

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: «Технологічне забезпечення процесу виготовлення
черв'ячного валу приводу електричної талі»

КРБ.133ГМбд_31[2].02.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
КАКАДІЙ Максим

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Як відомо, електричні талі широко використовуються у сільському господарстві для підйому та переміщення важких вантажів, що полегшує роботу та збільшує продуктивність. Їх застосовують для наступних видів робіт.

1. Транспортування зерна та кормів. Електроталі використовують на зерносховищах та в кормоцехах для підймання та переміщення мішків із зерном, кормовими добавками, а також для завантаження кормів у розподільні пристрої.

2. Обслуговування сільськогосподарської техніки: Талі допомагають у ремонті та обслуговуванні сільгосптехніки, піднімаючи важкі деталі та агрегати, що спрощує їх заміну та технічний огляд.

3. Робота на фермах та тваринницьких комплексах. Електроталі можна застосовувати для підйому великої худоби, переміщення обладнання та кормів, що прискорює робочі процеси та знижує трудовитрати працівників.

4. Складування та зберігання врожаю. Талі використовуються на сходах для переміщення та штабелювання зібраного врожаю, що допомагає ефективно організувати зберігання та транспортування продукції.

5. Підйом будівельних матеріалів. При зведенні та ремонті сільськогосподарських будівель електричні талі спрощують підйом будівельних матеріалів, таких як цегла, дошки та металеві конструкції.

Таким чином, електричні талі роблять сільськогосподарські процеси ефективнішими, скорочують час виконання завдань і знижують ризик травматизму, полегшуючи працю робітників.

Саме тому розробка та удосконалення деталей приводів електричних талей, що широко використовуються на об'єктах сільськогосподарського виробництва для підйому та переміщення вантажів для полегшення фізичної праці та підвищення продуктивності є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме вал черв'ячний, є складовою частиною приводу електричної талі.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки

виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є привод електричної талі, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення черв'ячного валу, що входить до його складу.

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

- проаналізувати службові 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 відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також здійснити його основні розрахунки;

- 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 привід електричної талі (рисунок 1.1, таблиця 1.1). Електрична таль має вантажопідйомність 1,8 т, максимальна висота підйому становить 8 м.

Рисунок 1.1 – Привод електричної талі

Особливістю даного приводу є те, що його конструкція суміщає у собі привід (електродвигун) та гальмо. Таке суміщення дещо ускладнює конструкцію, але дає змогу зменшити габаритні розміри приводу. Призначення даного вузла полягає у передачі крутного моменту від електродвигуна до барабану талі.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика приводу електричної талі

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Передавальне відношення	-	50
2	Максимальний крутний момент	Нм	520
3	Габаритні розміри	мм	955×512×495
4	Маса	кг	90

Принцип дії вузла полягає у наступному. Крутний момент від електродвигуна 41, передається черв'ячному валові 7, що знаходиться у зачепленні з черв'ячним колесом 3. Таким чином, крутний момент передається через шпонкове з'єднання вихідному валу 2. Він з обох кінців має шліци, для з'єднання з барабанами талі.

Для фіксації черв'ячного валу існує електричне гальмо. Воно складається із дисків 13, з'єднаних з черв'ячним валом через шліцьове з'єднання, та електромагніту 42. Якщо напруга відсутня на витках електромагніту, то диски залишаються затиснутими за рахунок пружини 15 і не дають обертатися черв'ячному валу. Конструкція електроприводу є реверсивною.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал черв'ячний (рисунок 1.2).

Черв'ячний вал виготовляється зі сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015. Його основним призначенням є передача обертового моменту на черв'ячне колесо. Представляє собою тіло обертання. На правому кінці виконані шліци. Вони взаємодіють із елементами гальма. Правий кінцевий має шпонковий паз. Це дає можливість створити шпонкове з'єднання із напівмуфтою. Яка, у свою чергу, поєднує черв'ячний вал із валом електричного двигуна. Також черв'ячний вал має цапфи, тобто ділянки що розташовуються в підшипникових опорах. Опори являють собою радіально-упорні роликові підшипники кочення.

