищення можна збільшити (до $80 - 95 \%$), якщо камеру виконати лабіринтного типу, хоча це спричиняє збільшення гідравлічного опору.

Циклони. Їх застосовують для грубого і середнього очищення від сухого не волокнистого пилу, що злипається. Пилозбірник в циклонах побудовано на принципі відцентрової сепарації. Потрапляючи в циклон по дотичній через вхідний патрубок, повітряний потік набуває обертального руху по спіралі, і опустившись до дна конічної частини, виходить назовні через центральну трубу. Під дією відцентрових сил частки пилу відкидаються до стінки циклона і захоплюються повітряним потоком, опускаються на дно циклона, а звідти видаляються в пилозбірник. Ефективність очищення збільшується (до 90%) при зменшенні розмірів циклона, оскільки величина відцентрової сили обернено пропорційна відстані між частками пилу до осі циклона. Тому замість одного циклона великого розміру ставлять паралельно два чи більше циклонів менших розмірів – так звані батарейні циклони.

Через можливе загоряння і вибухи пилу в циклонах їх встановлюють поза виробничими приміщеннями.

Для очищення повітря зі значним змістом пилу використовують циклони з водяною плівкою, яка створюється на його внутрішній поверхні.

Ротаційні пиловловлювачі представляють собою відцентровий вентилятор, що одночасно з переміщенням повітря очищає його від крупних часток пилу завдяки силам інерції, що виникають при обертанні робочого колеса. Вони знаходять застосування у виробництвах, якому притаманна значна запиленість виробничих приміщень, наприклад у ливарному. Вони забезпечують порівняно високу ефективність очищення: для часток пилу від 8 до 20 мкм – 83 %, а для більших – до 97 %.

Фільтри – це пристрої, у яких запилене повітря пропускається через пористі, сітчасті матеріали, а також через конструкції, здатні затримувати чи осаджувати пил.

У якості фільтруючих матеріалів застосовують скловату, гравій, кокс, металеву стружку, пористий папір чи тканину, тонку металеву сітку, порцелянові чи металеві порожнинні кільця.

Паперові фільтри. Фільтруючим матеріалом у них є гофрований, пористий папір (целюзна вата) чи так званий шовковий (шовковистий пористий папір), складений в 4-10 шарів і закладений в спеціальні касети. Такі касети встановлюються в металеві каркаси. Ефективність очищення паперових фільтрів дуже висока – до 98-99 %. Ці фільтри використовують для очищення повітря, яке подається в приміщення.

Для того щоб касети періодично звільнялися від часточок пилу, що осаджується на них в процесі експлуатації, забезпечується можливість струшування фільтру.

Масляні фільтри. Такі фільтри застосовують для очищення повітря, яке подається в приміщення при малих концентраціях пилу (до 20 мг/м³).

Ряд конструкцій представляють собою касету, обтягнуту сіткою і заповнену порцеляновими чи мідними кільцями, гофрованими сітками. Ця касета перед установкою в мережу опускається у вазелінову олію.

Частки пилу, проходячи з повітрям через лабіринт отворів, утворених кільцями чи сітками, затримуються на їх змоченій поверхні. Ефективність очищення сягає 95-98 %.

В даний час широке застосування одержали самоочисні масляні фільтри, у яких фільтрація здійснюється двома полотнами з металевої сітки, які безупинно рухаються. Нижня частина полотна на 150 мм занурена в масло, що знаходиться у ванні.

При забрудненні масляних фільтрів кільця і сітки промивають у содовому розчині.

Електричні фільтри застосовують для очищення повітря і газів від дрібнодисперсного пилу. При проходженні запиленого газу чи повітря через фільтр відбувається іонізація часток пилу, тобто утворення позитивних і негативних іонів. Пил, що одержав заряд від негативного електрода, прагне осісти на позитивному електроді, яким є заземлені стінки фільтра і спеціальні осаджуючі електроди. Ці електроди періодично струшуються за допомогою спеціального механізму а осілий пил збирається в бункері, звідки, за мірою заповнення, видаляється.

