

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: «Конструкторсько-технологічні аспекти
виготовлення барабану лебідки»

КРБ.133ГМбд_31[2].14.00.00.000 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]
ШКАРУПА Владислав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
БАСОВА Юлія

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, електричні лебідки представляють собою обладнання, що використовується у різних галузях, зокрема у сільському господарстві, як для піднімання, так і опускання вантажів. Там, де людських зусиль недостатньо, лебідка буде незамінною. Вона дозволяє механізувати людську працю. Технічні характеристики лебідок дозволяють застосовувати їх для значного обсягу робіт.

Відмінною особливістю даного обладнання є стабільна надійність під час роботи та простота в обслуговуванні. Лебідка нескладна в експлуатації та доволі зручна.

Саме тому розробка та удосконалення деталей машин та підйомно-транспортного обладнання є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме барабан, є складовою частиною вантажної лебідки, що призначена для вантажно-розвантажувальних робіт.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є лебідка вантажна, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення барабану, що входить до її 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;
- 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 лебідка вантажна, що застосовується для вантажно-розвантажувальних робіт з продукцією сільськогосподарського виробництва (рисунок 1.1, таблиця 1.1). Лебідки виробляють з ручним та електричним приводом.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика лебідки

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Тягове зусилля	кН	2,0
2	Діаметр дроту	мм	6,0
3	Довжина дроту	м	30
4	Швидкість навивання дроту	м/с	0,3
5	Потужність електродвигуна	кВт	1,5
6	Габаритні розміри	мм	735×635×700
7	Маса	кг	420

До складу лебідки вантажної входять такі вузли: електродвигун, гальмо, редуктор, барабан, черв та ін.

Обертальний момент, що отримує барабан, передається з електродвигуна через шків, що обертає черв'як. Далі за допомогою зубчастого зачеплення черв'яка з черв'ячним колесом барабан починає рухатися.

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

Рисунок 1.1 – Лебідка (конструктивна схема)

Рисунок 1.2 – Барабан

Барабан призначений для навивання на його зовнішню циліндричну поверхню дроту, тим самим відбувається піднімання вантажу. Виготовлений методом литва з чавуну із пластинчатим графітом марки СЧ 15 ДСТУ 8833:2019.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Барабан» 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].

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Барабан»

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Внутрішня циліндр. поверхня	$\varnothing 85^{+0,14}$	H14	-	-	10
2	Циліндр. поверхня	$\varnothing 420_{-0,097}$	h8	-	-	10
3	Внутрішня циліндр. поверхня	$\varnothing 85^{+0,22}$	H11	-	-	10
4	Внутрішня циліндр. поверхня	$\varnothing 85^{+1.0}$	-	-	-	25

Рисунок 1.3 – Барабан

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
5	Циліндрична поверхня	$\varnothing 358_{-1,5}$	-	-	-	25
6	Торцева поверхня	$100^{+0,8}$	-	-	-	25
7	Отвір	$\varnothing 20$	H14	-	-	25
8	Різьба	M10	H14	-	-	25

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня, що виконується за 8 квалітетом. Найнижча шорсткість за значенням Ra 10 мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Барабан виготовлено із чавуну марки СЧ 15 за ДСТУ 8833:2019 [24, 37]. Даний матеріал застосовується для виготовлення різноманітних виливків, зокрема барабанів, картерів, кришок, коробок швидкостей, всмоктувальних та вихлопних труб, маховиків, цапф, корпусів редукторів, деталей хімічного машинобудування, деталей, що працюють на стиск (башмаки, колони) в будівництві, дрібних та середніх невідповідальних деталей дизелебудування, каналізаційних труб, радіаторів опалення, відливки для парових стаціонарних турбін, турбінного обладнання атомних електростанцій, елементів парових котлів і трубопроводів, гідравлічних турбін, гідрозатворів та іншого обладнання енергетичного машинобудування, корпуси колонок, корпуси підшипників, кришки-опори, рами підшипників, рами фундаментів, вкладиші, втулки, стійки, патрубки, кожухи.