Рисунок 1.2 – Вал черв'ячний

Вал черв'ячний зазнає обробки із метою дотримання високої чистоти обробки по поверхнях цапф із метою спряження із підшипниковими опорами. Це забезпечить надійність роботи черв'ячного зачеплення, сталість передавального відношення, постійність передачі обертового моменту на вихідний вал, а отже, на барабани електричної талі.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Вал черв'ячний» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [2, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Вал черв'ячний»

Тип поверхні	Розмір і допуск	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Положення	
1	2	3	4	5	6
Циліндрична	$\varnothing 72,5_{-0,12}$	H10	-	0,02	3,2
Циліндрична	$\varnothing 45_{+0,002}$	k6	0,01	0,02	1,6
Циліндрична	$\varnothing 40_{-0,025}$	h7	-	-	1,6
Циліндрична	$\varnothing 4_{+0,018}$	H10	-	-	3,2
Лінійний	$216_{+0,016}^{+0,065}$	m7	-	-	6,3
Площина	$12_{-0,061}$	g9	-	-	3,2
Площина	$35_{-0,1}$	h10	-	-	3,2
Площина	$7,83_{\pm 0,316}$	a9	-	-	2,5
Міжвісьова відстань	$14 \pm 0,09$	Js12	-	-	-

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня, що виконується за 6 квалітетом. Найнижча шорсткість за значенням Ra 1,6 мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вал черв'ячний виготовлено із сталі марки 40X за ДСТУ 7809:2015 [24, 37]. Сталь належить до класу легколегованих середньовуглецевих. Вона має достатньо

високі механічні властивості, низьку корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням. Достатньо висока міцність, ударна стійкість, стійкість при знакозмінному навантаженні, добра оброблюваність різанням та відносно невисока вартість роблять її незамінною при виготовленні валів, зубчастих коліс, осей та інших деталей.

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

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Сталь	σ_B , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	Відносне вдовження, %	Масова частка хімічних елементів, %, не більше					
				C	Cr	Mn	X	P	S
40X	1000	163-168	10	0,36- 0,44	1,9- 2,3	0,5-0,8	1	0,03	0,03
45	900	163	16	0,24- 0,32	0,8- 1,1	0,5-0,8	1	0,03	0,03

Як бачимо, механічні та хімічні властивості матеріалів схожі, тобто можуть бути взаємозамінними.

Окрім того, наведені марки сталей покращують свої механічні властивості після нормалізації при температурі 860...880°C. Це призводить до подрібнення зерна в структурі, підвищення твердості і забезпечить отримання більш чистої поверхні під час обробки різанням.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в черв'ячному валові приводу електричної талі у кількості 700 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{за}$ – 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.

$$N_{зан} = (700 + 0,04 \cdot 700) \cdot (1 + 0,025) = 745 (\text{шт.}).$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла – це набір характеристик та властивостей вузлової структури, що забезпечують його оптимальне виготовлення, складання та експлуатацію з мінімальними витратами ресурсів. Основні параметри технології вузла включають.

1. Простота конструкції – це мінімальна кількість деталей та з'єднань, що зменшує складність складання та виробництва.

2. Уніфікація та стандартизація – використання стандартних елементів, що полегшує ремонт та заміну компонентів.

3. Зручність встановлення та складання – це доступність місць з'єднання, можливість швидкого з'єднання або розділення частин вузла.

4. Матеріалоемність – це оптимальне використання матеріалів для зменшення вартості вузла.

5. Простота технічного обслуговування та ремонту – наявність конструктивних рішень, що дозволяють легко проводити технічне обслуговування та ремонт без складного демонтажу.

Висока технічність складання дозволяє підвищити продуктивність, зменшити витрати на виробництво та обслуговування, а також продовжити термін служби обладнання.

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:

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

де n – загальна кількість деталей,

$N_{ст}$ – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{97}{132} = 0,73.$$

Коефіцієнт уніфікації:

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

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{28}{132} = 0,21.$$

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

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

Технологічність деталі, на відміну від технологічності вузла, зосереджена на характеристиках самої окремої деталі, а не на її зв'язках з іншими елементами. Технологічність деталі визначається її властивостями, що роблять її виготовлення та обробку економічними, а використання зручним. Основні показники технологічності деталі включають.