Ультразвуковий фільтр використовується для тонкого очищення. Його робота заснована на явищі, що під впливом ультразвуку високої інтенсивності відбувається коагуляція дрібних часток пилу. Великі частки, що утворюються при цьому, осаджуються в звичайних пиловловлювачах наприклад у циклонах. Ефективність очищення складає 90 % при дії ультразвуку протягом 3-5 с.

Якщо необхідна ефективність очищення досягається в одному пиловловлювачі чи фільтрі, то таке очищення називається одноступінчатим. Для одержання необхідної чистоти використовують двоступінчасте очищення. Наприклад, якщо першою ступінню очищення повітря є циклон, то в якості другої може служити масляний фільтр.

Правильна експлуатація фільтрів (своєчасне очищення, промивання тощо) має велике значення для ефективної роботи вентиляції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. На підставі проведеного аналізу робочого креслення деталі «Опора передня 65-20027» встановлено, що деталь, в цілому, є технологічною, але, базовий технологічний процес її механічного оброблення потребує часткового вдосконалення для підвищення продуктивності та зниження трудомісткості виготовлення.

2. В роботі розроблено технологічний процес механічного оброблення опори передньої 65-20027, що має відмінності від базового, а саме:

- на вертикально-фрезерній операції 015 пропонується здійснювати одночасне оброблення двох деталей, замість однієї;

- радіально-свердлильну операцію 020, що виконується на верстаті мод. 2Н55 замінено на вертикально-свердлильну, що виконується на верстаті мод. 2170М. Крім цього, замість послідовного свердління отворів, передбачене їх одночасне свердління;

- на вертикально-фрезерній операції 025 запропоноване одночасне оброблення чотирьох деталей, замість однієї;

- на горизонтально-фрезерній операції 030 запропоноване одночасне оброблення двох деталей, замість однієї.

3. За результатами технічного нормування розробленого технологічного процесу встановлено, що у порівнянні з базовим технологічним процесом штучний час оброблення деталі скоротиться на 2,47 хв. Це дозволить відчутно знизити трудомісткість та собівартість виготовлення деталі.

4. Для розробленого технологічного процесу підбрано і розраховано спеціальне технологічне оснащення, а саме:

- пристрій для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32 мм;

- кондуктор для свердління двох отворів $\varnothing 22$ в деталі 65-20027;

- пристрій чотиримісний для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 25 мм.

5. Проведене техніко-економічне обґрунтування розробленого технологічного процесу підтвердило правильність прийнятих інженерних рішень. У випадку його впровадження у виробництво прогнозований економічний ефект складе 208440 грн. при річній програмі випуску 18000 шт.

6. В роботі розглянуті питання, що стосуються безпеки життєдіяльності і охорони праці.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. ДСТУ EN 1562-2019. Литво. Ковкий чавун. Введ. 2019–08–01. Київ : ДП «Український науково-дослідний і навчальний центр проблем стандартизації, сертифікації та якості», 2019. 22 с. : веб сайт. URL : https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=83708 (дата звернення: 07.03.2026).
3. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навч.-метод. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2023. 148 с.
4. ТОВ «НВП Основа-Дніпро». Ціни на чавунне литво : веб сайт. URL : <https://osnovadnepr.uaprom.net/ua/> (дата звернення: 30.03.2026).
5. Ціни на металобрухт : веб сайт. URL : <https://metal.ck.ua/price.html> (дата звернення: 30.03.2026).
6. Паливода Ю. Є., Ткаченко І. Г., Капаціла Ю. Б., Гевко Ів. Б. Технологія оброблення корпусних деталей : навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2016. 156 с.
7. 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.
8. 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.
9. Погодинна оплата праці: що враховувати у 2026 році : веб сайт. URL : <https://7eminar.ua/news/3029-pogodinna-oplata-praci-shho-vrachovuvati-v-2025-roci/> (дата звернення: 01.04.2026).
10. Дичковский М. Г. Технологічна оснастка. Проектно-конструкторські розрахунки пристосувань : навч. посіб. . Тернопіль.: ТДТУ, 2001. 277 с.
11. Дичковский М. Г. Технологічна оснастка. Конструювання пристосувань: навч. посіб. Тернопіль : ТНТУ, 2015. 141 с.

