

Міністерство освіти і науки України

Луцький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет транспорту та механічної інженерії

(повне найменування факультету)

Кафедра прикладної механіки та мехатроніки

(повна найменування кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»

ПРОЕКТУВАННЯ ДІЛЬНИЦІ З РОЗРОБКОЮ
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ
ДЕТАЛІ СУХАР 00.050

спеціальність 131 Прикладна механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітня програма «Прикладна механіка»

(назва освітньої програми)

Виконав: здобувач вищої освіти
групи ІМз-41
Грушевський Андрій Миколайович

(підпис)

Керівник:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту
«__» _____ 2025 р.
Гарант освітньої програми:
к.т.н., доцент
Божко Тетяна Євгенівна

(підпис)

Луцьк – 2025 року

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

АНОТАЦІЯ

Грушевський А. М. Проектування ділянки з розробкою технологічного процесу механічної обробки деталі сухар 00.050. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Прикладна механіка» спеціальності 131 Прикладна механіка. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, п'яти розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки деталі сухар 00.050.

У загальній частині проаналізовано службове призначення деталі та технічні умови її виготовлення. Проведено обґрунтування вибору методу отримання заготовки та способу обробки поверхонь.

У технологічній частині виконано аналіз технологічності конструкції, визначено бази, допуски, технологічні розміри та розраховано припуски на обробку. Розроблено режими різання, підбрано необхідне обладнання та технологічне оснащення.

У конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій, пристрій для контролю геометричних параметрів, а також розроблено план механічної ділянки. Розраховано основні техніко-економічні показники виробництва.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано санітарно-гігієнічні умови на ділянці та розглянуто засоби, що забезпечують безпечні та комфортні умови праці на проєктованій ділянці.

Ключові слова: технологічний процес, корпус, механічна обробка.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВСТУП

Роль машин у розвитку народного господарства є надзвичайно важливою. Саме тому машинобудівна галузь привертає значну увагу та потребує постійного вдосконалення й розширення.

Стан виробництва та його перспективи значною мірою визначаються рівнем розвитку технологій. Від цього залежить ефективність використання матеріальних та енергетичних ресурсів, рівень продуктивності, якість готової продукції й багато інших важливих показників.

Вагоме значення у прискоренні науково-технічного прогресу в машинобудуванні має методика проєктування сучасних технологічних процесів, яка сприяє вдосконаленню наявних та створенню нових способів виготовлення й контролю продукції.

У сфері технології машинобудування особливої уваги заслуговують дві ключові проблеми: забезпечення високої якості продукції та підвищення продуктивності праці. Кожна з них охоплює низку конкретних завдань, зокрема: підвищення надійності та довговічності виробів, забезпечення технологічності, впровадження нових методів обробки, автоматизація виробничих процесів і функцій управління, а також максимізація ефективності науково-дослідної діяльності.

Під час виконання кваліфікаційної роботи вибір оптимального варіанту технологічного процесу, обладнання, оснащення та способу отримання заготовки базується на техніко-економічних розрахунках, що дозволяє обґрунтувати найефективніше рішення.

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є розробка технологічного процесу механічної обробки деталі типу "сухар", який при раціональному виборі обладнання та режимів різання забезпечить мінімальні витрати енергії, матеріалів і трудових ресурсів на її виготовлення.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Службове призначення і характеристика об'єкта виробництва, аналіз технічних умов на деталь

До корпусних деталей належать елементи на кшталт кронштейнів, кришок, прижимів, корпусів та інших подібних виробів. Базуючі поверхні таких деталей, залежно від їх функціонального призначення, поділяються на основні та допоміжні.

Основні бази забезпечують приєднання корпусних деталей до станин, рам або інших корпусів. Найчастіше це плоскі поверхні або поверхні одного чи кількох базових отворів.

До допоміжних баз належать головні отвори, які використовуються для встановлення шпинделів, валів, а також площини, що визначають положення приєднаних вузлів і елементів конструкції — таких як кришки, фланці тощо.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад чавуну СЧ25 ДСТУ 8833:2019

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	1,4 – 2,2
Марганець (Mn)	0,7 - 1
Фосфор (P), не більше	0,2
Сірка (S), не більше	0,15

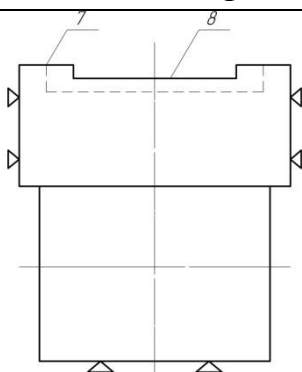
Таблиця 1.2 – Механічні властивості і допустимі напруги виливка з чавуну СЧ25 ДСТУ 8833:2019

Межа міцності при розтягуванні $\sigma_B, МПа$	Межа текучості $\sigma_T, МПа$	Відносне подовження при розриві $\delta, \%$	Відносне звуження поперечного перетину при розриві $\Psi, \%$	Питома ударна в'язкість a	σ^{-1}	Твердість НВ
250	-	15	50	10	360	156-260

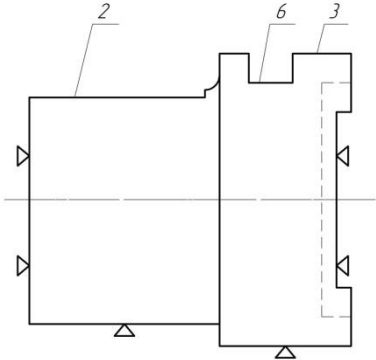
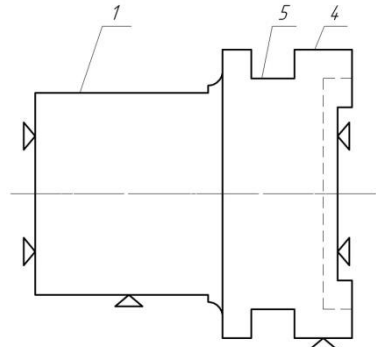
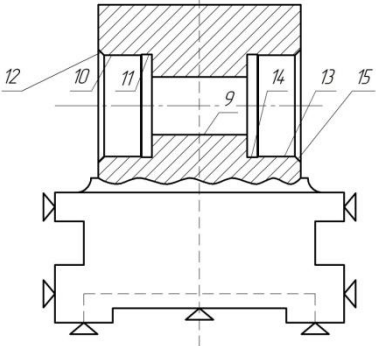
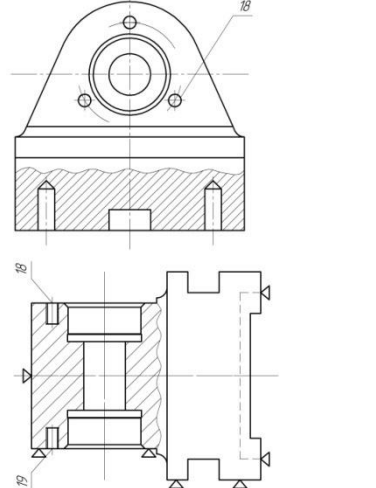
Розроблений маршрут обробки занесемо в таблицю 1.3.

									Арк.	
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

Таблиця 1.3 – Маршрут обробки деталі сухар

Ескіз обробки	Технологічний процес
<p style="text-align: center;">1</p> 	<p style="text-align: center;">2</p> <p style="text-align: center;">005 Вертикально фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати поверхню 7 і 8 начорно. 2. Фрезерувати поверхню 7 і 8 начисто.
	<p style="text-align: center;">010 Вертикально фрезерна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Фрезерувати поверхню 16 начорно. 2. Фрезерувати поверхню 16 начисто.
	<p style="text-align: center;">015 Вертикально свердлильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердлити 2 отвори 17. 2. Розгорнути 2 отвори 17.

Продовження таблиці 1.3

1	2
<p>Установ А</p>  <p>Установ Б</p> 	<p>020 Горизонтально фрезерна</p> <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати поверхню 2, 3, 6 начорно. Фрезерувати поверхню 2, 3, 6 начисто. <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> Фрезерувати поверхню 1, 4, 5 начорно. Фрезерувати поверхню 1, 4, 5 начисто.
	<p>025 Горизонтально розточна</p> <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> Розточити отвір 9 начисто. Розточити отвір 10 начорно. Зняти фаску 15. Точити канавку 11. Розточити отвір 10 тонко. <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> Розточити отвір 13 начорно. Зняти фаску 15. Точити канавку 14. Розточити отвір 13 тонко.
	<p>030 Агрегатно свердлильна</p> <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> Свердлити 3 отвори 18. Нарізати різьбу на 3ох отворах 18 <p>Установ Б</p> <ol style="list-style-type: none"> Свердлити 3 отвори 19. Нарізати різьбу на 3ох отворах 19.

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

047Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

1.2 Вибір методу одержання заготовки

Вибір способу виготовлення заготовки є складним процесом, що залежить від низки чинників. У даному випадку деталь виготовляється з чавуну марки СЧ 25 відповідно до ДСТУ 8833:2019.

