

**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: «Виготовлення корпусу підшипника валкового подрібнювача  
зерна за умов річної програми випуску»

КРБ.133ГМбд\_21[1].10.00.00.000 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]  
ПЕРЕПЬОЛКІН Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор  
КОВБАСА Володимир

**Полтава – 2024 року**

## ВСТУП

Дробарка зерна потрібна у фермерському господарстві для подрібнення зернових культур. За допомогою даного обладнання верхня оболонка, що викликає проблеми із травленням у худоби, знімається, а ядрця подрібнюються. Таке харчування буде корисним для правильного зростання та розвитку тварин, а також птиці.

Зернова дробарка є інструментом, що подрібнює зерно на більш дрібні фракції, що застосовуються під час виготовлення кормів або продуктів харчування для людей. Зернові дробарки можуть бути різні за розмірами та конструкціями. Від малих домашніх пристроїв до великих промислових установок. Використання зернодробарки дозволяє зменшити витрати на кормову базу та підвищити продуктивність у тваринництві.

Саме тому розробка та удосконалення конструкцій обладнання, за допомогою якого забезпечується подрібнення зернових, є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме корпус, є сілдовою частиною валкового подрібнювача, що призначений для переробки зерна та інших харчових продуктів.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є валковий подрібнювач зерна, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу, 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 застосовується 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 та табличним методами;

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також розрахувати зусилля затиску, параметри силового приводу, а також 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 подрібнювач валковий, що призначений для переробки зерна (подрібнення) та інших харчових продуктів (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Подрібнювач валковий:

- 1 – станина; 2 – боковина; 3 – кришка; 4 – картер; 5 – гвинт; 6, 7 – валок;  
8, 9 – стінка; 10, 11, 22 – кришка; 12, 13 – корпус; 14 – колесо; 15 – шестерня;  
16 – вісь; 18, 19 – кришка; 20 – болт; 21 – пружина; 23, 24 – шків; 25 – шайба;  
26, 27 – втулка; 28 – манжета; 31-39 – болт; 40 – гвинт;  
42-48 – шайба; 50-52 – гайка; 55 – підшипник; 56-58 – шпонка;  
59 – електродвигун; 60 – пас; 61 – прокладка

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика подрібнювача валкового

№ з.п.	Найменування параметра	Розмірність	Значення
1.	Потужність електродвигуна	кВт	16,5
2.	Характеристика зачеплення		
2.1.	Циліндрична передача: модуль	мм	6
	число зубів шестерні		24
	число зубів колеса		48
2.2.	Клинопасова передача: кількість пасів		4
	діаметр ведучого шківa	мм	135
	діаметр веденого шківa	мм	390
3.	Габарити: висота	мм	640
	ширина		790
	довжина		1705
4.	Маса	кг	1100

Станина виконана складеною: боковини (бічні стінки) з'єднані із кришкою і з'єднувальними стінками за допомогою різьбових і зварних з'єднань. До боковини кріпляться нерухомі корпуси підшипників і осі рухомих корпусів.

Через отвори у верхній частині нерухомих корпусів і пази рухомих проходить регульовальний гвинт, при обертанні якого змінюється взаємне положення діжок вальців – робочих органів подрібнювача. Останні з корпусами з'єднані за допомогою сферичних підшипників. Величина зазору впливає на крупність помелу. Діжки вальців можуть бути гладкими або рифленими.

На лівих кінцях цапф вальців закріплені шестерні міжвалкової передачі, що закривається кожухом. Передаточне число – 1,5.

Крутний момент із електродвигуна передається через клинопасову передачу, ведений шків якої з'єднаний із цапфою валка.

Унаслідок неоднакових частот обертання валків зернові продукти подрібнюються на частинки заданого розміру.

Об'єкт обробки (зерно) подається зверху через живильник, а готовий продукт провалюється в оункер, встановлений знизу агрегату.