12. 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: 22.05.2026).

13. Екологічна токсикологія: навч. посібник / В.К. Пузік, В.В. Волощенко, Є.А. Криштоп та ін. Харків : ХНАУ, 2016. 349 с. : URL : https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2023/Puzik_2016_349.pdf (дата звернення: 22.05.2026).

14. Боженко М. Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. : URL : file:///C:/Users/User/Desktop/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf (дата звернення: 24.05.2026).

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 механічної обробки

опори передньої 65-20027

Дубл. Замість. Підпис.																
											3					
											Опора передня					
											65-20027					
А	Цех	Дільн.	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	ОН	ОП	К шт.	Т л.С	Т шт.
Б	Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу				Код, назва обладнання	Позначення документу										
Клм						Позначення, код										
01																
02																
0 03	2. Фрезерувати поверхні двох деталей в розмір (2) .															
Р 04	L=105 мм; t=3,0 мм; i=1; S=0,1 мм/об; n=200 об/хв; V=100,5 м/хв; То=0,66 хв.															
Т 05	Пристрій для фрезерування. Фреза 2214-0277 ГОСТ 26595-85. Шаблон спеціальний 36±0,3.															
06																
07																
А 08 09	020 4121 Вертикально-свердлильна ІОП 25000.00052															
Б 09	2170М 512 3 1 1 1 90 18 1,00															
О 10	1. Свердлити два отвори в розмірі (1) , (2) , (3) і (4) одночасно.															
Р 11	L=39 мм; t=11,0 мм; i=1 S=0,8 мм/об; n=315 об/хв; V=99,7 м/хв; То=0,15 хв.															
Т 12	Кондуктор для свердління. Свердло 2301-0426; Ф22,0; Р6М5; ГОСТ 10903-77.															
Т 13	Калібр-пробка Ф22 ПР ГОСТ 4810-79. Шаблиони спеціальні 225±0,3; 450±0,75; 34±0,2.															
М 14	Емульсія (5%) І25200.00004.															
15																
16																
17																
МК	Механічної обробки															

Дцбл. Замість. Підпис.												4				
												Опора передня				
		65-20027														
А	Цех	Дільн.	РМ	Опер.	Код, назва операції	СМ	Проф.	Р	УП	КР	КОВД	Позначення документа		Т л.С	Т шт.	
												ОН	ОП			К шт.
Б	Кім	Позначення, код														Н. вимр.
		Назва деталі, скл. одиниці або матеріалу														
А 01	09	025	4261	Вертикально-фрезерна	ЮП 25000.00052											
Б 02				6Н11		517	3	1	1	1	1	90		25		0,99
О 03				1. Фрезерувати поверхні чотирьох деталей в розмірі ① і ②.												
Р 04				L=260 мм; t=3,0 мм; i=1; S=0,1 мм/об; n=200 об/хв; V=100,5 м/хв; To=0,51 хв.												
О 05				2. Фрезерувати поверхні чотирьох деталей в розмірі ③ і ④.												
Р 06				L=260 мм; t=3,0 мм; i=1; S=0,1 мм/об; n=200 об/хв; V=100,5 м/хв; To=0,51 хв.												
Т 07				Пристрій для фрезерування. Фреза 2214-0277 ГОСТ 26595-85. Шаблони спеціальні 25±0,3 і 20±0,3.												
08																
09																
А 10	09	030	4261	Горизонтально-фрезерна	ЮП 25000.00052											
Б 11				6Н81Г		517	3	1	1	1	1	90		35		0,93
О 12				1. Фрезерувати поверхні двох деталей в розмір ①.												
Р 13				L=74 мм; t=3,0 мм; i=1; S=0,1 мм/об; n=200 об/хв; V=100,5 м/хв; To=0,46 хв.												
О 14				2. Фрезерувати поверхні двох деталей в розмір ②.												
Р 15				L=74 мм; t=3,0 мм; i=1; S=0,1 мм/об; n=200 об/хв; V=100,5 м/хв; To=0,46 хв.												
Т 16				Пристрій для фрезерування. Фреза 2214-0277 ГОСТ 26595-85. Шаблони спеціальні 24,7±0,3 і 4,94-0,6.												
17																
МК				Механічної обробки												

ДОДАТОК Б
СПЕЦИФІКАЦІЇ

- Б.1 Пристрій для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 32.
- Б.2 Кондуктор для свердління двох отворів $\varnothing 22$ в деталі 65-20027.
- Б.3 Пристрій чотиримісний для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 25.

