

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Технологічні особливості виробництва циліндра вовчка для подрібнення м'яса за умов автоматизованого виробництва»

КРБ.133ГМбд\_21[1].01.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання*  
*сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве*  
*машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_21[1]  
БЕЗГОДЬКО Володимир

Керівник: докт. техн. наук, доцент  
ВЕТОХІН Володимир

**Полтава – 2024 року**

## ВСТУП

Як відомо, вовчок призначений для попередньої операції подрібнення м'ясної сировини, м'ясних продуктів під час виготовлення ковбасних виробів.

Обладнання даного типу характеризується значним рівнем продуктивності, конструктивною простотою пристроїв подрібнення та живлення, зручністю обслуговування та експлуатації, є надійними. Можливе використання у складі потокової технологічної лінії.

Саме тому розробка та удосконалення деталей машин та обладнання переробної галузі є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме циліндр, є складовою частиною вовчка, що призначений для переробки сировини тваринного походження.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вовчок для подрібнення м'яса, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення циліндра, що входить до його складу.

Для вирішення поставленої мети необхідно розв'язати наступні **задачі**:

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом, а також табличним методом;

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу, розрахувати слабку ланку на міцність;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та захисту довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній кваліфікаційній роботі на розгляд виноситься вовчок для безперервного подрібнення м'яса та м'ясопродуктів під час виробництва фаршу, ковбасних та інших м'ясних виробів (рисунок 1.1). Температура сировини, що надходить до вовчка, повинна бути не менше ніж 1°C (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вовчка

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

Вовчок складається з наступних основних частин: станини зварної конструкції, на якій розташовані всі механізми та приводи; загрузочної чаші зварної конструкції для отримання подрібненої сировини; механізму подачі подрібненої сировини до ріжучого механізму, до складу якого входять робочий шнек, допоміжний шнек для подачі сировини до робочого шнека та робочий циліндр;

механізму ріжучого, що складається з ножів (встановлені на хвостовику робочого шнека та ножових решіток).

Рисунок 1.1 – Вовчок для безперервного подрібнення тваринницької сировини:  
1 – підпора; 2 – мотор-редуктор; 3 – пост керування; 4 – гільза; 5 – щиток задній;  
6 – корпус; 7 – шнек допоміжний; 8 – чаша завантажувальна; 9 – циліндр;  
10 – шнек робочий; 11 – корпус шнеків; 12 – гільза; 13 – гайка;  
14-16 – решітка; 17 – болт; 18 – шків; 19 – прокладка; 20 – пробка;  
21 – вісь; 22 – шпилька; 23 – плець; 24 – ніж; 25, 26 – гайка; 27 – хвостовик шнека;  
28-32 – болт; 33-34 – гайка; 35 – гвинт; 36 – пас; 37, 38 – шайба

Принцип роботи вовчка полягає у подачі м'яса до завантажувальної чаші вовчка. Звідти сировина захоплюється допоміжним та робочим шнеками, подається в зону ріжучого механізму, де подрібнюється до заданого ступеня.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є циліндр (рисунок 1.2).

### Рисунок 1.2 – Циліндр

Деталь «Циліндр» призначена для спрямовування сировини у зону дії робочого шнека. Циліндр має комбіновану форму (конус переходить у циліндр) та відноситься до класу «порожністі циліндри». Для виготовлення даної деталі використовують сирій чавун марки СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019.

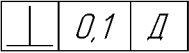
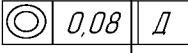
### **1.2 Аналіз параметрів точності**

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Циліндр» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності циліндра, аркуш 1

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності циліндра, аркуш 2

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Циліндр»

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra, мкм
				Форми	Розміщення	
1, 2	Торець					
3	Різьба					
4	Циліндрична					
5	Отвір циліндричний					

Продовження таблиці 1.2

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra, мкм
				Форми	Розміщення	
6	Отвір циліндричний					
7	Отвір конічний					
8	Циліндрична					
9	Отвір					
10	Площина					
11	Площина					
12	Циліндрична					
13	Отвір					
14	Отвір					
15	Шпоночний паз					
16	Шпоночний паз					

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір мають поверхні 6 та 7 (циліндричні). Найнижча шорсткість  $R_a2,5$  мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного підприємства.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Циліндр виготовлено із сірого чавуну СЧ20 за ДСТУ 8833:2019. Сірі чавуни утворюються тільки при малих швидкостях охолодження у вузькому інтервалі температур, коли малий ступінь переохолодження рідкої фази. У цих умовах весь вуглець або його велика частина графітується у вигляді пластинчастого графіту, а вміст вуглецю у вигляді цементиту складає не більш 0,8 %. У сірих чавунів хороші технологічні властивості, що визначає широке застосування їх як конструкційного матеріалу [24, 37].