Властивості цього матеріалу зумовлюють доцільність застосування лиття як методу отримання заготовки. Тип виробництва для цієї деталі класифікується як багатосерійний.

За допомогою системи автоматизованого проектування Компас 3D ми знайшли масу та об'єм деталі і заготовок (литтям в піщаноглинисту форму та лиття в кокіль).

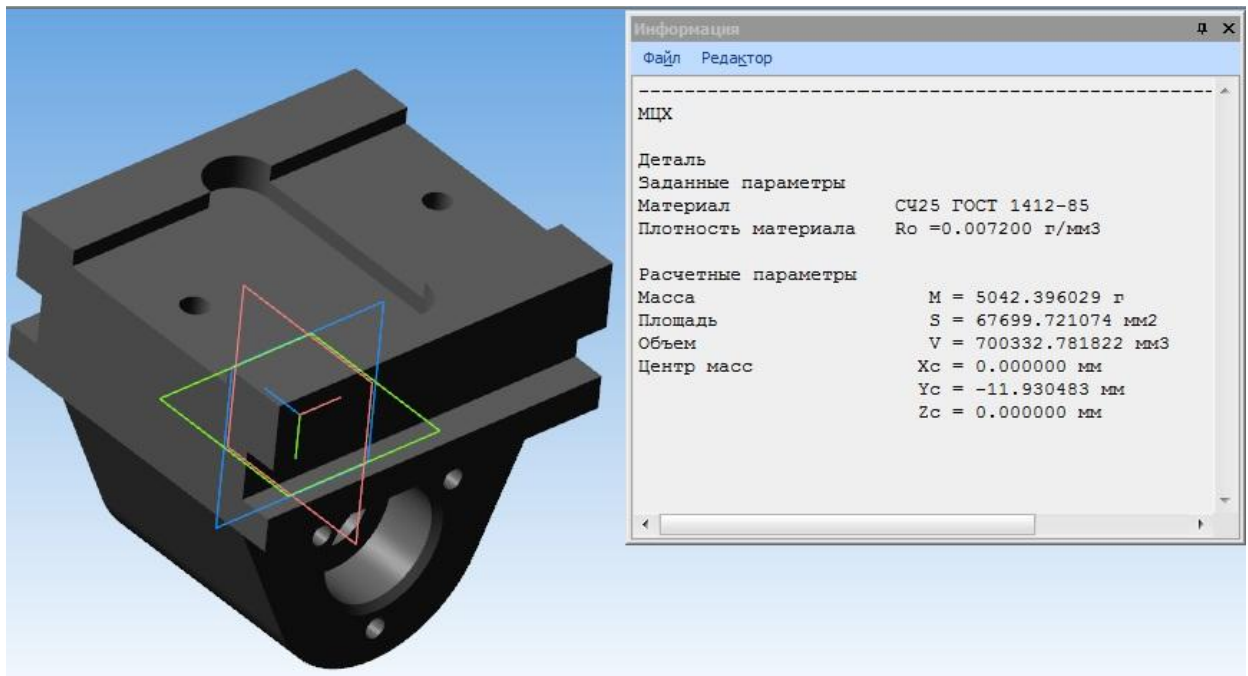


Рис.1.1 - Деталь

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

1.3 Вибір методу обробки поверхонь

Правильний вибір методу обробки поверхонь заготовки залежить від ряду чинників, серед яких: призначення деталі, функціональні особливості окремих поверхонь, а також вимоги до точності, шорсткості та геометричної форми.

Обробка поверхонь зазвичай виконується поетапно, із застосуванням різних методів обробки на кожному переході — від чорнової до чистої та тонкої.

У конструкції деталі присутні поверхні з невисокими вимогами до точності, для яких достатньо лише чорнової обробки. Натомість отвори повинні відповідати восьмому квалітету точності (H8), що передбачає проходження етапів чорнової, чистої та тонкої обробки.

Для даної деталі, яка має циліндричну внутрішню поверхню $\varnothing 25$ мм з допуском H8. Заготовка виготовлена за методом лиття в кокіль і досягає точності H14. Загальне уточнення:

$$E = \frac{T_z}{T_o} = \frac{740}{74} = 10;$$

$$n = \frac{\lg 16,11}{0,46} = 2,62.$$

Приймаємо $n = 2$ ступені обробки. Після чорнової обробки точність збільшується з h14 до h12 (2 квалітета) після чистої обробки з h12 до h8 (2 квалітета), що цілком відповідає рекомендаціям вибору методу обробки по економічній точності.

1.4 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва визначається на основі коефіцієнта закріплення операцій, який розраховується як відношення кількості усіх різновидів технологічних операцій, що виконуються або мають виконуватись протягом місяця, до кількості наявних робочих місць:

$$K_{з.о.} = \frac{O}{P},$$

де O – число операції, що виконується на робочих місцях ділянок, цеха;

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

P – кількість робочих місць.

Визначаємо основний технологічний час і штучно – калькуляційний час, використовуючи формули ([1], дод. 2).

005 Вертикально фрезерна;

1. Фрезерувати поверхню 7, 8 начорно.

$$T_{01} = 6 \cdot L = 6 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,66 \text{ хв},$$

2. Фрезерувати поверхню 7, 8 начисто.

$$T_{02} = 4 \cdot L = 4 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ хв},$$

$$T_{005} = T_{01} + T_{02} = 0,66 + 0,44 = 1,1 \text{ хв}.$$

010 Вертикально фрезерна;

1. Фрезерувати шпонпаз 16 начорно.

$$T_{03} = 6 \cdot L = 6 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,48 \text{ хв},$$

2. Фрезерувати шпонпаз 16 начисто.

$$T_{04} = 4 \cdot L = 4 \cdot 80 \cdot 10^{-3} = 0,32 \text{ хв},$$

$$T_{010} = T_{03} + T_{04} = 0,48 + 0,32 = 0,8 \text{ хв}.$$

015 Вертикально свердлильна;

1. Свердлити 2 отвори 17.

$$T_{05} = 0,52 \cdot d \cdot L = 0,52 \cdot 6,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,07 \cdot 2 = 0,14 \text{ хв}.$$

2. Зенкерувати 2 отвори 17.

$$T_{06} = 0,21 \cdot d \cdot L = 0,21 \cdot 7,5 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 2 = 0,06 \text{ хв}.$$

3. Розгорнути 2 отвори 17.

$$T_{07} = 0,86 \cdot d \cdot L = 0,86 \cdot 8 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,14 \cdot 2 = 0,28 \text{ хв}.$$

$$T_{015} = T_{05} + T_{06} + T_{07} = 0,07 + 0,03 + 0,14 = 0,24 \cdot 2 = 0,48 \text{ хв}.$$

020 Горизонтально фрезерна;

Установ А

1. Фрезерувати поверхні 2, 3, 6 начорно.

$$T_{08} = 6 \cdot L = 6 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,66 \text{ хв}.$$

2. Фрезерувати поверхні 2, 3, 6 начисто.

$$T_{09} = 4 \cdot L = 4 \cdot 110 \cdot 10^{-3} = 0,44 \text{ хв}.$$

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

030Агрегатно - свердлильна;

Установ А

1. Свердлити 3 отвори 18.

$$T_{o21} = 0,52 \cdot d \cdot L = 0,52 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ хв.}$$

2. Нарізати різьбу на 3 отворах 18.

$$T_{o22} = 0,4 \cdot d \cdot L = 0,4 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ хв.}$$

Установ Б

3. Свердлити 3 отвори 19.

$$T_{o23} = 0,52 \cdot d \cdot L = 0,52 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ хв.}$$

4. Нарізати різьбу на 3 отворах 19.

$$T_{o24} = 0,4 \cdot d \cdot L = 0,4 \cdot 6 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,03 \cdot 3 = 0,09 \text{ хв.}$$

$$T_{o30} = T_{o21} + T_{o22} + T_{o23} + T_{o24} = 0,03 + 0,03 + 0,03 + 0,03 = 0,12 \cdot 3 = 0,36 \text{ хв.}$$

Визначаємо розрахункову кількість обладнання:

$$m_{p005} = \frac{50000 \cdot 2,02}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,52$$

$$m_{p010} = \frac{50000 \cdot 1,5}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,38$$

$$m_{p015} = \frac{50000 \cdot 0,83}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,21$$

$$m_{p020} = \frac{50000 \cdot 4,05}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 1,03$$

$$m_{p025} = \frac{50000 \cdot 2,28}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,59$$

$$m_{p030} = \frac{50000 \cdot 0,62}{60 \cdot 4059 \cdot 0,8} = 0,16$$

Заокруглюємо m_p в більшу сторону до цілого числа і отримуємо кількість робочих місць $p=1$.