Деталлю, що виводиться на детальний розгляд, є корпус (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 Корпус

Корпус має дві функції: закріплення підшипника і валу, на якому розміщений валок; і регулювання зазору між валками при обертанні навколо осі отвору діаметром 50 мм. У відповідності до цього у деталі «Корпус» оброблюються: бокові площини (бази для закріплення на машині), отвори  $D=170H7$  та  $D=50H7$ , торцеві площини корпусу, паз шириною 16 мм і поверхня  $R=44$  мм у верхній частині деталі. Крім того обробці підлягають отвори для приєднання кришок та фаски. Вимоги щодо точності обробки представляються для отворів (по 7-му квалітету), інші поверхні оброблюються менш точно, тому що при складанні похибки будуть компенсуватися наявністю прокладок. Виготовлений зі сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015.

## 1.2 Аналіз параметрів точності

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

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Корпус»

Номер пов-ні деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри мм	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, $R_a$
1	2	3	4	5	6	7
1-15	Площини		-	-	-	6,3
16	Отвір	$\varnothing 170^{+0,03}$	H8	-	-	1,25
17	Отвір	$\varnothing 50^{+0,025}$	H7	-	$\square \square 0,1 A$	1,6
18	Різь	M6-7H	7H	-	-	10
19	Виріз	$6^{+0,1}_{-0,1}$	12	-	-	1,25
20	Паз	$16^{+0,43}$	14	-	-	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
21	Виступ	R44 <sup>+0.54</sup>	14			6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня №17 – 7-ий квалітет. Найнижча шорсткість Ra = 1,25 мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного підприємства.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміни

Дана деталь – корпус підшипника – виготовлена з легованої сталі 40X за ДСТУ 7809:2015. Вона має досить високі механічні властивості, добру оброблюваність різанням, тиском та піддається термічній обробці.

Матеріал даної деталі відноситься до легованих сталей. За механічними властивостями вони кращі ніж звичайні якісні сталі і незамінні при виготовленні валів, корпусів, та інших точних деталей з підвищеними вимогами до твердості [24, 37].

Хімічний склад і властивості матеріалу деталі наведені у таблиці 1.3. Також у цій таблиці наведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
Сталь 40X	0,4 % C, до 1% Cr, інше – залізо	$\sigma = 550$ МПа; $\delta = 12\%$ ; HB 288
Сталь 45	0,4...0,5 % C, інше – залізо	$\sigma = 360$ МПа; $\delta = 16\%$ ; HB 229

Як видно з таблиці 1.3 можливе використання сталі 45 при відсутності сталі 40Х. Але нам невідомі умови роботи деталі у вузлі, тому залишаємо марку матеріалу, що призначив конструктор, тобто – сталь 40Х.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингові дослідження показали попит ринку в деталях вузла у кількості 900 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

де  $N_{\text{вип}}$  – річна програма випуску виробів, шт.;

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

$k_{\text{бр}}$  – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на за частини.

$$N_{\text{зан}} = (900 + 0,04 \cdot 900) \cdot (1 + 0,025) = 955 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла до 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, деталі технологічна, якщо вона задовольняє усім вимогам (технічним та експлуатаційним вимогам) і коли на неї витрачається мінімальна кількість праці [23].

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його по ряду факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол по яким-небудь параметрам не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) прийняти міри щодо поліпшення конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності.

1. При складанні вузла роботи із підгонки відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей доцільним їх розташуванням, простотою конструкції.

2. Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як у даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин.

3. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень виконані на поверхнях складальних одиниць забезпечують гарне centruвання при складанні та спрощують його.

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним. Це призводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

У процесі аналізу робочого кресленника корпусу нами було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Повні результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність корпусу