Даний матеріал вибраний для виготовлення деталі «Циліндр» у зв'язку із тим, що:

- деталь при великих габаритах має порожнисту форму та досить складну як зовнішню так і внутрішню;
- відносно силових навантажень, необхідно відмітити, що використання чавуну забезпечує відсутність перевищення характеристик міцності;
- виконання всіх рельєфних показників найбільш економічно забезпечується при застосуванні литва.

Хімічний склад базового матеріалу та його можливої заміни та механічні властивості наводимо у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Матеріал	С,%	Mn,%	Si,%	P,%	S,%	Cr,%	Ni,%	HB
				Не більше				
СЧ20	3,0...3,3	0,8...1,2	1,3...1,7	0,3	0,15	0,3	0,5	220...240
СЧ25	3,2...3,4	0,7...1,0	1,1...2,2	0,2	0,15	0,3	0,5	220...240

## 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вовчка у кількості 320 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

$$N_{зан} = (N_{вин} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (1.1)$$

де  $N_{вин}$  – річна програма випуску виробів, шт.;

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{бр}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути. Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (320 + 0,04 \cdot 320) \cdot (1 + 0,025) = 341(\text{шт.}).$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція вовчка відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам. У даному виробі широко застосовуються стандартні вироби, але основна частина деталей виготовляється безпосередньо для даного вузла.

Вовчок технологічний з нижче вказаних причин:

- при складанні відсутня необхідність запроваджувати повузловий метод складання з послідуочим вивірянням взаємного положення;
- розмірний ланцюг послідовно контактуючих деталей не потребує контролю;
- зазор між шнеком складає та циліндром складає 0,5...0,8 мм, який при експлуатації має достатню величину, щоб уникнути контакту між шнеком і циліндром. У разі виникнення контакту за рахунок швидкої зміни хвостовика шнека позиції 27 зазор відновлюється до необхідної величини.

Вузол має у своєму складі багато стандартних та уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт стандартизації:

$$Cm = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{cm}$  – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{14}{41} = 0,34.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$U = \frac{N_{yn}}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей;

$N_{ун}$  – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{27}{41} = 0,66.$$

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться із метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість нестандартизованих та унікальних трудомістких деталей [23].

Отже конструкція даного вузла вважається технологічною та придатною для виготовлення, застосування та експлуатації.

Технологічність конструкції циліндра суттєво впливає на технологічність процесу виготовлення даної деталі. Ця деталь повністю відпрацьована для виготовлення в умовах серійного виробництва, оскільки витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невисокі з економією матеріалу. Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність циліндра

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Чи є зручні бази?	Так, технологічно.	При обробці зовнішньої поверхні та внутрішньої – встановлення в трикулачковому патроні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Чи можна використовувати прості установчі елементи?	Так, технологічно.	Конструкція деталі дозволяє використовувати прості механічні пристосування
3	Чи треба ввести нові ребра жорсткості?	Ні, технологічно.	-
4	Чи є глухі отвори?	Ні, технологічно.	-
5	Чи більша глибина отворів за $8d$ ?	Ні, технологічно.	-
6	Чи можлива багатошпindelна або багато інструментальна обробка?	Так, технологічно.	-
7	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Так, технологічно.	-
8	Чи є кільцеві канавки в отворах?	Ні, технологічно.	-
9	Чи необхідні для обробки розточувальні інструменти довжиною $l > (5 \dots 6)d_{\text{отв}}$ ?	Ні, технологічно.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10	Яка точність заготовок для їх обробки на верстатах з ЧПК ?	-	Точність заготовки за 16 квалітетом

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Даний вузол повинен виготовлятися за умов серійного виробництва, тому діючі технологічні процеси мають свою специфіку. Сюди відноситься і застосування універсального обладнання, і верстатів із ЧПК.