Хімічний склад базового матеріалу та його можливої заміни та механічні властивості наводимо у таблиці 1.3, фізичні властивості – таблиця 1.4.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марки чавуну	Масова доля елементів, %				
	Вуглець	Кремній	Марганець	Фосфор	Сірка
				Не більше	
СЧ 15	3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15
СЧ 20	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15

Примітка. Допускається низьке легування чавуну різними елементами (хромом, нікелем, міддю та іншими).

Таблиця 1.5 – Фізичні властивості матеріалу деталі

Марка чавуну	Щільність ρ , кг/м ³	Лінійна усадка ϵ , %	Модуль пружності при розтягуванні, $E \times 10^{-2}$ МПа	Теплопровідність при температурі від 20 до 200°C, С, Дж	Коефіцієнт лінійного розширення при температурі від 20 до 200°C α	Теплопровідність при 20°C, λ , Вт
СЧ 15	7,0×103	1,1	Від 700 до 1100	460	9,0×10-6	59
СЧ 20	7,1×103	1,2	Від 850 до 1100	480	9,5×10-6	54

Отже, обраний замінник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в барабані лебідки у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

де $N_{вип}$ – 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.

$$N_{зан} = (300 + 0,04 \cdot 300) \cdot (1 + 0,025) = 320(\text{шт.}).$$

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 машини, вузла, деталі являється технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці. В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів з ЧПК конструктор може створити деталь зі складною поверхнею, а не спрощувати її. Це має значення для міцності, а багатоінструментальна обробка та велика концентрація переходів вимагають більше точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до більшості поверхонь.

Під час аналізу креслення деталі було виявлено, що вона практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу та часу. 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.

$$Cm = \frac{74}{103} = 0,72.$$

Коефіцієнт уніфікації:

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

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$V = \frac{29}{103} = 0,28.$$

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 є технологічною та придатною для виготовлення, застосування та експлуатації.

Технологічність конструкції барабану 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 барабану

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Цей показник технологічності є задовільним.	Заготовка має зручні технологічні бази.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Деталь повністю відповідає даній вимозі.	-
3	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань	Деталь має циліндричну форму, отже цей показник є задоволеним.	-
4	У верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів, відмінних від 45° та 90°	Деталь повністю відповідає цьому показнику.	-
5	Конструкція деталі не повинна мати різьбові отвори менше М6 для можливості автоматизованої обробки	Дана деталь має різьбові отвори М10, тому повністю задовольняє цей показник.	-

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

При виготовленні заготовки барабану використовується литво в земляні форми. Цей метод литва дозволяє отримати заготовку досить точну і з малою шорсткістю поверхні (12 квалітет, шорсткість $R_z=20\ldots 10\text{мкм}$). Використання цього методу дає змогу зменшити механічну обробку.

При використанні універсальних верстатів застосовувався звичайний різальний інструмент. Нами пропонується використовувати спеціальні верстати і верстати із ЧПК, що дозволяють використовувати прогресивний різальний інструмент. Таким чином ми зменшуємо кількість переходів механічної обробки, зменшуємо шкідливий вплив на навколишнє середовище, завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання.

Також нами запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструмент, що дозволить зменшити час вимірювання, а разом з тим і штучний час.

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:

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

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, δд, мм	Шорсткість R _a за кресленням	Допуск заготовки, δε, мм	Квалітет припустимий	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Проміжний ступень уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1, 3	10	0,14	10	2,2	16	4,78	1	Розточування чорнове	12	0,46	4,78	4,7
								Розточування напівчистове	10	0,14	4	
							2	Розточування напівчистове	12	0,2	2,3	4,7
								Розточування чистове	10	0,14	1,74	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	8	0,097	10	2,4	16	30	1	Точіння попереднє	12	0,52	4,62	30
								Точіння чистове	9	0,13	4	
								Шліфування одноразове	8	0,097	1,6	
							2	Точіння попереднє	12	0,52	4,62	30
								Точіння чистове	9	0,13	4	
								Точіння тонке	8	0,097	1,6	
4	14	1,0	25	2,4	16	7,5	1, 2	Розточування одноразове	14	1,0	7,5	7,5
5	14	1,5	25	2,4	16	7,5	1, 2	Точіння одноразове	14	1,5	7,5	7,5
6	14	0,8	25	2,5	16	8,6	1, 2	Точіння одноразове	14	0,8	8,6	8,6
7	14	0,6	25	10	16	21,2	1, 2	Свердління	14	0,6	21,2	21,2