1. Простота форми – що простіша форма деталі, тим легше її виготовляти. Прості форми знижують трудомісткість обробки та ймовірність виникнення дефектів.

2. Мінімізація складних поверхонь та переходів – наявність плавних переходів, мінімальна кількість складних поверхонь та відсутність гострих кутів полегшують обробку та підвищують якість.

3. Уніфікація елементів – використання стандартних розмірів та типових елементів, що дозволяє зменшити різноманітність деталей та спростити виробництво.

4. Оброблюваність – вибір матеріалів, які легко піддаються обробці, впливає на швидкість та якість виробництва. Наприклад, м'які метали легше обробляти, ніж тверді.

5. Оптимальне використання матеріалу – під час проєктування деталі враховується мінімальна витрата матеріалу без погіршення її функціональних властивостей.

6. Зручність контролю та вимірювань – деталі повинні мати зручні поверхні та форми для точного вимірювання та контролю якості на кожному етапі виготовлення.

7. Ремонтопридатність та довговічність – вибір матеріалу та конструкції повинен враховувати можливість ремонту чи заміни, а також довговічність деталі.

Технологічність деталі дозволяє знизити витрати на її виготовлення, скоротити час обробки, мінімізувати відходи та підвищити якість продукції.

Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, для закріплення заготовки, вільний підхід інструмента.	Так, технологічно	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Конструкція деталі повинна забезпечити її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має циліндричну форму і закріплюється в патроні або центрах верстата без особливих проблем.	-
3	Створи повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Для деталі не має глухих отворів.	-
4	Для можливості автоматизації обробки в корпусі деталі не бажано застосовувати різьбові отвори менше 20 мм.	В корпусі деталі різьбові отвори менше 6 мм не застосовуються.	-
5	В конструкції деталі необхідно передбачити можливість захвату її роботом.	Захват деталі може провалитись роботом за циліндричну поверхню деталі.	-
6	При наявності великих довжин деталі, бажано розбивати обробку.	В деталі не має поверхонь, що не оброблюються.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7	Ступінчаті вали повинні мати невеликі перепади по діаметру, а їх довжини однаковими, або кратними	Дана деталь має перепади діаметрів.	Задано конструктором.
8	При обробці деталей із пазами надавати перевагу конструкції, яка дозволяє обробку дисковими фрезами.	Конструкція дозволяє використовувати фрези при прорізанні пазів.	-
9	Деталі не повинні мати фасок та скосів відмінних від 45°.	Дана деталь не має таких фасок та скосів.	-
10	Для можливості автоматизованого складання необхідно передбачати на установчих поверхнях лиски та фаски.	Дана деталь має фаски, що полегшує процес складання.	-

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

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

За діючою технологією черв'як виготовляється на універсальних верстатах із великим числом перевстановлювань. Норма часу зазначена на операції механічної

обробки – 54,45 хв. Використовується стандартний різальний інструмент, тобто застосування комбінованого ріжучого інструменту не передбачено, а це впливає на штучний час виготовлення. Заготовка валу отримується з прокату. Маємо значну кількість відходу матеріалу в стружку.

Для суттєвого зниження собівартості деталі в розробленому маршруті передбачено застосування верстатів з ЧПК та верстатів-автоматів. Запроектуємо виготовлення заготовки методом кування. Матимемо зменшені припуски на механічну обробку та підвищену точність заготовки.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_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 деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням	Точність кресленням	Допуск заготовки	Припуск за квалітет	Загальне уточнення	Номер маршруту	Можливі маршрути обробки поверхонь	Перехід МОП	Квалітет після обр	Досягнений допуск	Коеф. уточнення	Загальне уточнення
1	2	3	4	5	6	7	8	9		10	11	12	13
Ø40h 7	7	0,25	1,6	1,6	16	64	1	Точіння чорнове		12	0,25	6,4	64
								Точіння напівчистове		9	0,062	4,03	
								Точіння чистове		7	0,025	2,48	
							2	Точіння чорнове		12	0,25	6,4	64
								Точіння напівчистове		9	0,062	4,03	
								Шліфування чорнове		7	0,025	2,48	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø45к6	6	0,016	1,6	16	100	1	Точіння чорнове	12	0,25	6,4	100	
							Точіння напівчистове	9	0,062	4,03		
							Точіння чистове	7	0,025	2,48		
							Точіння тонке	6	0,016	1,56		
							2	Точіння чорнове	12	0,25	6,4	100
								Точіння напівчистове	9	0,062	4,03	
								Точіння чистове	7	0,025	2,48	
								Ізфування	6	0,016	1,56	
Ø72,5h10	10	0,12	1,9	16	15,83	1	Точіння чорнове	12	0,3	6,3	15,83	
						Точіння напівчистове	10	0,12	2,5			
						2	Точіння чорнове	10	0,12	15,83	15,83	