При аналізі діючого процесу видно, що він розроблений раціонально і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для одиничного типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на одиничний тип, так як при одиничному типі великі витрати на переналагоджування на інший асортимент виробництва, а тому основною задачею роботи є перехід на серійний тип виробництва.

Обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. Необхідно замінити у найбільш об'ємній операції верстати на обладнання із ЧПК. Це зменшить час на обробку деталей.

Крім того, при сьогоденній нестабільності у економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.3)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$n$  – число ступенів обробки;

$T_3, T_D, T_i$  – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5 \dots 2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки циліндра

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість $R_a$ за кресленням	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	1400	6,3	3600	16	2,57	1.	Точіння чорнове	15	2300	1,57	2,57
								Точіння чистове	14	1400	1,64	
2	14	1400	6,3	3600	16	2,57	1.	Точіння чорнове	15	2300	1,57	2,57
								Точіння чистове	14	1400	1,64	
3	8e	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	8e	-	-	-
4	14	1400	6,3	3600	16	2,57	1.	Точіння чорнове	14	1400	2,57	2,57
5	9	100	3,2	2500	16	25	1.	Розточування чорнове	14	1000	2,5	2,5
								Розточування чистове	9	100	10	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	9	100	3,2	2500	16	25	1.	Розточування	14	1000	2,5	2,5
								чорнове				
7	12	460	3,2	2900	16	6,3	1.	Розточув.	14	1150	2,52	6,3
								чорнове				
8	14	1000	12,5	2500	16	2,5	1.	Розточув.	9	100	10	2,5
								чистове				
9	14	210	-	-	-	-	1.	Точіння	15	1600	1,56	2,5
								чорнове				
10	14	620	3,2	1600	16	2,6	1.	Точіння	14	1000	1,6	2,5
								чистове				
11	14	210	-	-	-	-	1.	Свердління	14	210	-	-
12	14	620	3,2	1600	16	2,6	1.	Фрезерув.	15	1600	1,56	2,5
								чорнове				
13	14	430	6,3	-	-	-	1.	Фрезерув.	14	1000	1,6	2,5
								чистове				
14	14	210	-	-	-	-	1.	Фрезерування	14	620	2,5	2,5
15	11	290	3,2	2900	16	10	1.	Точіння	13	720	4,03	10
								чорнове				
16	14	520	12,5	-	-	-	1.	Точіння	11	290	2,48	10
								чистове				
17	14	430	6,3	-	-	-	1.	Свердління	14	430	-	-
18	14	520	12,5	-	-	-	1.	Свердління	14	520	-	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	14	430	3,2	-	-	-	1.	Довбаня	14	430	-	-
16	14	430	3,2	-	-	-	1.	Довбаня	14	430	-	-

#### 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки циліндра

№ операції	Зміст операції	Обладнання
1	2	3


## 2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 96b12 \begin{matrix} (-0,22) \\ (-0,57) \end{matrix}$  мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мікронерівностей, мкм;

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

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.6)$$

де  $\delta_{\text{заг.}}$ ,  $\delta_{\text{дет.}}$  – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4, а графічне зображення розмірів – рисунок 2.1

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_{Дz} \quad (2.7)$$

$$7220-5570=2000-350;$$

$$1650=1650.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Отримані результати по усіх поверхнях заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 96_{b12}$  мм

Технологічний перехід	Величина, що визначається, мкм				$2Z_{\min}$ , мкм	$d_p$ , мм	Допуск на розмір, $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мкм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$H$	$\rho$	$\varepsilon_y$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка											
Точіння чорнове											
Точіння напівчистове											
Точіння чистове											
Сума										5570	7220

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні Ø96b12 мм

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ , мкм
1	2	3	4
1	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,5
2	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,5
3	Різьба	Нарізання різьби	4,5
4	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
5	Отвір циліндричний	Розточування чорнове	2,5
		Розточування чистове	0,5
6	Отвір циліндричний	Розточування чорнове	4,5
		Розточування чистове	1

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
7	Отвір конічний	Розточування чорнове	2
		Розточування чистове	1
8	Циліндрична	Точіння чорнове	6,5
		Точіння чистове	2
9	Отвір	Свердління	11
10	Площина	Фрезерування чорнове	2,3
11	Площина	Фрезерування чорнове	4
12	Циліндрична	Точіння чорнове	3
		Точіння чистове	0,5
13	Отвір	Свердління	5
14	Отвір	Свердління	10
15	Шпоночний паз	Довбання	9
16	Шпоночний паз	Довбання	9