Більш економічним є 1-ий варіант обробки, бо задані параметри точності поверхні досягаються на найменшій кількості верстатного обладнання. Це дає змогу економити на основних фондах.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Заготівельна		Виливка барабану.
010 Термічна	Піч електрична камерна СНЗ	Відпалювання - нагрів на 500-600°C, охолодження разом з піччю до 250°C, час – 6 годин.
015 Токарна	Токарно- гвинторізний із ЧПК моделі 16K30Ф305	1. Підрізати правий торець. 2. Підрізати виступаючий правий торець. 3. Точити фаску коло виступаючого торця. 4. Точити поверхню максимального зовнішнього діаметра. 5. Підрізати внутрішній торець справа. 6. Точити бочку циліндричної поверхні. 7. Точити галтелі. 8. Розточити внутрішній отвір попередньо, напівчисто, начисто. 9. Розточити фаску отвору правого торця.

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
020 Токарна	Токарно-гвинторізний із ЧПК моделі 16K30Ф305	1. Підрізати другий виступаючий торець. 2. Підрізати торець. 3. Точити циліндричну поверхню, та підрізати торець. 4. Точити фланцеву поверхню. 5. Підрізати торець. 6. Точити галтелі на фланці. 7. Точити фаску на фланці. 8. Точити поверхню виступу на торці. 9. Точити фаску на виступі торця. 10. Розточити внутрішній отвір. 11. Розточити фаску на внутрішньому отворі.
025 Слюсарна	Верстак слюсарний	Притупити гострі крайки.
030 Фрезерна	Вертикально фрезерний верстат моделі 16P11	Фрезерувати паз.
035 Свердлильна	Радіально-свердлильний верстат моделі 2M55	Свердлити два отвори.
040 Контрольна	Стіл ВТК	Контролювати розміри відповідно до робочого кресленика.

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 $\varnothing 420h8_{(-0,097)}$ 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;

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:

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

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 2.3.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$3070-1617=1550-97;$$

$$1453=1453.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 420h8(-0,097)$ мм

Технологічний перехід	Величина, що визначається, мкм			$2Z_{\min}$, мкм	d_p , мм	Допуск на розмір, δ , мкм	Граничний розмір, мкм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	H	ε_y				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	200	200	300	-	421,523	1550	421,52	423,07	-	-
Точіння попереднє	50	50	0	1400	420,123	630	420,12	420,75	1400	2320
Точіння чистове	5	5	0	200	419,923	155	419,92	420,075	200	675
Шліфування	5	15	0	20	419,903	97	419,903	420	17	75
Сума									1617	3070

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки барабану розробляємо конструкцію затискного пристосування для операції свердлильної обробки на верстаті моделі 2М55 (радіально-свердлильний), керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Пристосування складається з таких основних елементів:

- чавунний корпус 1;
- кришка 2, яка з'єднується з корпусом 1;
- опорна втулка 3, на яку встановлюється та базується деталь;
- палець 4, вертикальний рух якого призводить до затиску деталі.

У якості привода використовується пневмоциліндр двохсторонньої дії, керування яким здійснюється за допомогою розподільного крану.

Принцип роботи пристосування наступний:

Оброблювана деталь встановлюється на опорну втулку 3 та центрується за допомогою пальця 4 мм. На палець 4 насаджується плита 5 з посадженими на ній кондукторними втулками 6. Плита на пальці фіксується кільцем 25.