№ з.п.	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Необхідна наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію і надійне закріплення заготовки.	Деталь має зручні технологічні бази: на першій та наступних операціях механічної обробки – бокові площини. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
	Конструкція деталі повинна дозволяти установку і закріплення її простими пристосуваннями.	Проста конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристосуваннями: пневматичними або ручними щечатами	Не потрібні.
3	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь має глухі отвори.	У даному випадку уникнути неможливо.
4	В деталях необхідно уникати отворів $L > 8 \cdot 10D$ .	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
5	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку.	Розміри допускають багатошпindelну обробку.	Не потрібні.
6	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори.	У конструкції деталі застосовуються отвори М6, але збільшити діаметр не дозволяє конструкція.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь	Деталь не має таких поверхонь.	Не потрібні.
8	Припуски на заготовку повинні бути мінімальні.	Припуски мінімальні.	Не потрібні.
9	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між допуском і шорсткістю	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю задовільне.	Не потрібні.
10	Для автоматизованого складання необхідно застосувати елементи для самовстановлення і центрування поверхонь.	Конструкція корпусу має елементи для самовстановлення і центрування поверхонь фаски, радіуси закруглень.	Не потрібні.

Конструкція корпусу є технологічною, так як забезпечуються усі експлуатаційні вимоги. При проведенні аналізу виявлено, що деталі відповідає основним показникам технологічності обробки деталей в автоматизованому виробництві.

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу бачимо, що він розроблений вірно. До нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для одиничного типу виробництва, а не для середньосерійного типу. Це значить, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. У базовому технологічному процесі використовуються переважно універсальні верстати, які мають надто великий операційний час. Тому при проектуванні нового технологічного процесу необхідно замінити їх на верстати із ЧПК. З одного боку, це дещо зменшить час на обробку деталей і збільшить час на налагодження верстатів, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва дасть значний економічний ефект.

Крім зміни технологічного обладнання змінюємо спосіб виготовлення заготовки. Також на операції 030 в базовому техпроцесі здійснювалось свердління отвору під подальше розточування. Ми заміняємо розсвердлюванням, зенкеруванням і розторганням.

Також потрібно відзначити, що у базовому техпроцесі відсутні позначення баз, допусків і інших позначень, які повинні бути присутні на кресленні.

## 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [7, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n \cong \prod_{i=1}^n \varepsilon_i, \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – окремі ступені уточнення;

$P$  – число ступенів обробки;

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

Результатами загальних значень 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:

$$i_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.2)$$

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість $R_a$ за кресленням	Допуск заготовки, мм ( $R_a$ )	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхні		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм ( $R_a$ )	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МСП				



## 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

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

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3

Продовження таблиці 2.2

1		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 точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 50H7(+0,025)$  мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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 циліндричності, прямолінійності) на попередньому переході;

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

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.4)$$

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 2.3.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d \quad (2.5)$$

$$2200 - 1030 = 1200 - 30,$$

1170=1170.

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 50H7^{(+0,025)}$  мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{min}$ мкм	Розр. розм., $d_p$ , мм	Доп. $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	$T$	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{min}$	$D_{max}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Плазм. різка											
Розсвердлювання											
Бенкерування											
Розгортання											

Отже, припуски та міжопераційні розміри розраховано вірно. Будемо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору  $\varnothing 50H7^{(+0,025)}$  мм на рисунку 2.1

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні  $\varnothing 50H7^{+0,025}$  мм

У таблиці 2.4 наведено результати визначення припусків табличним способом.

Таблиця 2.4 – Припуски на поверхні деталі „Корпус”, що механічно оброблюється

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ , мм
1	2	3	4
1	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
2	Площина	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0
3	Площина	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4
4	Площина	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0
5, 6	Отвір Ø58H7 <sup>(+0,03)</sup>	Розточування чорнове	2,0
		Розточування чистове	0,7
		Розточування тонке	0,3
8	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
9	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
10	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
16	Площина	Фрезерування одноразове	3,0

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції 020 механічної обробки корпусу на верстаті із ЧПК розробляємо конструкцію затискного пристосування (рисунок 3.1), керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки корпусу.

- 1 – пневмоциліндр; 2, 3 – упор; 4 – корпус; 5 – губка; 6 – опора; 7 – кронштейн;  
8, 13 – важіль; 9, 10 – палець; 11 – пружина; 12 – ексцентрик; 14 – валик;  
15 – корпус підшипника; 16 – розірване кільце; 17, 18 – кришка;  
22 – підшипник; 23-25 – болт; 26-30 – гвинт; 35-39 – шайба;  
40 – рипонка; 41, 42 – шліфт

При проектуванні були витримані наступні:

1. Забезпечення необхідної точності деталі, що оброблюється.
2. Забезпечення необхідної продуктивності.

3. Економічна доцільність (витрати на виготовлення пристосування повинні окупитися зниженням собівартості обробки).
4. Забезпечення зручної експлуатації та ремонтпридатності.
5. Забезпечення безпеки праці.

Деталі пристосування повинні бути по можливості нормалізовані та стандартизовані для зменшення вартості.

Принцип роботи пристосування наступний. Після встановлення деталей на упор стисле повітря подається у штокову порожнину пневмоциліндру 1. Шток останнього приводить у рух через палець 9, важіль 13, вал 14 з ексцентриком 12, який повертаючись натискає на важіль 8, що приводить у рух рухому губку 5 і здійснює притискання. Після завершення обробки повітря подається у іншу порожнину, що повертає систему важелів до попереднього положення. Важіль 8 повертається у початкове положення за допомогою пружини 11.

### 3.2 Розрахунок зусилля затиску

Під час визначення зусилля затиску використовуємо літературні джерела [12, 36, 38, 39]. Визначимо силу, яка необхідна для затиску  $W, Н$ .

На даній операції максимальна сила різання  $P_z$  при чорновому фрезеруванні верхньої поверхні деталі.

Сила  $P_z$  намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді  $\sum F_{ix}$ :

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0; \quad (3.1)$$

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.2)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя, 0,1.

Тоді рівняння (3.1) виглядатиме:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

$K_0 = 1,1$  – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,15$  – коефіцієнт, який враховує затуплення ПІ;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання;

$K_5 = 1,2$  – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,0$

Тоді  $K$  дорівнює:

$$K = 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,19.$$

Силу різання  $P_z$  визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^a \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де  $t = 2,0$  мм – глибина різання;

$S = 0,15$  мм/зуб – подача;

$B = 74$  мм – ширина фрезерування;

$z = 10$  – кількість зубів фрези;

$D = 120$  мм – діаметр фрези;

$n = 600$  хв<sup>-1</sup> – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 82,5$ ;  $x = 1,0$ ;  $y = 0,75$ ;  $u = 1,1$ ;  $q = 1,3$ ;  $\omega = 0,2$  – коефіцієнт та показники ступеня.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{825 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 65^{1,1} \cdot 10}{120^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 620 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{620 \cdot 2,19}{0,1} = 13578 \text{ (Н)}.$$

### 3.2 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму за відомою силою затиску, а потім, за визначеним зусиллям на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндру (рисунок 3.2).

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{WL_e}{L_1 l} \quad (3.7)$$

де  $e$  – ексцентриситет;

$L_1, L_1, l$  – довжини плеч важелів.

$$Q = \frac{13578 \cdot 60 \cdot 4}{130 \cdot 55} = 455,8 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta; \quad (3.8)$$

Рисунок 3.2 – Схема сил, що діють

З цієї формули виразимо значення діаметра

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{p\eta} + d^2}, \quad (3.9)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$d$  – діаметр штока, 15 мм;

$\eta$  – ККД пневмоциліндру, 0,8;

$p$  – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр, 0,5 МПа.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 455,8}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + 15^2} = 31 \text{ (мм)}$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 32$  мм.

### 3.4 Розрахунок слабкої ланки

Розрахунок проведемо для осі, що з'єднує шток пневмоциліндру та важелі.

Розрахунок виконується на зріз:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau] \quad (3.10)$$

де  $P_{\max}$  – максимальне зусилля, Н

$$P_{\max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta \quad (3.11)$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (32^2 - 15^2)}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 250,9 \text{ (Н)}$$

$[\tau] = 78$  МПа – допустиме напруження на зріз;

$F_{\min}$  – площа поперечного перерізу осі;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.12)$$

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ (мм}^2\text{)}$$

Тоді:

$$\tau = \frac{250,9}{78,5} = 3,2 \text{ (МПа)}.$$

3,2 < 70.

Отже робимо висновок, що міцність осі є цілком достатньою.

Полтавський державний аграрний університет  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтавський державний аграрний університет  
Полтавський державний аграрний університет

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Так як корпус виготовляється із легованої сталі, то заготовка отримується внаслідок вирізання її з листа. З урахуванням типу виробництва і властивостей заготовки для порівняння методів одержання приймаємо вирізання за допомогою плазменної різки і заготовку з прокату [1, 4, 34].

Вирізання за допомогою плазменної різки – універсальний спосіб виготовлення заготовок як в одиничному та дрібносерійному виробництві, так і в крупносерійному. До переваг цього способу одержання заготовки можна віднести високу точність і наближеність форми заготовок до форми готових деталей, досить швидке виготовлення та ін. Недолік полягає у тому, що при нагріванні порушується структура металу, виникають мікротріщини, які потім можуть призвести до руйнування деталі. Тому даний спосіб виготовлення заготовки не підходить для найбільш відповідальних деталей.

При техніко-економічному обґрунтуванні з двох варіантів вибираємо той спосіб виготовлення заготовки, що найбільш відповідає заданому критерію оптимізації, яким може бути вартість, якість виробу та продуктивність праці. У разі однакової продуктивності праці перевагу віддано варіанту з меншою вартістю, а за рівності – більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів.

Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Собівартість заготовки, виготовленої на плазменній різці, розраховуємо за формулою:

$$C = \left( \frac{Q_3 \cdot S_3}{1000} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_{M3} \cdot k_{B\delta} \right) - \left( \frac{Q_3 - q_c}{1000} \right) \frac{S_{видк}}{1000}, \text{ грн.} \quad (4.1)$$

де  $S_3$  – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_T, k_S, k_B, k_{M3}, k_{B\delta}$  – коефіцієнт, що залежить відповідно від класу точності і класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

$q_q$  – маса деталі, кг;

$S_{\text{відх}}$  – вартість 1 т відходів, грн.

При розрахунку техніко-економічного аналізу рекомендовано базові ціни на листову сталь 40X брати по цінах з прейскурантів:

$S_3 = 43700$  грн. за 1 т.

$S_{\text{відх}} = 12000$  грн. за 1 т.

$q_q = 15,4$  кг

$Q_3 = 16,1$  кг.

Відповідно до цього методу  $K_T = 1,00$ ;  $K_S = 0,81$ ;  $K_{M3} = 1,04$ ;  $K_{B\delta} = 1,00$ .

При групі серійності 4, коефіцієнт  $K_B = 0,94$ .

Собівартість заготовки, виготовленої на плазмовій різці:

$$C_1 = \left( \frac{15,4 \cdot 47300}{1000} \cdot 1,00 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1,00 \right) - (16,1 - 15,4) \cdot \frac{12000}{1000} = 568,4 \text{ (грн.)} \quad (4.2)$$

Собівартість заготовки, виготовленої з прокату:

$$C_2 = 15,4 \cdot \frac{47300}{1000} - (16,1 - 15,4) \cdot \frac{12000}{1000} = 720 \text{ (грн.)} \quad (4.3)$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (720 - 568,4) \cdot 900 = 136440 \text{ (грн.)}$$

Отже, заготовка виготовлена на плазмовій різці не тільки дешевша, але й має менший коефіцієнт використання матеріалу, що дає змогу скоротити час обробки і трудомісткість операцій.

#### 4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення

Правильне і достатнє освітлення на робочому місці відіграє важливу роль у виробничому процесі. У роботі наведений розрахунок виробничого освітлення у цеху із використанням джерел [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Відчуття світла при впливі на очі людини викликають електромагнітні хвилі оптичного діапазону з  $\lambda = 380-760$  нм.

Освітлення характеризується кількісними і якісними показниками.

Кількісні – світловий потік (люмен  $Lm$ ), сила світла (кандел,  $Kd$ ), освітленість (люкс,  $Lx$ ), яскравість, світлимість.

Якісні – це характер зорової роботи, контраст об'єкту з фоном, видимість, коефіцієнт пульсації освітлення, показник засвітленості, показник дискомфорту.

Штучне освітлення поділяється на штучне, локалізоване, місцеве, по призначенню:

- робоче (для виконання техпроцесу);
- евакуаційне – розташоване в місцях виходу людей із приміщень;
- охоронне або чергове;
- аварійне – освітлення, яке застосовують при вимкненні робочого і дозволяє виконувати роботу.

Штучне освітлення створюється за допомогою різних типів ламп, які застосовуються у світильниках або прожекторах. Світильники можуть розташовуватись рівномірно або в шаховому порядку.

Джерелами світла можуть бути лампи розжарювання 250-1500 Вт, газорозрядні лампи (люмінесцентні ЛБ, ЛВ, РЛ до 1000 Вт), ДРІ (дугові ртутні йодидометальні), ДКСТ (дугові ксенонові трубчасті) та ін.

Найбільш поширеними методами розрахунку є:

1) коефіцієнт використання світлового потоку. Застосовується для рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot K_3 \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.4)$$

де  $\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік однієї лампи;

$E_{\text{н}}$  – необхідне освітлення;

$S$  – площа поверхні, що освітлюється;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, враховує старіння ламп і їх запилення;

$z$  – коефіцієнт нерівномірності освітлення;

$N$  – кількість світильників;

$n$  – кількість ламп в світильнику;

$\eta$  – коефіцієнт використання.

$$L = \frac{E_{\text{сп}}}{E_{\text{н}}}, \quad (4.5)$$

2) точковий метод – для розрахунку локалізованого і місцевого освітлення:

$$E_{\text{н}} = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos^3 \alpha}{h^2}; \quad (4.6)$$

3) метод питомої потужності – дозволяє визначити потужність кожної лампи в освітлювальній установці:

$$P = \frac{\rho \cdot S}{n}, \quad (4.7)$$

де  $\rho$  – питома потужність,

$n$  – кількість ламп.

Загальне освітлення розрахуємо методом світлового потоку. Світловий потік однієї лампи визначається за виразом (4.4).

Знайдемо з цієї формули необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}; \quad (4.8)$$

де  $E_n = 500$  лк – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,2$  – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 3500$  м<sup>2</sup> – площа приміщення, що освітлюється (за вказівкою керівника);

$z = 1,15$  – коефіцієнт номінального освітлення;

$N$  – кількість ламп.

Коефіцієнт використання  $\eta$  знаходять за постійною приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}; \quad (4.9)$$

де  $a, b$  – довжина та ширина цеху;  $a = 50$  м,  $b = 70$  м;

$h$  – розрахункова висота,  $h = H - h_r$ ,

$H = 8$  м – висота від підлоги до ферми;

$h_r = 1,2$  м – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді

$$h = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}.$$

Постійна приміщення дорівнює:

$$i = \frac{50 \cdot 70}{6,8 \cdot (50 + 70)} = 4,3.$$

Знаходимо коефіцієнт використання  $\eta = 0,66$ .

Світловий потік ламп ДРЛ-400  $\Phi = 19000$  лк. Тоді за вищевказаною формулою знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 1,3 \cdot 3500 \cdot 1,15}{0,66 \cdot 19000} = 208 \text{ (шт.)}$$

Приймаємо для освітлення цеху приймаємо 104 світильники по 2 лампи ДРЛ-400, що розташовуємо по сітці на всій території цеху.

#### 4.3 Утилізація відходів: термічні технології

Термічні технології застосовуються під час утилізації любых видів твердих, речинних, рідких та газоподібних відходів. Сутність методу полягає в термічній обробці матеріалів високотемпературним теплоносієм, тобто продуктами згоряння палива (плазмовий струмінь, розплав металу чи окислу, СВЧ нагріванням відходів) контактним або безконтактним способом. Продукти термічного розкладання піддаються окисленню або іншим хімічним впливам із утворенням нетоксичних газоподібних, рідких або твердих продуктів. Термічний метод зазвичай складається зі стадій:

- попередня, у тому числі реагентна обробка;
- високотемпературна обробка та знезараження;
- багатоступеневе очищення газів;
- тепловикористання;
- отримання побічних органічних (газ, паливо) або мінеральних продуктів (оксиди, цемент, мінеральні соли).

Термічний метод дозволяє знезаражувати любы хімічні з'єднання при високих температурах (понад 3000 К) в окислювальному або відновлювальному режимі із подачею повітря, кисню, водню або інших газів. Тобто існує можливість регулювати параметри знезараження любой речовини (з'єднання).

Таким чином, токсичні речовини, наприклад, пестициди, діоксини можливо знезаразити тільки плазмовим методом зі ступенем обробки 99, 9%. Плазмо-хімічний метод рекомендується застосовувати для знезараження важкогорючих та негорючих з'єднань.

Принцип роботи плазмохімічної установки: до струменя низькотемпературної плазми (понад 3000 K) подається початкова речовина у рідкому, пастоподібному або порошковому вигляді. Воно в реакторі розпадається до атомів, молекул, іонів. Плазмоутворюючий (водень, азот, кисень) газ забезпечує появу окислів, з'єднань галогенів із воднем, нейтральних молекул і атомів, тобто той склад, що утворюється відповідно до термодинамічних параметрів процесу. Необхідно чітко уявляти, що на відміну від спалювання відходів у топці (у суміші із газами та повітрям) плазмовий процес суворо регулюється за тиском, температурою, складом газу. При цьому однією із умов процесу є гартування газу, тобто різке зменшення до 1000 K за секунду температури газу, щоб не допустити вторинного утворення небажаних з'єднань. Для знищення 1 кг відходів необхідно витратити до 3 кВт год. енергії.

З'явилися технології, за яких плазмохімічний процес знезараження відходів здійснюється із використанням ванни розплаву (металу, оксиду), через яку проходять утворені під час термічного розпаду газу. Їх недолік – незадовільна екологічна безпека.

Термічні технології дають тверді відходи у малих об'ємах і дозволяють використовувати вторинну теплоту для комунальних потреб. Вони мають велику енергомісткість на одиницю перероблених відходів. Прикладом термічного процесу може слугувати електрофізична технологія повної переробки залізної стружки, ошурок, чавунного дробу. У результаті отримують залізо-окисні пігменти (залізний сурик), тобто товарний продукт, що має широке застосування. Технологія реалізує плазмохімічний спосіб отримання високодисперсних оксидів металів, заснований на плазмовій переробці диспергованої сировини. Електроерозійне диспергування у зернистому шарі веде до руйнування металевих гранул під впливом імпульсного струму із утворенням частинок металу, що

володіють високою реакційною здатністю і легко доокислюються із утворенням оксидів та гідроксидів. Окрім отримання пігментів відходи інших металів можуть перероблятися у сировину для кераміки, в адсорбенти, теплоізоляційні матеріали.

Не менш перспективним є напрям термічного безокислювального піролізу. Його перевагою є отримання технологічного газу або мінеральної сировини – сорбенту. Отриманий газ може бути використаний для технологічних та побутових цілей. При цьому забезпечується суттєве зменшення об'єму твердого залишку, екологічна чистота та безпечність процесу.

Застосування потужного СВЧ нагрівання знижує енергоспоживання на одиницю об'єму речовини, що перероблюється. Це дозволяє розробити пересувні комплекси для переробки токсичних відходів.

## ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення валкового подрібнювача зерна. Проведено аналіз деталі, що є складовою вузла, а саме корпусу. 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 корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 50H7^{(+0,025)}$  мм розрахунково-аналітичним та табличним методом, наведено їх графічне зображення.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу на верстаті із членовим програмним керуванням. Визначені зусилля затиску та параметри силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу. Річний економічний ефект для програми випуску 900 шт. склав 136440 грн. Здійснено розрахунок освітленості виробничого приміщення. Окрім того, розглянуто термічні технології утилізації відходів.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик подрібнювача зерна валкового, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу складальний кресленик пристосування для виконання механічної операції на металорізальному верстаті із ЧПК.