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки циліндра вовчка розробляємо конструкцію затискного пристосування для операції фрезерної обробки на верстаті моделі 6М12П (вертикально-фрезерний), керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається з таких основних елементів:

- корпус 3, який являє собою зварну конструкцію з основи, вертикальної плити та двох косинок;

- пневмопривід, в склад якого входить тяга 1, гайка 21, швидкозмінна шайба 25, гайка 6, вилка 7, перехідник 8, пневмоциліндр 9, серга 10 та вушко 11, яке кріпиться до основи корпусу. 3.

Принцип роботи пристосування наступний: при встановленні деталі орієнтують деталі у вертикальній та горизонтальній площинах за допомогою встановлювального диску 4, що кріпиться до вертикальної плити 3 трьома болтами 17. Точне орієнтування встановлювального диску за площинами виконується за рахунок посадки  $\phi 58H7/k6$ . Гільза 2, що контактує з встановлювальним диском 4 та вертикальною плитою 3 виконує роль фіксування втулки 12, яка в свою чергу за допомогою встановленої на ній шпонці 27 орієнтує оброблювальну деталь. Тобто фіксує її від провертання Сама втулка від провертання фіксується за допомогою шпонки 28, яка встановлена на гільзі 2. Притискання деталі до площини А виконується за допомогою пневмоприводу. Для виконання умов затискання в нижню порожнину циліндра подається стиснуте повітря, під дією якого поршень та шток піднімаються вгору, передаючи зусилля через елементи приводу перехідник 8 та вилку 7 на гайку 6. У свою чергу гайка 6 під дією зусилля обертається і затягує тягу 1, яка через гайку 21, швидкозмінну шайбу 27 та втулку 12 притискає деталь до встановлювального диску 4. Після виконання фрезерної операції 025 стиснуте повітря подається у верхню порожнину циліндра, після чого виконується зворотній рух механізму затискання. Для зняття деталі знімається швидкозмінна шайба 25 та втулка 12.

### **3.2 Розрахунок зусилля затиску**

Під час визначення зусилля затиску використовуємо літературні джерела [12, 36, 38, 39].

Конструкція затискного пристосування жорстко фіксує заготовку по всім трьом осям, тому розрахунок пристосування зводиться до розрахунку слабкої ланки. Слабкою ланкою даного пристосування є різьба під гайкою 21. Для цього розрахунку приймемо

$$W = 1,8 \cdot P_z, \quad (3.1)$$

де  $P_z$  – основна складова сили різання при фрезеруванні, Н.

На даній операції максимальна сила різання  $P_z$  при фрезеруванні деталі, що визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K_p, \quad (3.2)$$

де  $t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/зуб;

$B$  – ширина фрезерування, мм;

$z$  – кількість зубів фрези;

$D$  – діаметр фрези;

$n$  – частота обертання фрези;

$K_p$  – загальний поправковий коефіцієнт.

$C_p, x, z, u, \omega$  – коефіцієнт та показники ступеня, обираємо з таблиць довідників.

Визначаємо силу різання:

$$P_z = \frac{10 \cdot 54,5 \cdot 4,6^{0,9} \cdot 0,29^{0,74} \cdot 25^{1,0} \cdot 10}{100^1 \cdot 250^0} = 2152,7 \text{ (Н)}.$$

Отже, сила затиску:

$$W = 1,8 \cdot 2152,7 = 3874,9 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра.

Для даного пристосування можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.3)$$

де  $i$  – передавальне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування  $i=1$ .

З урахуванням цього зусилля  $Q = W = 3874,9$  (Н).

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4} \cdot \eta, \quad (3.4)$$

з цієї формули визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (3.5)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$\eta = 0,9$  – ККД пневмоциліндра;

$p = 0,6$  МПа – тиск, що подається у пневмоциліндр.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 3874,9}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 95,6 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 100$  мм.