Розраховуємо дійсний коефіцієнт завантаження обладнання:

$$n_{з.д.} = \frac{m_p}{p} < n_{з.н.}$$

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$n_{3.Д.005} = \frac{0,52}{1} = 0,52 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

$$n_{3.Д.010} = \frac{0,38}{1} = 0,38 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

$$n_{3.Д.015} = \frac{0,21}{1} = 0,21 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

$$n_{3.Д.020} = \frac{1,03}{2} = 0,52 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

$$n_{3.Д.025} = \frac{0,59}{1} = 0,59 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

$$n_{3.Д.030} = \frac{0,16}{1} = 0,16 < n_{3.Н.} = 0,8 - \text{ умова виконується.}$$

Розраховуємо кількість операцій, які виконуються на цьому обладнанні:

$$O = \frac{\eta_{3.Н.}}{\eta_{3.Ф.}}$$

$$O_{o005} = \frac{0,8}{0,52} = 1,53; \text{ приймаємо 1.}$$

$$O_{o010} = \frac{0,8}{0,38} = 2,1; \text{ приймаємо 2.}$$

$$O_{o015} = \frac{0,8}{0,21} = 3,8; \text{ приймаємо 4.}$$

$$O_{o020} = \frac{0,8}{0,52} = 1,53; \text{ приймаємо 1.}$$

$$O_{o025} = \frac{0,8}{0,59} = 1,35; \text{ приймаємо 1.}$$

$$O_{o030} = \frac{0,8}{0,16} = 5; \text{ приймаємо 5.}$$

Всі розрахунки усіх операцій зводимо в таблицю 4, сумуючи в кінці “О” і “Р”.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз технологічності конструкції деталі

Відпрацювання конструкції на технологічність — це комплекс заходів, спрямованих на досягнення необхідного рівня технологічності згідно з установленими показниками. Основна мета цих заходів — підвищити продуктивність праці, знизити витрати та скоротити час виготовлення виробу при забезпеченні заданої якості.

Оцінювання технологічності конструкції може здійснюватись у двох формах: якісній та кількісній. Якісна оцінка є узагальненою, базується на інженерному досвіді і може застосовуватись на будь-якому етапі проектування як попередній аналіз. Кількісна ж оцінка передбачає використання числових показників і є доцільною у випадках, коли ці параметри мають значний вплив на рівень технологічності конструкції.

Щодо якісних характеристик конструкції деталі типу "сухар" можна відзначити наступне:

1. Матеріал, обраний для виготовлення деталі, дозволяє використовувати лиття як метод отримання заготовки.
2. Конструкція має зручні базові поверхні для надійного базування.
3. До більшості оброблюваних поверхонь не висуваються високі вимоги щодо точності та шорсткості, що дає змогу обмежитись одноразовою (однопрохідною) обробкою.
4. Конструкція дозволяє створити зручні чистові бази, що забезпечує можливість високоточного оброблення із застосуванням принципів постійності та єдності баз.
5. Осі основних отворів розміщені паралельно або перпендикулярно до основних площин деталі, що спрощує технологічні операції.

Кількісна оцінка технологічності виконується з урахуванням як абсолютних, так і відносних показників.

1. Коефіцієнт уніфікації для циліндричних поверхонь:

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{6}{8} = 0,75 > 0,6 - \text{деталь технологічна};$$

2. Коефіцієнт уніфікації для плоских поверхонь:

$$K_{y.e.} = \frac{Q_{y.e.}}{Q_e} = \frac{7}{9} = 0,77 > 0,6 - \text{деталь технологічна};$$

3. Коефіцієнт точності обробки:

$$A_{cp.} = \frac{9 \cdot 6 + 7 \cdot 6 + 10 \cdot 1 + 8 \cdot 1 + 12 \cdot 4}{18} = 9.;$$

$$K_{T.O.} = 1 - \frac{1}{9} = 0,89 > 0,8 - \text{деталь технологічна};$$

5. Коефіцієнт шорсткості:

$$A_{cp.} = \frac{0,01n_1 + 0,02n_2 + \dots + 40n_{13} + 80n_n}{\sum n_i},$$

$$A_{cp.} = \frac{2,5 \cdot 6 + 1,25 \cdot 4 + 5 \cdot 1 + 0,63 \cdot 2 + 10 \cdot 5}{18} = 4,2;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{4,2} = 0,23 < 0,32 - \text{деталь технологічна};$$

5. Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{н.м.} = \frac{Q_{дет.}}{Q_{заг.}} = \frac{5}{6,46} = 0,77 - \text{технологічна},$$

2.2 Вибір технологічних баз

Призначення технологічних і вимірювальних баз є одним із найвідповідальніших та найскладніших етапів проектування технологічного процесу. Від правильного вибору цих баз залежить точність виготовлення розмірів, правильне взаємне розташування поверхонь деталі, ефективність роботи складального оснащення, ріжучого та вимірювального інструменту, а також загальна продуктивність процесу обробки.

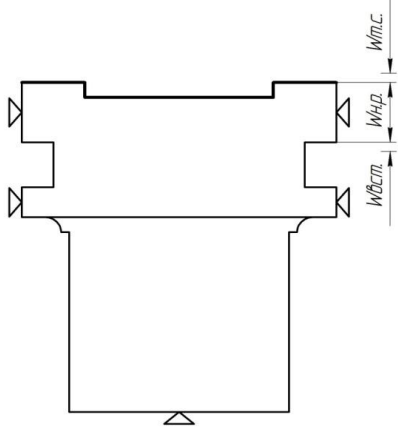
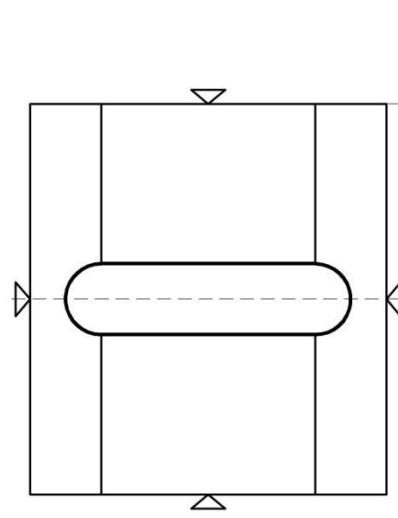
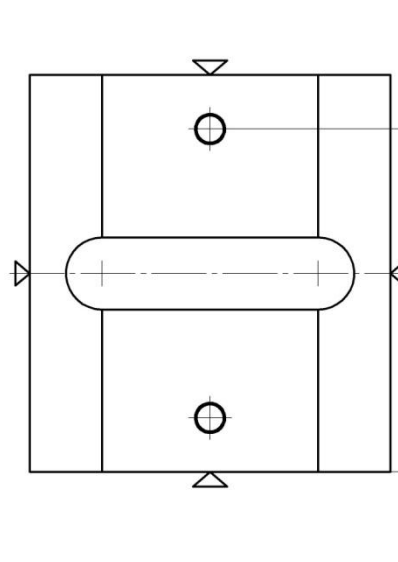
Важливо, щоб сумарна похибка обробки не перевищувала встановленого допуску на розмір — це правило актуальне для всіх розмірів, що формуються на кожній стадії технологічної обробки:

$$A_{\Sigma} < T_{обр.}$$

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

Розрахунки заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 - Розрахунок похибки обробки

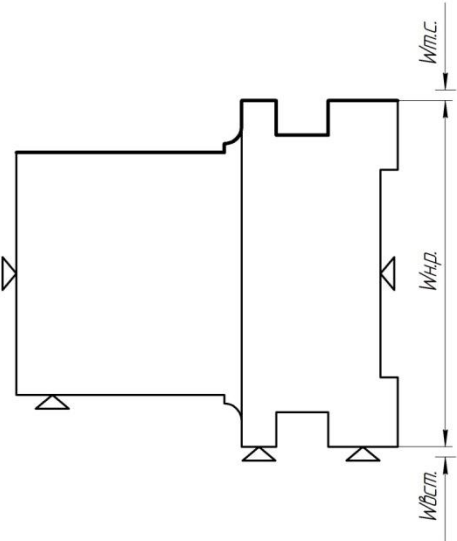
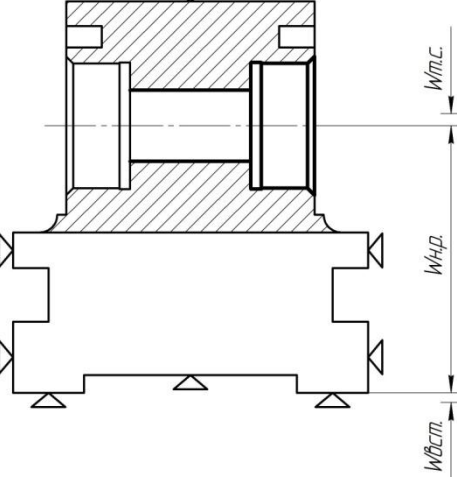
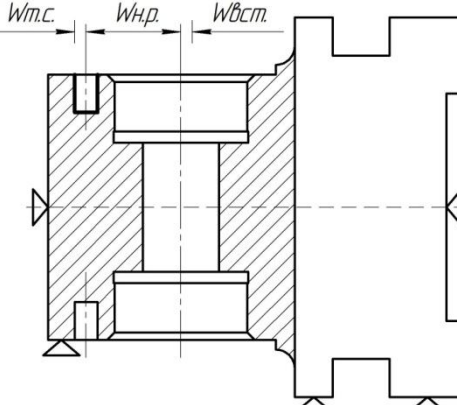
Ескіз операції та розмірний ланцюг	Розрахунок похибки обробки
1	2
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = 0,12\text{мм.}$ $W_{вст} = 0,01\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,12 + 0,01 = 0,13\text{мм}$
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = 0,12\text{мм.}$ $W_{вст} = 0,01\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,12 + 0,01 = 0,13\text{мм}$
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = W_{нр} + W_{вст} = 0,1\text{мм.}$ $W_{вст} = 0\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,1\text{мм}$

Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

047Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

Продовження таблиці 2.1

1	2
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = 0,17\text{мм.}$ $W_{вст} = 0,01\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,17 + 0,01 = 0,18\text{мм}$
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = W_{нр} + W_{вст} = 0,2\text{мм.}$ $W_{вст} = 0,01\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,2 + 0,1 = 0,21\text{мм.}$
	$W_{aon} = W_{нр} + W_{вст} + W_{мс}$ $W_c = W_{нр} + W_{вст} = 0,1\text{мм.}$ $W_{вст} = 0,1\text{мм.}$ $W_{aon} = 0,1 + 0,1 = 0,2\text{мм}$

2.3 Визначення допусків на технологічні розміри, розрахунок припусків

Розрахунок припусків на механічну обробку здійснюється як розрахунково-аналітичним методом, так і з використанням нормативних таблиць.

Розрахунково-аналітичний метод застосовується насамперед для визначення припуску на найвідповідальнішу (найточнішу) поверхню деталі. Для інших поверхонь величини припусків визначаються згідно з вимогами відповідних стандартів, зокрема ДСТУ.

Результати розрахунку припуску за розрахунково-аналітичним методом доцільно представити у вигляді таблиці (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Розрахунок припуску на поверхню 100 Н9

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір d_{p_i} , мм	δ	Максимально допустимий розмір, мм		Максимально допустиме значення значення припусків	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	пр. Z_{\min}	пр. Z_{\max}
Заготовка	500	600	104	-	-	5	870	6,36	6,72	-	-
Чорнове фрезерування	200	220	6,24	127	2·604	5,212	140	5,242	5,332	1388	1208
Чистове фрезерування	10	54	4,16	5	2·106,24	6,42	54	4,985	5,021	311	212
Σ										1699	1420

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається за формулою:

$$\rho_z = \sqrt{\rho_{cm}^2 + \rho_{кор}^2};$$

$$\rho_{cm} = 1 \text{ мм};$$

$$\rho_z = \sqrt{60^2 + 30^2} = 67 \text{ мкм};$$

$\varepsilon = 127 \text{ мм}$ - похибка на чорнове розточування;

Мінімальний припуск на чорнове фрезерування:

$$2 \cdot Z_{\min 1} = 2 \cdot (200 + 300 + 104) = 2 \cdot 604 \text{ мкм};$$

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ						Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата							

$$2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (200 + 300 + 67) = 2 \cdot 567 \text{ мкм};$$

Мінімальний припуск на чистове фрезерування:

$$2 \cdot Z_{\min 1} = 2 \cdot (50 + 50 + 6,24) = 2 \cdot 106,24 \text{ мкм};$$

$$2 \cdot Z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 4,02) = 2 \cdot 104,02 \text{ мкм};$$

Розрахунковий розмір:

$$d_{P3} = 5;$$

$$d_{P2} = d_{P3} + 2 \cdot Z_{\min} = 5 + 0,212 = 5,212 \text{ мм};$$

$$d_{P1} = d_{P2} + 2 \cdot Z_{\min} = 5,212 + 1,208 = 6,42 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.2.

Значення допусків для кожного методу обробки приймаються відповідно до квалітетів, що відповідають виду обробки, з урахуванням попередніх розрахунків. Усі дані наведено в таблиці.

Граничні розміри отвору визначаються наступним чином:

Номінальний розмір отримується шляхом округлення розрахованого розміру до точності, яка відповідає вибраному квалітету перехідної посадки.

Найменший граничний розмір визначається шляхом віднімання допуску від найбільшого граничного розміру, який відповідає цьому переходу.

Таким чином, для фрезерування:

Для чистового фрезерування;

$$d_{\max} = 5 + 0,021 = 5,021 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 50,21 - 0,036 = 4,985 \text{ мм};$$

Для чорнового фрезерування;

$$d_{\max} = 5,212 + 0,12 = 5,332 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 5,332 - 0,090 = 5,242 \text{ мм};$$

Для заготовки;

$$d_{\max} = 6,42 + 0,3 = 6,72 \text{ мм};$$

$$d_{\min} = 6,72 - 0,36 = 6,36 \text{ мм};$$

Максимальні граничні значення для фрезерування:

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$2Z_{\max 1}^{ep} = 5,332 - 5,021 = 0,311 \text{ мм} = 311 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max 2}^{ep} = 6,72 - 5,332 = 1,388 \text{ мм} = 1388 \text{ мкм};$$

Мінімальні граничні значення для фрезерування:

$$2Z_{\min 1}^{ep} = 5,212 - 5 = 0,212 \text{ мм} = 212 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\min 2}^{ep} = 6,42 - 5,212 = 1,208 \text{ мм} = 1208 \text{ мкм};$$

Загальні припуски $2Z_{\min}^{za2}$ і $2Z_{\max}^{za2}$ отримуємо, додаючи проміжні припуски:

$$2Z_{\min}^{za2} = 212 + 1208 = 2 \cdot 1420 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\max}^{za2} = 311 + 1388 = 2 \cdot 1699 \text{ мкм};$$

Для всіх інших поверхонь, що обробляються, припуски знаходимо за табличним методом і значення заносимо в таблицю.

Таблиця 2.3 - Загальні припуски і допуски на оброблювані поверхні.

Поверхня деталі	Клас точності розмірів	Степінь точності поверхні	Ряд припуску	Допуск розміру, мм	Спосіб кінцевої обробки	Значення припуску
1	5	9-14	1-3	0,5	чистова	1,0
2	5	9-14	1-3	0,5	чистова	1,0
3	5	9-14	1-3	0,4	чистова	0,8
4	5	9-14	1-3	0,4	чистова	0,8
5	5	9-14	1-3	0,36	чистова	0,75
6	5	9-14	1-3	0,36	чистова	0,75
7	5	9-14	1-3	0,56	чистова	1,2
8	5	9-14	1-3	0,5	чистова	1,0
9	5	9-14	1-3	0,44	чистова	0,9
10	5	9-14	1-3	0,44	тонка	0,9
11	5	9-14	1-3	0,24	чорнова	0,6
12	5	9-14	1-3	0,24	чорнова	0,6
13	5	9-14	1-3	0,44	тонка	0,9
14	5	9-14	1-3	0,24	чорнова	0,6
15	5	9-14	1-3	0,24	чорнова	0,6
16	5	9-14	1-3	0,56	чистова	1,2
17	5	9-14	1-3	0,4	чистова	0,8
18	5	9-14	1-3	0,32	чистова	0,7
19	5	9-14	1-3	0,32	чистова	0,7

Арк.

047Б-25.00.00.00.000 ПЗ

Зм. Лист № докум. Підп. Дата

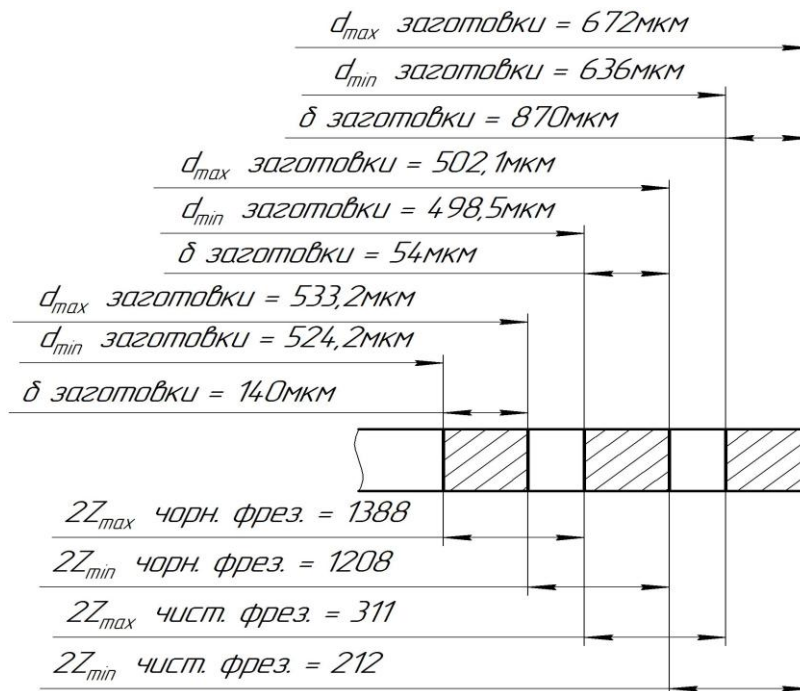


Рис. 2.2 - Схема графічного розміщення припусків і допусків на обробку поверхні 100 Н9 деталі сухар.