При формуванні маршруту обробки поверхонь вату керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки. Таким чином, обираємо для усіх поверхонь 1 номер маршруту.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо 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 переходів оброблення
1	2	3
005 Заготівельна	Горизонтально-кувальна машина	
010 Термічна	Піч	
015 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний надізвавтомат МП1-71	
020 Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний з ЧПК мод. 16K20Ф3	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
025 Токарна з ЧПК	Токарно- гвинторізний з ЧПК мод. 16K2003	
030 Фрезерна	Вертикально- фрезерний 6P11	
035 Свердлильно- різьбонарізна	Радіально- свердильний 2354	
040 Шліцьо- фрезерна	Зубофрезерний напівавтомат 53A20B	
045 Слюсарна	Верстак слюсарний	
050 Термічна	Установка СВЧ	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
055 Мийна	Мийна машина ММ-100	
060 Контрольна	-	

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 $\varnothing 45_{k9}^{+0,018}_{-0,002}$ мм.

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

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

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

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

ρ_{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;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{пер.}} \quad (2.6)$$

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.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 45k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм

Технол. перехід	Елемент припуску				Розрах. припуск $2Z_{\text{min}}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Припуск, Z , мкм	Граничний розмір		Граничний припуск	
	R_z , мкм	T , мкм	ρ , мкм	ϵ , мкм				d_{min}	d_{max}	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Загот.	160	200	590,2	-		47,349	2000	47,37	49,37	-	-
Точіння чистове	50	50	35,41	140	1933	45,416	250	45,43	45,68	1,94	3,69
Точіння напів-чистове	25	25	29,51	-	270,8	45,145	62	45,16	45,222	0,27	0,458
Точіння чистове	5	5	11,6	-	123,2	45,022	30	45,04	45,07	0,12	0,152
Точіння тонке	5	5	-	-	20	45,002	16	45,002	45,018	0,038	0,052

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\text{max}} - 2 \cdot Z_{\text{min}} = \delta_z - \delta_{\text{Д}} \quad (2.7)$$

$$4352 - 2368 = 2000 - 16$$

$$1984 = 1984.$$

На рисунку 2.1 подаємо графічно поле розташування припусків і допусків на обробку розміру $\varnothing 45k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм.

Рисунок 2.1 – Схема графічного розташування припусків і допусків на обробку $\varnothing 45k6^{(+0,018)}_{(+0,002)}$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Результат подаємо у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски на поверхні деталі

№	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм	Квалітет	Технологічний допуск, мкм
1	2	3	4	5	6
1	$\varnothing 72,5H9$	Точіння чорнове	1,8	12	120
		Точіння напівчистове	0,5	11	50
2	$\varnothing 40h9$	Точіння чорнове	1,4	12	300
		Точіння напівчистове	0,5	9	40
3	Профіль черв'яка	Точіння чорнове	8	12	200
		Точіння напівчистове	0,2	9	30
		Точіння чистове	0,05	8	20

На інших поверхнях припуск знімається за один прохід.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі розробляємо конструкцію затискного пристосування для операції фрезерно-центрувальної на верстаті моделі МП-71 (фрезерно-центрувальний), керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний креслений пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 Пристосування затискне

Пристосування складається з таких основних елементів: 1 – плита; 2 – корпус; 3 – призма; 4 – поршень; 5 – притискач; 6 – кришка; 7 – пружина; 8 – кронштейн; 9-11 – палець; 12 – штуцер; 13 – болт; 14-16 – гвинт; 17-19 – кільце ущільнювальне; 20 – шайба; 21 – шпінт; 22 – шпонка.