### 3.4 Розрахунок слабкої ланки

Розрахунок слабкої ланки зводиться до визначення найбільшого можливого діаметра штока. Для цього розрахуємо момент у різьбі за формулою:

$$M_p = W \cdot \frac{d_2}{2} \operatorname{tg} \psi \quad (3.6)$$

$$M_p = 3874,9 \cdot \frac{11,188 \cdot 10^{-3}}{2} \operatorname{tg} 2^{\circ} 30' = 0,95 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Після цього розрахуємо зусилля, яке надає шток на гайку 6 за формулою:

$$W_{\text{ш}} = \frac{M_p}{h}, \quad (3.7)$$

де  $h$  – плече, 0,05 м.

$$W_{\text{ш}} = \frac{0,95}{0,05} = 19 \text{ (Н)}.$$

Розрахуємо площу штока:

$$S = \frac{W_{\text{ш}}}{P} \quad (3.8)$$

де  $P = 0,6$  МПа.

$$S = \frac{19}{0,6 \cdot 10^6} = 31,6 \cdot 10^{-6} \text{ (м)}.$$

Знаючи площу штока знайдемо діаметр штока:

$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} \quad (3.9)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 31,6 \cdot 10^{-6}}{3,14}} = 0,006 \text{ (м)} = 6 \text{ (мм)}.$$

Отже, діаметр штока повинен становити 6 мм.

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки циліндра вовчка для подрібнення м'яса: литво у кокіль та литво в піщано-глинясті форми [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом у піщано-глиняні форми:

$$Q_{заг} = \frac{Q_{\partial}}{k_i}, \quad (4.1)$$

де  $Q_{\partial}$  – маса деталі, кг ( $Q_{\partial} = 21$  кг);

$k_i$  – коефіцієнт використання матеріалу ( $k_i = 0,6$  – при литві у піщано-глиняні форми,  $k_i = 0,7$  – при литві у кокіль).

$$Q_{заг} = \frac{21}{0,6} = 35 \text{ кг}.$$

При отриманні деталі литвом у кокіль, маса заготовки буде становити:

$$Q_{заг} = \frac{Q_{\partial}}{k_i} = \frac{21}{0,7} = 30 \text{ кг}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість литої заготовки [5, 30, 49]:

$$C_B = 0,001 [C_{\partial B} \cdot Q_{заг} \cdot K_{ТВ} \cdot K_{СВ} \cdot K_{МВ} \cdot K_{ПМВ} \cdot K_{СТ} - (Q_{заг} - Q_{дет}) C_{ВХ}], \quad (4.2)$$

де  $Q_{\text{заг}}$  – маса заготовки;

$C_{\text{об}}$  – базова вартість 1 т заготовок,  $C_{\text{об}}=84000$  грн. [1];

$C_{\text{вх}}$  – вартість 1 т відходів,  $C_{\text{вх}}=15000$  грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності:  $K_{\text{ТВ}}=1,32$ ;

б) залежно від маси виливка:  $K_{\text{ПМВ}}=1,0$ ;

в) залежно від групи складності:  $K_{\text{СВ}}=0,81$ ;

г) залежно від матеріалу:  $K_{\text{МВ}}=1,15$ ;

д) залежно від відносного потоншення основних стінок:  $K_{\text{СТ}}=1,05$ .

Визначаємо собівартість при литві у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в}}=0,001(84000 \cdot 35 \cdot 1,32 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 1,15 \cdot 1,05 - (35 - 21) \cdot 15000) = 3586 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість при литві в кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(84000 \cdot 30 \cdot 1,32 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 1,15 \cdot 1,05 - (30 - 21) \cdot 15000) = 3118 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво в кокіль. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (3586 - 3118) \cdot 320 = 149760 \text{ грн.}$$

Остаточно приймаємо спосіб виготовлення виливка деталі – литво в кокіль.

## 4.2 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця

Штучне освітлення призначається для освітлення робочих поверхонь в темний час доби, або при недостатньому їх освітленні. Розрахунок місцевого освітлення робочого місця робітника механічного цеху проводимо точковим методом [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

У загальному випадку світловий потік лампи дорівнює:

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot E_{н} \cdot k}{\mu \cdot \sum e_i \cdot \psi_i}, \quad (4.3)$$

де  $E_{н}$  – нормативна освітленість, лк. Для складальних та робіт підгонки приймаємо  $E_{н}=50$  лк;

$k$  – коефіцієнт запасу, приймаємо для світильника:  $k=1,3$ ;