2.5 Розрахунок режимів різання, вибір обладнання

Під час призначення параметрів режимів різання враховують характер обробки, тип і габарити інструмента, матеріал його ріжучої частини, матеріал і стан заготовки, а також тип і технічний стан обладнання.

Глибина різання: при чорновій обробці встановлюється максимально можливою — зазвичай вона дорівнює повному припуску на обробку або його більшій частині, з урахуванням допустимих відхилень за точністю розміру та шорсткістю поверхні.

Подача: для чорнової обробки вибирається найбільше допустиме значення, з урахуванням шорсткості, жорсткості технологічної системи «верстат-пристрій-інструмент-деталь» (ВПД) та потужності привода верстата. Для чистової обробки подача визначається залежно від необхідного рівня точності та якості (шорсткості) оброблюваної поверхні.

015 Вертикально свердлильна операція:

1. Свердлити 2 отвори 17 Ø8;

Швидкість:

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 208}{3,14 \cdot 20} = 3312 \text{ об / хв};$$

Вибираємо $n = 3150 \text{ об / хв};$

Сила різання:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 92 \cdot 2,5 \cdot 0,2^{0,75} \cdot 198^{-0,15} \cdot 1 = 300 \text{ Н};$$

$$C_p = 92; x = 1; y = 0,75; n = 0;$$

$$K_p = K_{M_p} \cdot K_{\phi_p} \cdot K_{\gamma_p} \cdot K_{\lambda_p} \cdot K_{r_p} = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1;$$

Потужність різання:

$$N_e = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{2,7 \cdot 3150}{9750} = 0,87 \text{ кВт};$$

$$T_o = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{34}{3150 \cdot 0,4} = 0,02 \text{ хв}.$$

Таблиця 2.4 – Режими різання

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

№ Операції	№ Пере-хiду	Глибина рiзання t мм.	Подача		Швидкiсть V м/хв.	Частота обертiв n об/хв.	Потужнiсть N	Основний час T _o хв.
			S _o мм/об.	S _z мм/зуб.				
005	1.	3,5	-	0,12	257	630	4,67	0,47
	2.	1,5	-	0,1	320	800	1,4	0,2
010	1.	7	-	0,12	257	630	4,67	1,2
	2.	3	-	0,1	320	800	1,4	1
015	1.	20	0,3	-	29	1250	0,35	0,04
	2.	20	0,8	-	40	1600	0,35	0,01
020	1.	2	-	0,12	257	630	4,67	1,8
	2.	0,5	-	0,1	320	800	1,4	1,4
	3.	2	-	0,12	257	630	4,67	1,8
	4.	0,5	-	0,1	320	800	1,4	1,4
025	1.	2,5	0,4	-	208	3150	0,87	0,02
	2.	2,5	0,4	-	208	2000	0,87	0,02
	3.	2	0,6	-	110	630	1,6	0,001
	4.	0,5	0,6	-	125	800	1,6	0,001
	5.	0,8	0,1	-	200	2000	1	0,09
	6.	2,5	0,4	-	208	2000	0,87	0,02
	7.	2	0,6	-	110	630	1,6	0,001
	8.	0,5	0,6	-	125	800	1,6	0,001
	9.	0,8	0,1	-	200	2000	1	0,09
030	1.	5	0,8	-	29	1250	0,35	0,04
	2.	5	0,8	-	29	1250	0,35	0,04

2.6 Нормування технологічного процесу

Залежно від організаційної форми виробництва проводимо розрахунок штучного часу.

Штучний час на операцію 015 вертикально свердлильна.

$$T_{o.} = 0,06 \text{ хв.}; \quad T_{упр.} = 0,055 \text{ хв.}$$

$$T_{уст.} = 0,06 \text{ хв.}; \quad T_{вим.} = 0,27 \text{ хв.}$$

$$T_{з.} = 0,024 \text{ хв.}; \quad T_{обс.} = 0,91 \text{ хв.}$$

$$T_{відп.} = 0,0329 \text{ хв.}$$

$$T_{Д.} = T_{уст.} + T_{з.} + T_{упр.} + T_{вим.} = 0,06 + 0,024 + 0,055 + 0,27 = 0,41 \text{ хв.}$$

$$T_{оп.} = T_{Д.} + T_{o.} = 0,06 + 0,41 = 0,47 \text{ хв.}$$

$$T_{обс.} = T_{тех.} + T_{орг.} = 0,9 + 0,037 = 0,91 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.} = T_{o.} + T_{Д.} + T_{обс.} + T_{відп.} + T_{вим.} = 0,06 + 0,41 + 0,91 + 0,27 + 0,0329 = 1,68 \text{ хв}$$

Штучний час на операцію 025 горизонтально розточна.

$$T_{o.} = 0,25 \text{ хв.}; \quad T_{упр.} = 0,41 \text{ хв.}$$

$$T_{уст.} = 0,2 \text{ хв.}; \quad T_{вим.} = 0,75 \text{ хв.}$$

$$T_{з.} = 0,048 \text{ хв.}; \quad T_{обс.} = 0,017 \text{ хв.}$$

$$T_{відп.} = 0,0329 \text{ хв.}$$

$$T_{Д.} = T_{уст.} + T_{з.} + T_{упр.} + T_{вим.} = 0,2 + 0,048 + 0,41 + 0,75 = 1,41 \text{ хв.}$$

$$T_{оп.} = T_{Д.} + T_{o.} = 0,25 + 1,41 = 1,66 \text{ хв.}$$

$$T_{обс.} = T_{тех.} + T_{орг.} = 0 + 0,017 = 0,017 \text{ хв.}$$

$$T_{шт.} = T_{o.} + T_{Д.} + T_{обс.} + T_{відп.} + T_{вим.} = 0,25 + 1,41 + 0,017 + 0,1 + 0,75 = 2,52 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.5 – Норми часу

Номер і найменування операції	$T_{o.}$, хв.	$T_{Д.}$, хв.			$T_{оп.}$, хв.	$T_{обсл.}$, хв	$T_{відп.}$, хв.	$T_{шт.}$, хв.
		$T_{уст.}$, хв.	$T_{упр.}$, хв.	$T_{вим.}$, хв.				
005	0,67	0,03	0,04	0,16	0,9	1,75	0,072	2,73
010	0,47	0,08	0,04	0,16	0,75	1,18	0,06	1,99
015	0,06	0,06	0,055	0,27	0,47	0,91	0,0329	1,68
020	2,03	0,134	0,036	0,24	2,44	1,43	0,146	4,02
025	0,25	0,2	0,41	0,75	1,66	0,017	0,1	2,52
030	0,72	0,11	0,13	0,2	1,16	0,53	0,077	1,77

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ				Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата					

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Верстатний пристрій для фрезерування

3.1.1 Вибір і обґрунтування принципу дії та структурної схеми

Пристрій призначений для напівчистового та чистового фрезерування базових поверхонь деталі — зокрема, поверхонь 10 та 1. Його застосування передбачене на вертикально-фрезерному верстаті моделі 6М12П для обробки площин заданої деталі (або аналогічних за формою і розмірами), за допомогою торцевої фрези відповідно до встановлених вимог до обробки.

В процесі фрезерування необхідно забезпечити точність не нижче 11 квалітету для розміру 177 мм, а також шорсткість поверхонь: після напівчистового фрезерування — не гірше Ra 10 мкм, після чистового — Ra 1,25 мкм.

Конструкція пристрою має відповідати обраній схемі базування деталі та забезпечувати дотримання похибки базування згідно з технічними вимогами.

Сила затиску фіксуючих елементів пристрою повинна гарантувати надійне закріплення деталі, що забезпечить високу жорсткість технологічної системи «верстат-пристрій-інструмент-деталь» (ВПД).

3.1.2 Розрахунок пристрою на точність

Пристрій є складовою частиною технологічної системи «верстат-пристрій-інструмент-деталь» (ВПД), тому точність його виготовлення та налаштування безпосередньо впливає на точність обробки деталі.

Для досягнення необхідної точності обробки потрібно виконати умову, за якою сумарна похибка пристрою повинна бути на 15–20% меншою за допуск ТТТ на відповідний розмір деталі.