Розподільчим краном подається повітря у ліву робочу порожнину пневмоциліндра 11. Шток 9, який переміщується вправо з допомогою роликів 18, примушує палець 4 переміщатися вниз, тим самим, відбувається затиск деталі. Після обробки, для розтискання, розподільчим краном подаємо повітря у праву робочу порожнину пневмоциліндра, шток переміщується вліво і завдяки пружині 26, яка тисне на палець і підіймає його, звільняється деталь.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

3.2 Розрахунок зусилля затиску

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

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

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

$$F_{TP} = Q \cdot f_{TP}, \quad (3.2)$$

де $f_{TP}=0,1$ – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$Q \cdot f - K \cdot P_o = 0. \quad (3.3)$$

Звідки

$$Q = \frac{K \cdot P_o}{f_{TP}},$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ – коефіцієнт запасу.

$K_0 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує затушення PI ;

$K_3=1,2$ – 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

$$K = 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 1,44.$$

Розрахуємо силу різання при свердлінні за формулою [7, 28]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P; \quad (3.4)$$

де $C_p = 42$; $x = 1,2$; $y = 0,75$; $n = 0$ – коефіцієнти за [7, 28];

$t = 10$ мм – глибина різання;

$S = 0,005$ мм/об – подача;

$V = 10$ м/хв. – швидкість різання.

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_P = K_{mP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (3.5)$$

де $K_{mP} = 0,7$; $K_{\phi P} = 1,0$; $K_{\gamma P} = 1,1$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{rP} = 0,7$.

Тоді,

$$K_P = 0,7 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,7 = 0,5.$$

$$P_o = 10 \cdot 42 \cdot 10^{1,2} \cdot 0,005^{0,75} \cdot 10^0 \cdot 0,5 = 62,6 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$Q = \frac{62,6 \cdot 1,44}{0,1} = 901,44 \text{ (Н)}.$$

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:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.6)$$

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

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 901,44$ (Н).

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4} \cdot \eta, \quad (3.7)$$

з цієї формули визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (3.8)$$

де D – діаметр поршня;

$\eta=0,9$ – ККД пневмоциліндра;

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

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 901,44}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 46 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D=50$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки

Розрахунок проведемо для вісі, що фіксує ролик, поз. 18. Розрахунок виконуємо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.9)$$

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

$$P_{\max} = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4} \cdot \eta, \quad (3.10)$$

$$P_{\max} = \frac{\pi \cdot 0,05^2 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{4} \cdot 0,9 = 1060 \text{ (Н)};$$

$[\tau] = 70 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зріз;

$F_{\min}$ – площа поперечного перерізу вісі, мм^2 ;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.11)$$

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

Тоді, за формулою (3.9) маємо

$$\tau = \frac{1060}{78,5} = 13,5 \text{ (МПа)},$$

$$13,5 < 70.$$

Отже робимо висновок, що міцність вісі достатня.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки барабану лебідки: литво в піщано-глиняні форми та литво у кокіль [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

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

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

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг ($Q_{\text{д}} = 144$ кг);

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

$$Q_{\text{заг}} = \frac{144}{0,6} = 240 \text{ (кг)}.$$

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

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{k_i} = \frac{144}{0,7} = 206 \text{ (кг)}.$$

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

$$C_{\text{в}} = 0,001 [C_{\text{бв}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) C_{\text{вх}}], \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$C_{\text{бв}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{бв}}=800000$ грн. [1];

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1 т відходів, $C_{\text{вх}}=8000$ грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності: $K_{\text{ТВ}}=1,0; 1,32$;

б) залежно від маси виливка: $K_{\text{ПМВ}}=0,81$;

в) залежно від групи складності: $K_{\text{СВ}}=0,94$;

г) залежно від матеріалу: $K_{\text{МВ}}=1,04$;

д) залежно від відносного потоншення основних стінок: $K_{\text{СТ}}=1,0$.

Визначаємо собівартість при литві у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в}}=0,001(80000 \cdot 240 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1 - (240 - 144) \cdot 8000) = 14436 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість при литві в кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(80000 \cdot 206 \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1 - (206 - 144) \cdot 8000) = 16723 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво у піщано-глиняні форми із машинним формуванням. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (16723 - 14436) \cdot 300 = 686100 \text{ грн.}$$

Остаточню приймаємо спосіб виготовлення виливка деталі – литво в піщано-глиняні форми із машинним формуванням.

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 $18 \times 24 \times 10$ м з освітленістю 200 лк. Коефіцієнти відбиття: підлоги – 50%, стін – 30%, стелі – 10%.

В залежності від способу визначення світлового потоку розрізняють два методи розрахунку: коефіцієнта використання і точковий. Метод коефіцієнта використання дозволяє забезпечити середнє освітлення поверхні з врахуванням всіх падаючих на неї потоків, як прямих, так і відображених. Його застосовують для розрахунку загального рівномірного освітлення горизонтальних поверхонь.

Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N}; \quad (4.3)$$

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

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

де $E_n = 200$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

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

$S = 432$ м² – площа приміщення, що освітлюється (механічне відділення);

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

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

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.5)$$

де a , b – довжина та ширина цеху відповідно: $a = 18 \text{ м}$, $b = 24 \text{ м}$;

h – розрахункова висота:

$$h = H - h_r, \quad (4.6)$$

де $H = 10 \text{ м}$ – висота від підлоги до ферми;

$h_r = 1,2 \text{ м}$ – висота від підлоги до робочого місця.

Тоді маємо, що

$$h = 10 - 1,2 = 8,8 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення дорівнює

$$i = \frac{18 \cdot 24}{8,8 \cdot (18 + 24)} = 1,17.$$

Знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,59$.

Світловий потік ламп ДРЛ-250 становить $\Phi = 13500 \text{ (лк)}$.

Тоді знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{200 \cdot 1,5 \cdot 432 \cdot 1,15}{0,59 \cdot 13500} = 18,7 \text{ (шт)}.$$

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

4.3 Мікрофлора повітря

Мікроорганізми розмножуватися у повітрі не можуть внаслідок недостатності вологи та відсутності необхідних поживних речовин. Джерелом бактеріального зараження атмосфери є пил та краплини вологи різноманітного походження. Усе більшу занепокоєність викликають фактори антропогенного потрапляння бактерій та грибків до атмосфери. Це зумовлено процесами урбанізації та індустріалізації сільськогосподарського виробництва, розвитку мікробіологічної промисловості.

Склад мікрофлори атмосфери різноманітний. Він визначається ступенем забруднення повітря мінеральними та органічними аерозолями, температурою, вологістю, швидкістю переміщення повітряних мас та іншими факторами. Постійна складова мікрофлори повітря конкретного регіону (пігментноутворюючі коки, палички, бацили, грибки) визначаються складом мікроорганізмів у його ґрунті. Зі збільшенням висоти, а також у зоні зелених насаджень повітря стає чистішим: вже на висоті 500 м в 1 літрі повітря спостерігається не більше трьох бактерій. У той же час у нижніх шарах атмосфери їх число сягає 2000 у кожному кубічному метрі. Атмосферні опади викликають інтенсивне осідання мікроорганізмів із пилом, тобто очищують повітря, а вітер забруднює його, піднімаючи пил. Тому в атмосфері влітку (особливо за сухої погоди) мікробів більше, ніж взимку.

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 лебідки вантажної, а саме барабану. 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 барабану. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 420h8_{(-0,097)}$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки барабану, а саме свердління отворів 20 мм. Здійснено розрахунок зусилля затиску, а також параметрів силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки барабану лебідки. Річний економічний ефект для програми випуску 300 шт. склав 686100 грн. Окрім того, здійснено розрахунок загального освітлення виробничого приміщення за встановленими розмірами. Приділено увагу мікрофлорі повітря.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик лебідки вантажної, кресленик барабану, кресленик заготовки барабану, складальний кресленик пристосування для виконання операції механічної обробки свердлінням.