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
*)			КРБ 22-025.03.00 СК	Складальне креслення		*) 2 А1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 22-025.03.10	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	КРБ 22-025.03.01	Призма	1	
		4	КРБ 22-025.03.02	Підставка	1	
		5	КРБ 22-025.03.03	Притихват	2	
		6	КРБ 22-025.03.04	Опора	2	
		7	КРБ 22-025.03.05	Важіль	1	
		8	КРБ 22-025.03.06	Коромисло	1	
		9	КРБ 22-025.03.07	Тяга	2	
		10	КРБ 22-025.03.08	Втулка	2	
		11	КРБ 22-025.03.09	Вісь	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		14		Болт М12×40.58		
				ГОСТ 7798-70	8	
		15		Гвинт М6×16.58		
				ГОСТ 1476-93	2	

КРБ 22-025.03.00

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Яворський		
Перев.		Ткаченко		
Реценз.				
Н. контр.		Дячун		
Затв.		Окіпний		

Пристрій для фрезерування
деталі 65-20027
в розмір 32

Літ.	Аркуш	Аркуше
	1	2

ТНТУ, ФМТ,
каф. МТ, гр. МП-41

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
A1			КРБ 22-025.04.00 СК	Складальне креслення		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 22-025.04.10	Пневмоциліндр Ø100	1	
		2	КРБ 22-025.04.20	Пневмоциліндр Ø125	2	
		3	КРБ 22-025.04.30	Хомут	12	
		4	КРБ 22-025.04.40	Пневморозподільник	1	
		5	КРБ 22-025.04.50	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		6	КРБ 22-025.04.01	Штуцер	12	
		7	КРБ 22-025.04.02	Плита кондукторна	1	
		8	КРБ 22-025.04.03	Втулка	2	
		9	КРБ 22-025.04.04	Направляюча	2	
		10	КРБ 22-025.04.05	Втулка кондукторна	1	
		11	КРБ 22-025.04.06	Притискувач лівий	1	
		12	КРБ 22-025.04.07	Притискувач правий	1	
		13	КРБ 22-025.04.08	Притискувач нижній	1	
		14	КРБ 22-025.04.09	Шайба	1	
		15	КРБ 22-025.04.11	Оправка	1	
		16	КРБ 22-025.04.12	Палець	1	
		17	КРБ 22-025.04.13	Тяга	1	
		18	КРБ 22-025.04.14	Колодка	1	

КРБ 22-025.04.00

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Яворський			Кондуктор для свердління двох отворів Ø22 в деталі 65-20027	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ткаченко					1	2
Реценз.						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП-41		
Н. контр.		Дячун						
Затв.		Окіпний						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
✎			КРБ 22-025.05.00 СК	Складальне креслення		✎ЗА1
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	КРБ 22-025.05.10	Корпус	1	
				<u>Деталі</u>		
		3	КРБ 22-025.05.01	Повзун	2	
		4	КРБ 22-025.05.02	Втулка	2	
		5	КРБ 22-025.05.03	Притихват	2	
		6	КРБ 22-025.05.04	Опора	1	
		7	КРБ 22-025.05.05	Гвинт	2	
		8	КРБ 22-025.05.06	Тяга	1	
		9	КРБ 22-025.05.07	Тяга	1	
		10	КРБ 22-025.05.08	Втулка	12	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		11		Гвинт М6×16.58		
				ГОСТ 1491-80	4	
		12		Гвинт М12×30.58		
				ГОСТ 11738-84	2	

КРБ 22-025.05.00

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Яворський			Пристрій чотиримісний для фрезерування деталі 65-20027 в розмір 25	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ткаченко					1	2
Реценз.						ТНТУ, ФМТ, каф. МТ, гр. МП-41		
Н. контр.		Дячун						
Затв.		Окіпний						