Сумарна похибка пристрою визначається як сукупність усіх джерел похибок у його конструкції та роботі, включаючи похибки базування, закріплення, виготовлення та зношення елементів:

$$\varepsilon_{\Sigma} = K \sqrt{\varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_{pn}^2 + \varepsilon_{py}^2 + \varepsilon_{\sigma}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{rne}^2 + \varepsilon_n^2};$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

де ε_{θ} - похибка верстата в ненавантаженому стані (Допуск на паралельність ходу стола відносно центрального пазу 0,06/600 мм; для довжини обробки $l=167\text{мм}$);

$$\varepsilon_{\theta} = \frac{0,06 \cdot 1667}{600} = 0,0167(\text{мм});$$

$\varepsilon_{py} = 0,02\text{мм}$ - похибка розташування елементів встановлення відносно поверхонь пристрою, якими він встановлюється на верстат;

$$\varepsilon_{\delta} = 0 - \text{похибка базування};$$

$$\varepsilon_3 = 90\text{мкм} - \text{похибка закріплення [1];}$$

$\varepsilon_{pne} = 0$ - похибка розташування напрямних елементів (верстату) пристрою, - так як відсутні направляючі елементи;

$$\varepsilon_n = 0,01\text{мм} - \text{зазор між щупом і фрезою};$$

K - коефіцієнт, що враховує закони розподілу похибок і залежить від кількості складових частин ε_{Σ} , в даному випадку $n=7 \rightarrow K = 1,1$;

Отже,

$$\varepsilon_{\Sigma} = \sqrt{(0,0167)^2 + (6,8 \cdot 10^{-5})^2 + (0,02)^2 + 0 + (0,09)^2 + 0 + (0,01)^2} \cdot 1,1 = 0,103(\text{мм});$$

Допуск на розмір 177 мм утворений обробкою складає $T=0,25\text{мм}$.

Похибка пристрою на 60% менша за допуск на розмір, отже умова ($\varepsilon_{\Sigma} < T$) виконується – пристрій придатний для використання.

3.1.2 Силовий розрахунок параметрів приводу

Оскільки сили різання мають змінний характер, для забезпечення надійного закріплення заготовки під час обробки необхідно вводити коефіцієнт запасу при розрахунку сили затиску. Це дозволяє врахувати можливі коливання навантажень та запобігти зсуву або вібраціям заготовки під час обробки.

Залежно від конкретних умов виконання технологічної операції, значення коефіцієнта запасу слід підбирати індивідуально. Його величина визначається як добуток кількох первинних коефіцієнтів:

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$$

$K_0 = 1,5$ - гарантований коефіцієнт запасу; $K_1 = 1,15$ - коефіцієнт, що враховує стан технологічної бази; $K_2 = 1,0$ - враховує збільшення сил різання від затуплення різального інструменту; $K_3 = 1,2$ - враховує ударне навантаження на інструмент; $K_4 = 1$ - характеризує затискний механізм з точки зору надійності; $K_5 = 1$ - характеризує зручність розміщення ручок; $K_6 = 1,5$ - враховується при наявності моментів, які намагаються повернути заготовку.

Тоді коефіцієнт запасу запишеться в наступному вигляді:

$$K = 1,5 \cdot 1,15 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 3,105$$

Силу затиску визначаємо за формулою:

$$W = \frac{k \cdot M_{кр}}{3 \cdot f_1};$$

$$M_{кр} = 2,7 \text{ Н}; k=2,16; f_1 = 0,25;$$

$$W = \frac{2,16 \cdot 2,7}{0,25 \cdot 8 \cdot 10^{-3}} = 2916 \text{ Н}.$$

Діаметр поршня пневмоциліндра визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{W}{1,5\pi P\eta}} = \sqrt{\frac{2916}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,85}} = 34,85 \text{ мм}.$$

$P = 0,6 \text{ МПа}$ – тиск повітря в пневмоциліндрі;

η - коефіцієнт поршневої дії.

Приймаємо $D=40$ мм.

Параметри пневмоциліндра:

Товщина стінки сталюого циліндра - 12 мм;

Діаметр шпильок - $d_1 = M6$ мм;

Кількість шпильок – $n=4$;

Діаметр штока $d = 20$ мм;

Діаметр різьби на штоці $d'_1 = M8$ мм

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

3.1.3 Опис конструкції та роботи пристрою

Лещата призначені для надійного закріплення деталей довжиною до 100 мм під час виконання різних операцій механічної обробки. Ці лещата належать до категорії швидкодіючих, оскільки їхні губки зближуються одночасно під час затиску.

Процес закріплення відбувається таким чином: деталь розміщують між губками лещат. У патрубок «Д» кришки 9 подається стиснене повітря під тиском $3,9 \cdot 10^4$ Н/м² (4 кг/см²), яке переміщує поршень 13 разом зі шток-рейкою 2 вправо. Губка 7 з'єднана із шток-рейкою через півкруглий виступ, тому вона рухається разом із нею.

На кінці шток-рейки 2 розташовані зубці, які постійно зачеплені з проміжною шестернею 3. Вона, у свою чергу, передає обертання рейці 4, закріпленій на салазках 5. При русі шток-рейки вправо шестерня обертається проти годинникової стрілки, а салазки 5 переміщуються вліво — назустріч губці 7. Обидві губки рухаються симетрично, а їхнє зближення відбувається вдвічі швидше, ніж переміщення поршня.

Для звільнення деталі подається стиснене повітря в отвір «У» корпусу лещат 1. Під його дією поршень 13 зі шток-рейкою 2 зміщується вліво, внаслідок чого губки розходяться.

Ущільнення поршня 13 в циліндрі 11 забезпечується гумовими кільцями 19 круглого перерізу та сальником 12, просоченим графітом. Шток-рейка також ущільнена в корпусі за допомогою двох гумових кілець 20 круглого перерізу.

Лещата фіксуються на столі верстака або верстата за допомогою чотирьох болтів М12.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

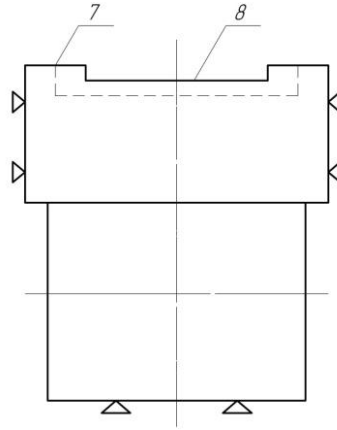


Рис. 3.1 – Схема закріплення заготовки (сухар) в лещатах пневматичних
Позиціями 7, 8, показані оброблювані поверхні.

3.2 Пристрій для контролю співвісності

Контрольний пристрій для перевірки співвісності отворів Ø35 складається з основної плити 1, до якої за допомогою болтів закріплені стійки 3. На цих стійках встановлюються два індикатори 16, які використовуються для вимірювання відхилень від співвісності.

Базування деталі в пристрої здійснюється за допомогою пальців 11 і 12, які жорстко закріплені на плиті 1. Ці пальці слугують опорними елементами, що забезпечують точне встановлення корпусу під час контролю.

3.3 Розрахунок спеціального ріжучого інструменту

Вихідні дані:

- тип фрези – фреза торцева;
- ширина фрезерування $B = 180$ мм;
- припуск $t = 4$ мм;
- оброблюваний матеріал – сірий чавун марки СЧ20.

Послідовність розрахунків:

1. Зовнішній діаметр фрези

$$D = 0,2 \cdot B^{0,26} \cdot t^{0,09} \cdot S_z^{0,06} \cdot l^{0,78} \cdot y^{-0,26}$$

$$D = 0,2 \cdot 180^{0,26} \cdot 4^{0,09} \cdot 0,15^{0,06} \cdot 240^{0,78} \cdot 0,4^{-0,26} = 280,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення $D = 280$ мм.

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

2. Діаметр приєднувальної частини

$$d = \frac{D}{2,5} = 25,2 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартне значення $d = 27 \text{ мм.}$

3. Розраховуємо кількість зубів

$$Z = \frac{360^{\circ} \cdot \xi}{\psi^{\circ}},$$

де $\psi = \arccos\left(1 - \frac{2 \cdot t}{D}\right) = \arccos\left(1 - \frac{2 \cdot 4}{63}\right) = 29,2^{\circ}$ тоді

$$Z = \frac{360^{\circ} \cdot 2}{29,2^{\circ}} = 24,7$$

Округлюємо до цілого парного числа $Z = 24$.

4. Кут нахилу зубів

$$\omega = \text{arcctg} \frac{B \cdot Z}{\pi \cdot D \cdot \xi_1} = \text{arcctg} \frac{100 \cdot 24}{3,14 \cdot 63 \cdot 3} = 19,5^{\circ}$$

5. Форма зуба та його параметри

- призначаємо зуб з заокругленою спинкою;
- крок по колу $t_{\text{по колу}} = \frac{\pi \cdot D}{Z} = \frac{3,14 \cdot 63}{24} = 8,24 \text{ мм};$
- кут кроку $\varepsilon = \frac{360^{\circ}}{Z} = \frac{360^{\circ}}{24} = 15^{\circ};$
- висота зуба $h = 8,24 \cdot 0,45 = 3,7 \text{ мм};$
- радіус заокруглення $r = 3,7 \cdot 0,4 = 1,5 \text{ мм};$
- радіус дуги кола $R = 63 \cdot 0,4 = 25,2 \text{ мм}$

6. Довжина фрези.