3.2 Розрахунок зусилля затиску деталі

Дана деталь буде встановлюватися циліндричною поверхнею на призму і притискатися. Базування заготовки здійснюється зовнішньою циліндричною поверхнею (подвійною напрямною базою: точками 1, 2, 3, 4), площиною (опорна база: точка опори 5) і для закріплення заготовки силами P_1 та P_2 одночасно.

При фрезеруванні торців заготовки, найсуттєвішою силою, що впливатиме на заготовку буде осьова сила P_x . Знаємо, що $P_x : P_z = 0,4$.

Складаємо розрахункову схему з зображенням заготовки у кількості проєкцій, достатній для зображення векторів усіх діючих на заготовку сил, до яких відносяться: сили різання, сили затискання заготовки (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Схема дії сил на заготовку

Для надійної роботи пристрою повинна бути витримана наступна умова:

$$F_{mv} \geq P_h \quad (3.1)$$

де F_{tr} – сила тертя,

Так як даний пристрій затискає деталь по двох площинах перетину, то на одному перетині діє сила $P_h / 2$.

Розраховуємо силу різання P_z при фрезеруванні шпонкового пазу. Оберемо інструмент: це буде торцева фреза з матеріалу Р6М5. Глибина різання в даному випадку буде $t = 3,4$ мм, ширина фрезерування $B = 54$ мм, подача $S = 0,12$ мм/зуб.

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z}{D^4 \cdot n^w} \cdot K_{MP} \quad (3.2)$$

де значення коефіцієнтів і показників ступеня: $C_p = 68,2$; $x = 0,86$; $y = 0,72$; $u = 1,0$; $q = 0,86$; $w = 0$;

$t = 3,4$ – глибина фрезерування, мм;

$S_z = 0,12$ – подача на один зуб, мм/зуб;

$B = 54$ – ширина фрезерування, мм;

$Z = 6$ – число зубців фрези;

$D = 60$ – діаметр фрези, мм;

$n=425$ – частота обертання фрези, об/хв;

$K_{mp}=0,97$ – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу.

Тоді

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 3,4^{0,86} \cdot 0,12^{0,72} \cdot 54 \cdot 6}{60^{0,86} \cdot 425^0} = 2571,2 \text{ Н.}$$

Звідки

$$P_h = P_z \cdot 1,2. \quad (3.3)$$

Підставивши значення отримаємо, що $P_h = 2412,7 \text{ Н.}$

Сила тертя буде дорівнювати:

$$F_{тр} = \frac{2571,2}{2} = 1285,6 \text{ Н.}$$

Визначимо силу затискання:

$$F_{тр} = Q \cdot 2 \cdot f, \quad (3.4)$$

звідки

$$Q = \frac{F_{тр}}{2 \cdot f},$$

де Q – сила затискання заготовки затискним пристроєм;

f – коефіцієнти тертя ($f = 0,15$).

Маємо, що

$$Q = \frac{1285,6}{2 \cdot 0,15} = 4285 \text{ Н.}$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Приймаємо пневмоциліндр однобічної дії.

Діаметр поршня виразимо за формулою

$$W = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.5)$$

Звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot p \cdot \eta}},$$

де W – зусилля, що створюється силовим приводом, Н;

p – тиск у пневмосистемі, МПа (приймаємо $p=0,8$ МПа);

η – ККД пневмоциліндра ($\eta=0,9$).

Зусилля силового приводу визначаємо за формулою:

$$W = \frac{Q}{2 \cdot i} + Q_1 \quad (3.6)$$

де Q – сила затискання заготовки;

i – передаточне відношення механізму затиску ($i = \frac{1_1}{1_2} = \frac{98}{83} = 1,2$);

Q_1 – сила пружин затискного пристрою у вихідне положення ($Q_1=125$ Н).

Тоді

$$W = \frac{4285}{2 \cdot 1,2} + 125 = 1910 \text{ Н.}$$

Визначаємо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1910}{3,14 \cdot 8 \cdot 0,9}} = 18,4 \text{ мм.}$$

Для остаточного прийняття діаметру пневмоциліндрів необхідно урахувати коефіцієнт запасу K , що являє собою добуток ряду коефіцієнтів:

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5; \quad (3.7)$$

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує затуплення PI ;

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

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

$K_5 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань.