$\mu$  – коефіцієнт додаткової освітленості, яка створюється віддаленими світильниками та відбитим світлом, приймаємо  $\mu=1,1$ ;

$\sum e_i \cdot \psi_i$  – умовна освітленість контрольної точки від сумарної дії «найближчих» світильників, лк;

$e_i$  – умовна освітленість від  $i$ -го світильника, яка створюється лампою із світловим потоком 1000 лм, лк. При висоті, на якій знаходиться світильник від поверхні верстака слюсаря ( $h=3$  м) та відстані від найбільш віддаленої точки столу верстака до світильника ( $d=1,5$  м) умовна освітленість складатиме  $e_i=20$  лк;

$\psi_i$  – перехідний коефіцієнт, який для похилої площини розраховується за формулою:

$$\psi_i = \cos \alpha_i \pm (d_i \cdot \sin \alpha / h_i), \quad (4.4)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу світильника.  $\alpha=30^\circ$ .

Тоді:

$$\psi_i = \cos 30^\circ + (1,5 \cdot \sin 30^\circ / 3) = 1,12.$$

Після перетворення формули (4.3) фактична освітленість дорівнює:

$$E_n = \frac{\Phi_n \cdot \mu \cdot \sum e_i \cdot \psi_i}{1000 \cdot k}, \quad (4.5)$$

Якщо світловий потік ламп  $\Phi_n=3000$  лк, то після підстановки значень, отримаємо:

$$E_n = \frac{3000 \cdot 1,1 \cdot 20 \cdot 1,12}{1000 \cdot 1,3} = 56,9(\text{лм}).$$

Так як розраховане значення мінімально перевищує нормативне (50 лк) з інших ламп, то світильник із таким розміщенням відносно робочого місця слюсаря та з лампою такого типу, потужності (200 Вт) підходить до використання.

#### **4.3 Перспективи використання біопалива: екологічний аспект**

Одним із альтернативних джерел енергії є біопаливо. Його світове виробництво постійно зростає і на даний час перевищило 115 млрд. літрів. Як відомо, біопаливо – це паливо рослинної або тваринної сировини, продуктів життєдіяльності організмів або неорганічних відходів.

Розрізняють три види біопалива:

- тверде (дрова, брикети, паливні гранули, торф та ін.);
- рідке біопаливо (для двигунів внутрішнього згорання – етанол, біодизель та ін.);
- газоподібне паливо (синтез-газ, біогаз, водень).

Першим поколінням сировини є сільськогосподарські культури. Другим – нехарчові залишки: трава, деревина. Третє – водорості.

Перероблена біомаса морських водоростей практично ідентична за властивостями до сирової нафти. Усього 1 га водної поверхні, що зайнята водоростями, може виробляти об'єм біогазу, якого вистачить невеличкому селищу.

Використання комунальних відходів у якості джерела енергії має цілий ряд важливих переваг: це низька собівартість палива; виробництво біопалива швидко окупається і не вимагає значних інвестицій; виробляти біопаливо набагато простіше, ніж видобувати вуглеводні.

Важливий також і екологічний аспект: вироблення біопалива практично нешкідливе для довкілля, чого не можна сказати про видобуток нафти і газу.

Окрім водоростей у якості альтернативного палива використовують тютюн. Використання такого біопалива зменшує викиди вуглекислого газу до атмосфери на 60...70% та зменшує вартість його виробництва на 45...50%.

Частка країн у світовому виробництві біопалива: США – 46%; Бразилія – 23%; Німеччина – 5%; Аргентина – 4%; Франція – 3%.

## ВИСНОВКИ

Відповідно до отриманого завдання на кваліфікаційну роботу здобувача вищої освіти та за результатами її виконання зроблено наступні висновки.

1. Визначено службове призначення вовчка для подрібнення м'яса. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною подрібнювача, а саме циліндра. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь циліндра вовчка. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 96 \pm 12$  мм розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки циліндра. Здійснено розрахунок зусилля затиску, а також параметрів силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки циліндра вовчка. Річний економічний ефект для програми випуску 320 шт. склав 149760 грн. Окрім того, здійснено розрахунок місцевого освітлення робочої зони робітника. Приділено увагу екологічним аспектам під час використання біопалива.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик вовчка, кресленик циліндра, кресленик заготовки циліндра, складальний кресленик пристосування для виконання операції механічної обробки.