Відповідно до стандартного ряду та залежно від діаметру фрезерування призначаємо $L = 85 \text{ мм.}$

7. Довжина приєднувальної частини та діаметр виточки:

- довжина приєднувальної частини $l = 0,22 \cdot L + 1 = 28,5 \text{ мм.}$

Округлимо до 29 мм;

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

- діаметр виточки $d_1 = d + 2 = 27 + 2 = 29$ мм.

8. Геометрія зуба

- задній кут $\alpha = 16^\circ$

- передній кут $\gamma = 10^\circ$

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

4. ПРОЕКТУВАННЯ МЕХАНІЧНОЇ ДІЛЬНИЦІ

4.1 Уточнення типу виробництва

Тип виробництва визначається на основі коефіцієнта закріплення операцій, який розраховується як відношення кількості усіх різновидів технологічних операцій, виконаних або запланованих до виконання протягом місяця, до кількості наявних робочих місць.

Таблиця 4.1- Вихідні дані для розрахунку K_{zo} .

№ опер	Назва операції	Норма часу $T_{ум}$, хв	m_p	P	η_ϕ	O
005	Горизонтально-фрезерна	2,73	0,62	1	0,62	1,29
010	Вертикально-фрезерна	1,99	0,49	1	0,49	1,63
015	Вертикально-свердлильна	1,68	0,42	1	0,42	1,9
020	Горизонтально-фрезерна	4,02	1,05	2	0,52	1,53
025	Горизонтально-розточувальна	2,52	0,59	1	0,59	1,52
030	Агрегатно-свердлильна	1,77	0,48	1	0,48	1,71

- знаходимо коефіцієнт закріплення операцій

$$K_{zo} = \frac{\sum O}{\sum P} = \frac{9,52}{7} = 1,39.$$

									Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ				

$$P_c = \frac{7 \times 4015 \times 0,8}{1860 \times 1,5} = 8,96 \approx 9 \text{чол.}$$

Приймаємо 9 чоловік.

Таблиця 4.2 – Відомість складу працюючих механічного відділення

Категорії працюючих	Спосіб визначення	Процентне відношення	Кількість
1	2	3	4
1. Виробничі робітники а) верстатники б) слюсарі	% від верстат. 1а+1б	3	9
Всього виробничих робітників			10
2. Допоміжні робітники	% від виробн.	20	1
3. Молодший обслуговуючий персонал (МОП)	% від виробн.	3	1
4. Інженерно-технічні працівники	% від виробн.	10	1
5. Лічильно-контрський персонал	% від виробн.	4...5	1
Всього працюючих			14

4.1.3 Розрахунок виробничої площі дільниці

Приблизна площа дільниці розраховується по питомій площі, що припадає на один верстат. Так як на дільниці 7 верстатів то

$$S_{\text{дільниці}} = 7 \times 26 = 182 \text{ м}^2,$$

26 м² – питома площа, що припадає на один верстат і вибирається по нормах технологічного проектування.

Для обслуговування дільниці в заточному відділенні повинні бути наявні:

- універсальний заточний верстат;
- заточний верстат для заточки свердел.

Кількість контрольних пунктів залежить від кількості виробничих робітників. Для великосерійного виробництва кількість контролерів рівна 6% від кількості виробничих робітників:

$$D_e = 0,065 \times 10 = 0,65 = 1 \text{÷} \ddot{e}.$$

Розміри контрольних пунктів приймаємо рівними 2×2 м.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Площа контрольних пунктів:

$$S_K = P_K \cdot S,$$

$$S_K = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}^2,$$

Площа інструментально-роздаточної кладової визначається:

$$S_{D^2} = 0,3 \times S_{\text{газ}} = 0,3 \times 182 = 54 \text{ м}^2.$$

Площа допоміжної кладової:

$$S_{\text{дн}} = 0,2 \cdot S_{\text{газ}} = 0,2 \cdot 182 = 36 \text{ м}^2$$

Площа кладової інструментального оснащення:

$$S_{\text{кю}} = 0,4 \cdot S_{\text{газ}} = 0,4 \cdot 182 = 72 \text{ м}^2$$

Адміністративно-побутові приміщення.

Площу цих приміщень укрупнено визначаємо за формулою:

$$S_{\text{АПП}} = f \cdot n,$$

де, f – питома площа на одного працюючого, м²/чол.;

n – кількість працюючих, чол..

$$S_{\text{АПП}} = 4,0 \cdot 14 = 56 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $S_{\text{АПП}} = 56 \text{ м}^2$.

4.1.4 Розробка технічного планування ділянки

Вибір типу виробничої будівлі здійснюється згідно з рекомендаціями [8]. Для даного виробництва обирається одноповерхова будівля з повним каркасом. У такій споруді вертикальні несучі елементи представлені колонами, тоді як зовнішні стіни виконують лише огорожувальну функцію.

Будівля складається з уніфікованих типових секцій зі сіткою колон розміром 18×12 м². Пристінні ряди колон розташовані з кроком 6 м. Висота прольотів з підвісним транспортом вантажопідйомністю до 5 тонн становить 7,2 м.

Основні елементи каркасу одноповерхової будівлі включають фундаменти, колони, а також стропильні та підстропильні конструкції. Крайні колони є

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

головними несучими елементами, які сприймають навантаження від конструкцій перекриття.

Покрівельні конструкції складаються зі стропильних і підстропильних ферм. Стропильні ферми перекривають проліт та слугують опорою для покрівельного настилу. Підстропильні ферми розташовані з кроком 12 м та забезпечують проміжні опори для стропильних ферм із кроком 6 м. Для скатної покрівлі застосовуються уніфіковані залізобетонні стропильні ферми.

Зовнішні стіни виконані із залізобетонних панелей висотою 1,8 м, довжиною 6 або 12 м та товщиною 0,4 м. Для природного освітлення і вентиляції в покрівлю інтегровані повздовжні світлоаераційні ліхтарі. Несучі елементи ліхтарів виготовляються зі сталі, при цьому їх розміри становлять: ширина — 6 м, висота — 2410 мм (для прольоту 18 м). Несучий настил виконується з уніфікованих залізобетонних ребристих плит розміром 3×6 м, з висотою ребер 0,3 м.

План розміщення обладнання виконується на компоновальному плані в масштабі 1:100. Обладнання розташовується відповідно до маршруту технологічного процесу, з уникненням зворотних переміщень. Відстані між верстатами, ширина проїздів та відстань до них обираються згідно з нормативними таблицями. На плані також вказується розміщення робочих місць.

4.1.5 Основні техніко-економічні показники дільниці

Річну потребу силової і технологічної енергії визначаємо за формулою:

$$E_{\text{сил}} = \frac{M_{\text{уст}} \times \Phi_{\text{зоб}} \times K_m \times K_m \times K_c}{\text{ККД}},$$

$M_{\text{уст}}$ – сумарна встановлена потужність обладнання; $M_{\text{уст}} = 128$ кВт;

$\Phi_{\text{зоб}}$ – дійсний річний фонд часу роботи обладнання; $\Phi_{\text{зоб}} = 4015$ год.;

K_m – коефіцієнт завантаження електроприводів; $K_m = 0,55$;

K_c – коефіцієнт, що враховує втрати електроенергії; $K_c = 0,51$;

K_m – коефіцієнт завантаження обладнання по часу; $K_m = 0,46$;

										Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	047Б-25.00.00.00.000 ПЗ					

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Санітарно-гігієнічна характеристика умов праці на дільниці

Однією з ключових умов для забезпечення нормальної та високопродуктивної праці є підтримання чистоти повітря і створення оптимальних метеорологічних умов у виробничих приміщеннях.

Для проектованої дільниці механічної обробки деталі "сухар" враховуються вимоги Наказу Міністерства охорони здоров'я України від 23.02.2000 № 30 «Про затвердження гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих речовин у повітрі робочої зони» (список № 4).

На основі цього нормативного документу, а також враховуючи, що роботи відносяться до категорії середньої важкості, у виробничому приміщенні мають бути забезпечені наступні оптимальні та допустимі метеорологічні умови:

Оптимальні параметри мікроклімату:

- Температура повітря: 18–22 °С
- Відносна вологість: 40–60 %
- Швидкість руху повітря: до 0,3 м/с

Допустимі параметри:

- Температура: до 26 °С
- Вологість: до 70 %
- Швидкість руху повітря: до 0,5 м/с

Встановлення відповідної системи вентиляції та кондиціонування, а також регулярний моніторинг повітряного середовища дозволять підтримувати ці умови на належному рівні, забезпечуючи комфорт та безпеку працівників.