Підставивши значення одержимо:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,4.$$

Тоді розрахунковий діаметр циліндра дорівнює:

$$D^p = D \cdot K = 18,4 \cdot 1,4 = 25,75 \text{ мм};$$

Враховавши конструкцію пристосування, остаточно приймаємо діаметр циліндра $D_0 = 30 \text{ мм}$.

3.4 Розрахунок слабкої ланки

Найслабшою ланкою затискного пристосування буде палець (поз. 8 на складальному кресленіку), що з'єднує прижим і шток циліндра. Таким чином, розрахуємо його на зріз, знаючі діюче зусилля.

При цьому використовуємо формулу:

$$\tau_3 = \frac{F}{\pi \cdot d^2 / 4} \leq [\tau_3]; \quad (3.8)$$

де $[\tau_3]$ – допустиме напруження на зріз; виходячи з діаметра пальця та матеріалу, з якого він зроблений приймаємо 60 МПа,

F – діюче зусилля, враховуючи, що даний палець несе навантаження в двох місцях діюче зусилля при зрізанні пальця буде у два рази меншим, від зусилля на штоці;

d – діаметр пальця; $d = 8$ мм.

Підставивши значення, одержимо:

$$\tau_3 = \frac{1910 \cdot 0.5}{3,14 \cdot (8 \cdot 10^{-3})^2 / 4} = 19 \leq [60] \text{ МПа.}$$

Як бачимо, умова міцності виконується.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал черв'ячний», що виготовляється із вуглецевої легованої сталі 40Х найбільш доцільними буде два способи: прокат та штампування на ГKM [1, 4, 34].

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

Визначимо коефіцієнти використання матеріалу при прокаті й при штампуванні за формулою:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}}, \quad (4.1)$$

де $m_{\text{д}}$, $m_{\text{з}}$ – маси деталі й заготовки відповідно.

Маса готової деталі $m_{\text{д}} = 7,8$ кг, маса заготовки із прокату $m_{\text{з}} = 15,54$ кг, орієнтовна маса проєктованого штампування $m_{\text{з}} = 10,2$ кг.

Прокат:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{7,8}{15,54} = 0,5.$$

Штампування:

$$K_{\text{в.м}} = \frac{7,8}{10,2} = 0,8.$$

Як видно за коефіцієнтами використання матеріалу, штампування має менші втрати металу, чим заготовка із прокату.

Визначимо вартість заготовки із прокату:

$$S_{\text{заг}} = m_{\text{з}} \cdot \frac{S_{\text{np}}}{1000} - (m_{\text{з}} - m_{\text{д}}) \cdot \frac{S_{\text{м.к}}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_{np} – вартість 1 тони прокату ($S_{np} = 35000$ грн/т),

S_{omx} – вартість 1 тони відходів ($S_{omx} = 10000$ грн/т).

$$S_{заг} = 15,54 \frac{35000}{1000} - (15,54 - 7,8) \frac{10000}{1000} = 467 \text{ грн.}$$

Вартість штампування

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} m_s \cdot k_m \cdot k_c \cdot k_b \cdot k_M \cdot k_n \right) - (m_i - m_o) \frac{S_{омх}}{1000}, \quad (4.3)$$

де C_i – вартість 1 тони заготовок отриманих штампуванням ($C_i = 35000$ грн/т),

k_m, k_c, k_b, k_M, k_n – коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу й обсягу виробництва ($k_m = 0,8$; $k_c = 1,1$; $k_b = 1,14$; $k_M = 1,05$; $k_n = 1,04$).

Вартість штампування складе:

$$S_{заг} = \left(\frac{35000}{1000} \cdot 10,2 \cdot 0,8 \cdot 1,14 \cdot 1,05 \cdot 1,04 \right) - (10,2 - 7,8) \frac{10000}{1000} = 367 \text{ грн.}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (467 - 367) \cdot 700 = 70000 \text{ (грн.)}$$

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

4.2 Розрахунок загального освітлення

Проведемо розрахунок загального освітлення цеху лампами ДРЛ 250. Даний розрахунок має на меті визначення кількості світильників, що забезпечують необхідне значення освітленості [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Розраховуємо загальне рівномірне освітлення приміщення площею 200 м² з освітленістю 300 лк. Коефіцієнти відбиття: підлоги – 30%, стін – 50%, стелі – 70%.

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N}; \quad (4.4)$$

звідки визначимо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi \cdot n}; \quad (4.5)$$

де $E_n = 300$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,5$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 200$ м² – площа приміщення, що освітлюється (механічне відділення);

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

n – число ламп у світильнику, 2.

Коефіцієнт використання η знаходимо, попередньо визначивши індекс приміщення i за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.6)$$

де a , b – довжина та ширина цеху відповідно: $a = 10$ м, $b = 20$ м;

h – розрахункова висота:

$$h = H - h_r, \quad (4.7)$$

де $H = 12,6$ м – висота від підлоги до ферми;

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

Тоді маємо, що

$$h = 12,6 - 1,2 = 11,4 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення дорівнює

$$i = \frac{10 \cdot 20}{11,4 \cdot (10 + 20)} = 0,58.$$

Знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,4$

Світловий потік ламп ДРЛ-250 становить $\Phi = 13000$ (лк).

Тоді знаходимо необхідну кількість світильників:

$$N = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 200 \cdot 11}{0,4 \cdot 13000 \cdot 2} = 9,5 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху 10 світильників по 2 лампи ДРЛ-250, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Екологічна шкода від застосування ртутних ламп

Ртутні лампи ДРЛ (дугові ртутні лампи високого тиску) використовуються для освітлення вулиць, промислових та громадських об'єктів. Однак їх застосування пов'язане з низкою екологічних ризиків. Розглянемо їх.

1. Токсичність ртуті. Лампи ДРЛ містять ртуть, яка є високотоксичною речовиною. При руйнуванні лампи ртуть випаровується і може потрапити у повітря чи ґрунт, що становить загрозу для живих організмів. У природі ртуть може накопичуватися в організмах і входити в харчовий ланцюжок, накопичуючись в організмах вищих рівнів, включаючи людей.

2. Забруднення ґрунту та води. Якщо лампа викидається неправильно (наприклад, потрапляє на звалище без попередньої утилізації), ртуть може потрапити в ґрунтові води та ґрунт, поширюючись у навколишньому середовищі. Це погіршує якість води та впливає на сільське господарство та біорізноманіття.

3. Небезпека здоров'я людей. При попаданні в довкілля ртуть може викликати отруєння у людей. Пари ртуті шкідливі для дихальної системи, нервової та імунної системи, особливо небезпечні для дітей та вагітних жінок.

4. Складність утилізації. Ртутні лампи вимагають спеціальної утилізації, тому що просто викидати їх разом із звичайними відходами небезпечно для довкілля. Це ускладнює процес переробки та потребує додаткових витрат.

5. Альтернатива ртутним лампам. Сучасні технології пропонують екологічно безпечні варіанти освітлення, такі як світлодіодні (LED) лампи. Вони не містять ртуть, споживають менше енергії та мають більш тривалий термін служби, що знижує частоту заміни та утилізації.

Тому для зменшення негативного впливу на екологію та здоров'я людей рекомендується мінімізувати використання ртутних ламп та переходити на більш безпечні та енергоефективні рішення.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вузла, винесеного на розгляд. Проведено аналіз деталі, що є складовою приведу електричної талі, а саме валу черв'ячного. 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 валу черв'ячного. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 45k6^{+0,01^{\circ}}_{+0,002}$ мм та інших поверхонь.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки (фрезерно-центрувальна операція). Проведено розрахунок зусилля затиску, параметрів силового приводу, а також слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу черв'ячного. Річний економічний ефект для програми випуску 700 шт. склав 70000 грн. Окрім того, здійснено розрахунок загального освітлення виробничого приміщення за встановленими розмірами. Висвітлено екологічну шкоду від застосування ртутних ламп та запропоновано їм альтернативну заміну.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик приводу електричної талі, кресленик валу черв'ячного, кресленик заготовки валу черв'ячного, складальний кресленик пристосування для виконання операції механічної обробки.