Нормалізація метеорологічних умов на дільниці. Для забезпечення сприятливих метеорологічних умов у зоні постійного перебування працівників передбачено ряд технічних і організаційних заходів.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Основні заходи нормалізації метеорологічних умов:

1. Вентиляція — основний засіб для очищення повітря та підтримання нормальних метеорологічних умов у робочій зоні. На ділянці застосовується:
 - Природна вентиляція (через аераційні ліхтарі);
 - Механічна витяжна вентиляція (місцева витяжка від джерел шкідливих викидів).
2. Підтримання оптимальної температури на робочому місці досягається шляхом:
 - недопущення перегріву робочої зони (наприклад, шляхом ефективного відведення тепла при використанні ЗОР);
 - локального відведення надлишкового тепла від місць обробки;
 - теплоізоляції поверхонь, які нагріваються;
 - використання опалювальних систем у холодну пору року.
3. Підтримання оптимальної вологості повітря здійснюється за допомогою:
 - зволожувачів повітря у випадку недостатньої відносної вологості;
 - вентиляційного повітрообміну.

Типи вентиляції, які використовуються:

1. Природна вентиляція:
 - Здійснюється за рахунок теплового напору (різниці температур зовні та всередині приміщення) або дії вітрового напору.
 - Застосовується через аераційні ліхтарі у покрівлі будівлі.
2. Місцева механічна вентиляція: Використовується для локального видалення шкідливих речовин (пари ЗОР, пил, стружка) безпосередньо від джерела утворення.

Принцип дії аерації:

Аерація — це організована загальнообмінна вентиляція, яка найбільш ефективна у цехах холодної обробки, де виділення тепла дозволяє створити тепловий напір. Повітря надходить у зони I–II (нижче площини рівних тисків) — в області з найменшими виділеннями тепла, вологи й забруднень, і

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

видаляється з зони III — області з надлишковим тиском (вище площини рівних тисків).

Схема аерації наведена на рис. 5.1

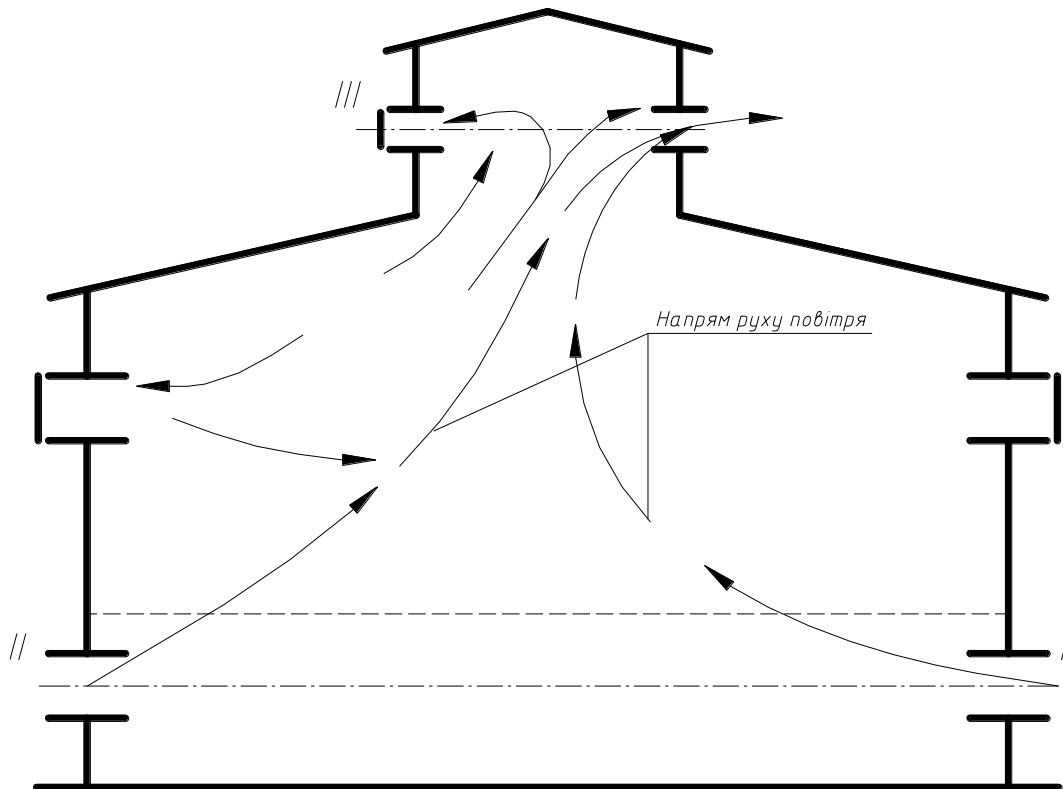


Рис. 5.1 - Схема аерації

Метеорологічні умови в холодний період року

У зимовий період підтримання комфортних умов праці на ділянці забезпечується комплексом інженерних рішень:

1. Природна вентиляція в зимовий період. Подача зовнішнього повітря здійснюється через верхні яруси віконних прорізів. Завдяки цьому холодне повітря, яке опускається донизу, встигає прогрітись, не створюючи різких перепадів температури в робочій зоні.

2. Неорганізована вентиляція. В окремих випадках може спостерігатися витіснення теплого повітря холодним через вікна й двері. Такий тип повітрообміну менш ефективний і враховується як додатковий фактор втрати тепла.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

3. Місцева вентиляція. Використовується для видалення пилу, парів емульсій та інших шкідливих речовин безпосередньо із зони робочого місця. Це дозволяє локалізувати забруднення та запобігти їх поширенню в приміщенні.

4. Опалення. Основний засіб підтримки комфортної температури на ділянці в холодну пору. Його завдання:

- Компенсація тепловтрат через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері);
- Нагрівання зовнішнього повітря, що потрапляє всередину.

5. Повітряні теплові завіси. Для запобігання утворенню протягів і втратам тепла через входні двері, встановлюються повітряні теплові завіси. Вони перешкоджають проникненню холодного повітря у приміщення.

6. Пиловловлюючі пристрої. На обладнанні, де утворюється велика кількість дрібного пилу (наприклад, круглошліфувальний верстат), використовуються пилезахисні кожухи, що зменшують пилоутворення в повітрі робочої зони.

7. Зволоження повітря. Для підтримання оптимальної відносної вологості застосовуються зволожувачі повітря. Вони:

- забезпечують нормальну вологість у приміщенні;
- влітку можуть використовуватись як охолоджувачі повітря, покращуючи мікроклімат.

5.2 Засоби, які забезпечують безпечні умови роботи на проектованій ділянці

Забезпечення здорових і безпечних умов праці. Забезпечення безпечних та здорових умов праці є однією з головних функцій адміністрації підприємства. Згідно з чинним законодавством, саме роботодавець зобов'язаний впроваджувати сучасні технічні засоби безпеки, які дозволяють запобігати травматизму та професійним захворюванням.

Засоби захисту працівників. Засоби захисту поділяються на:

- Засоби колективного захисту (ЗКЗ);

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

Використовувані засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). Для створення безпечних умов праці на ділянці використовуються такі засоби захисту:

1. Респіратори — для захисту органів дихання від шкідливих парів та пилу;
2. Спецодяг (комбінезони, халати) — захист тіла від механічних пошкоджень та бруду;
3. Рукавиці — захист рук при роботі з верстатами та гарячими поверхнями;
4. Каски — захист голови від можливих ударів чи падіння предметів;
5. Протишумні навушники — захист слуху від підвищеного шуму;
6. Захисні окуляри — захист очей від стружки, пилу та інфрачервоного випромінювання;
7. Скляні щитки — використовуються при роботі з верстатами, які утворюють іскри або стружку;
8. Окуляри із жовто-зеленими світлофільтрами — при виконанні газозварювальних робіт;
9. Захисні маски — для захисту обличчя;
10. Діелектричні килимки — для безпеки при роботі з електрообладнанням.

Захист шкіри. Для захисту шкіри працівників від дії змащувально-охолоджувальних рідин (ЗОР), пилу та токсичних речовин застосовуються дерматологічні засоби: профілактичні пасти; захисні мазі; біологічні «рукавиці» (захисні плівкоутворювальні креми).

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

У кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки деталі сухар 00.050.

У загальній частині проаналізовано службове призначення деталі та технічні умови її виготовлення. Проведено обґрунтування вибору методу отримання заготовки та способу обробки поверхонь.

У технологічній частині виконано аналіз технологічності конструкції, визначено бази, допуски, технологічні розміри та розраховано припуски на обробку. Розроблено режими різання, підібрано необхідне обладнання та технологічне оснащення.

У конструкторській частині спроектовано верстатний пристрій, пристрій для контролю геометричних параметрів, а також розроблено план механічної ділянки. Розраховано основні техніко-економічні показники виробництва.

У розділі «Охорона праці» проаналізовано санітарно-гігієнічні умови на ділянці та розглянуто засоби, що забезпечують безпечні та комфортні умови праці на проєктованій ділянці.

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		

10. Zabolotnyi, O., Bozhko, T., Halchuk, T., Zaleta, O., Cagáňová, D. (2022). Investigation of the Surface Layer Hardness When Grinding Sintered Porous Workpieces. In: Ivanov, V., Trojanowska, J., Pavlenko, I., Rauch, E., Peraković, D. (eds) Advances in Design, Simulation and Manufacturing V. DSMIE 2022. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham / URL: https://doi.org/10.1007/978-3-031-06025-0_35

					047Б-25.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата		