

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: «Підготовка машинобудівного виробництва для виготовлення поршня вузла пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням»

КРБ.133ГМбд_21[1].09.00.00.000 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]
НІКОЛЕНКО Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Вузол пневматичної гальмівної системи, що розглядатиметься у даній кваліфікаційній роботі, представляє собою пристрій, за допомогою якого можлива робота стоянкового гальма автомобілю-зерновозу під час транспортування збіжжя.

Проста конструкція, висока надійність, довготривалість експлуатації, універсальність застосування – це основні переваги даної конструкції.

Саме тому розробка та удосконалення конструкцій пристроїв, за допомогою яких забезпечується працездатність гальмівних систем транспортних засобів (через зміну подачі стиснутого повітря) є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме поршень, є складовою частиною вузла пневматичної гальмівної системи ручного керування, що працює у складі вантажних транспортних засобів.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вузол пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення поршня, що входить до його складу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;
- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також розрахувати зусилля затиску, параметри силового приводу, а також слабку ланку;

- 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 вузол пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

а) б)

Рисунок 1.1 – Вузол пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням:

а – вигляд загальний; б – конструктивна схема

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

№ з.п.	Найменування параметра	Розмірність	Значення
1.	Робочий тиск (не більше)	МПа	0,8
2.	Приєднувальні різьби	-	M14×1,5
3.	Температурний інтервал	°C	+45...+60
4.	Маса	кг	12

Вузол пневматичної гальмівної системи має доволі важливе призначення. У пневматичній гальмівній системі транспортних засобів він надає можливість здійснити перевірку стоянкового гальма автомобіля, коли необхідно утримати на схилі автопоїзд, якщо причеп перебуває у розгальмованому стані. За рахунок

повороту рукоятки крану здійснюється механічне керування ним. Забезпечує випуск стиснутого повітря з магістралі. Остання здійснює керування гальмами, як стоянковим, так і захисним.

Принцип роботи вузла наступний (рисунок 1.1, б). До виводу I підводиться стиснуте повітря з повітряного балону приводу гальм стоянки та запасних гальм. Коли перевести рукоятку 1 у положення «Рух» та «Гальмування» клапан, поз. 6, притиснутий сидлом у торець корпусу, поз. 8, пружиною, поз. 7. Поршень, поз. 5, знаходиться у верхньому крайньому положенні за рахунок дії пружини, поз. 4. Через канал В до порожнини Г надходить стиснуте повітря. Вона з'єднана з виводом IV через канал Д, що керує гальмами причепа із двопровідним приводом.

Якщо рукоятка, поз. 1, переміститься у положення «Перевірка», то поверхня упору, поз. 2, за рахунок гвинта, поз. 3, перемістить поршень, поз. 5, вниз, долаючи супротив пружини, поз. 4. На клапан, поз. 6, сідає поршень, поз. 5. У даному випадку канал В роз'єднується із каналом Д, а також IV виводом. Рухаючись далі, поршень, поз. 5, відкриває клапан, поз. 6. З виводу I стиснуте повітря потрапляє до порожнини Г. Остання сполучається із IV виводом. Потім повітря потрапляє до вузла. У даному випадку відбувається розгальмовування причепа. У свою чергу автомобіль продовжують утримувати пружинні енергоаккумулятори. Якщо повернути рукоятку, поз. 1, в положення I чи II, то у цьому разі упор, поз. 2, на поршень, поз. 5, не діятиме. Поршень займе початкове положення. Клапан, поз. 6, сідає на корпус, поз. 8. Порожнина Г не сполучатиметься із виводом I. Канал В з'єднується із IV виводом.

Фіксація вузла на транспортному засобі відбувається гвинтами із метричною різьбою М6. Монтується у кабіні водія. При інсталяції необхідно врахувати зручність користування, а також можливість монтажу трубопроводів до різьбових отворів М14×1,5. Усі ущільнення арматури виконуються гумовими виробами. Не припустимим є використання рідких ущільнювачів (герметиків, композицій).

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є поршень (рисунок 1.2). Він призначений для відкривання та закривання вузла за рахунок поздовжньо-

поступального руху під дією пружини та упору. Виготовлений поршень із дюралюмінію марки Д16 за ГОСТ 4784-97.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Поршень» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунк 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 «Поршень»

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Шорсткість, R_a , мкм
1	2	3	4	5
1	Торець	$46,2_{-0,62}^{+0,62}$	h14	6,3
2	Торець	$38,7 \pm 0,31$	js14	6,3
3	Торець	$8,5 \pm 0,18$	js14	6,3
4	Фаска	$1,7 \times 45$	$\pm IT14/2$	6,3
5	Торець	$11_{-0,43}^{+0,43}$	h14	3,2
6	Торець	$3_{+0,14}^{+0,14}$	H13	3,2
7	Циліндрична	$\varnothing 3,5_{+0,3}^{+0,3}$	H14	12,5
8	Фаска	30^0	$\pm IT14/2$	6,3
9	Торець	$2_{-0,4}^{+0,4}$	h15	6,3
10	Фаска	$1,2 \times 45^0$	$\pm IT14/2$	6,3
11	Торець	9,5	$\pm IT14/2$	6,3
12	Фаска	$1,6 \pm 0,4 \times 15^0$	$\pm IT14/2$	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5
13	Торець	11,2	$\pm IT14/2$	6,3
14	Фаска	$1,6 \times 45^0$	$\pm IT14/2$	6,3
15	Різьба	M8	7H	6,3
16	Циліндрична	$\varnothing 11,5_{-0,25}^{-0,15}$	b11	3,2
17	Циліндрична	$\varnothing 12_{-0,52}$	h14	3,2
18	Циліндрична	$\varnothing 11,7$	$\pm IT14/2$	6,3
19	Циліндрична	$\varnothing 13_{-0,43}$	h14	3,2

Рисунок 2.2 – Поршень

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня №15. Найнижча шорсткість $Ra = 3,2$ мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного підприємства.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні деталі даного вузла в якості матеріалів застосовується дюралюміній Д16 ГОСТ 4784-97. Сплав алюмінію відноситься до матеріалів, що за міцністю та підвищеною стійкістю не поступаються деяким сталям. При цьому його щільність та цитова вага у рази менші [24, 37].

Основним легуючим елементом сплаву є марганець, що на міцність не впливає, але відповідає за опір корозії матеріалу та поліпшення механічних якостей. Негативно впливає на пластичність та міцність сплаву наявність великої кількості кремнію та заліза, тому їх кількість суворо регламентується стандартом.

Сплав випускається у чистому виді та після спеціальної обробки. Головний недолік Д16 – відносно невелика антикорозійна стійкість. Для її підвищення застосовується планкування чи анодування, а також гартування для підвищення характеристик міцності. Гартування та старіння у тому числі здійснюються і по відношенню як до готових виробів, а також напівфабрикатів.

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 мате- ріалу	Механічні властивості		Масова частка хімічних елементів, %								
	σ_B , МПа	HB·10 ⁻¹ , МПа	Al	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Ni	Ti	Zn
Д16	460	460	90,9	0,5	0,5	1,2-1,8	0,3-0,6	3,8-4,9	0,1	0,1	0,3
Д18	300	170	95,1	0,5	0,5	0,2-0,5	0,2	2,2-3	0,1	0,1	0,2

Матеріал має низьку тепло- та електропровідність, призначений для використання за умов до 250°C. Не схильний до розтріскування, але при підвищених температурах (понад 80°C) виникає міжкристалічна корозія, знижується пластичність і міцність.

Даний матеріал користується надзвичайним попитом у промисловості, тому має безліч закордонних аналогів із подібними параметрами.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла у кількості 850 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 запчастини, 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 запчастини.

$$N_{\text{зан}} = (850 + 0,04 \cdot 850) \cdot (1 + 0,025) = 900 \text{ (шт.)}.$$

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 вузла, що винесений на розгляд, не є складною. Особливість полягає у тому, що більшість деталей є оригінальними. Процес складання відбувається слесарем-складальником без особливих проблем. Операції щодо підгонки окремих деталей відсутні. У разі проведення періодичного технічного обслуговування або ремонтних робіт вузол легко розбирається та складається. На підставі аналізу точності виготовлення окремих поверхонь можемо відмітити, що вузол функціонуватиме належним чином. Можна зазначити, що доволі точними є базові поверхні. Дотриманий принцип сталості та єдності базування. Без розбирання також можливо здійснити процес регулювання та налаштування вузла. Деталі мають належний конструктив. Саме це забезпечує належну точність виробу у цілому [23].

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

Повні результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність поршня

№ з.п.	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1.	Ступінчасті вали повинні мати невеликі перепади, а довжини ступенів повинні бути кратними для можливості обробки деталі на багаторізцевих верстатах.	Обробляється на багаторізцевому верстаті. Дана умова нас задовольняє.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2.	Вали повинні мати центрувальні отвори для базування при обробці контролі.	Центрувальні отвори існують, отже дана умова виконується.	-
3.	При наявності на валу шпонкової канавки розмір від гна канавки необхідно проставляти від нижнього краю циліндра при базуванні у прізмі.	Шпонкова канавка відсутня.	-

Отже, можна зробити висновки, що в цьому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз робочого технологічного процесу виготовлення

Поршень виготовляють з прутка Ø20 мм з матеріалу Д16 за ГОСТ 4784-97. Оскільки деталь виготовляти за умов одичного виробництва, то при її виготовленні на підприємстві використовували стандартні універсальні пристосування, універсальні верстати, різальний інструмент. За умов серійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК та пристрої спеціальної конструкції. Застосування прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання. Це значно зменшує літучий час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшує собівартість деталі.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – 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 $\varepsilon=3\dots4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon=1,5\dots2$. Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосовувати формулу:

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

Для обробки поверхні поршня $\varnothing 11,5_{-0,25}^{-0,15}$. Допуск за кресленням 0,1 мм, допуск заготовки 1,5 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,5}{0,1} = 15.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 15}{0,46} = 0,76 \approx 1..$$

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (рисунок 2.1, таблиця 2.2).

Рисунок 2.1 – Поршень

Таблиця 2.2 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005		

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
005 (продовження)		
010		-0,15 -0,26

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
010 (продовження)		
015		
020		-0,15 -0,26
025		
030		
035		
040		

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 $\varnothing 11,5b11_{(-0,25^{-0,15})}$ мм.

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

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

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

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

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, прямокутності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_3 - \delta_{\text{д.}} \quad (2.5)$$

$$2040 - 1040 = 1100 - 100;$$

$$1000=1000.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 11,5b11(-0,25^{-0,15})$ мм

Технологічний перехід	Величини, що визначається			$2Z_{\min}$, мкм	d_p , мм	Допуск на розмір, δ , мкм	Граничний розмір, мкм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	H	ϵ_y				$D_{\max}$	$D_{\min}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Прокат										
Точіння чорнове										
Точіння напівчистове										
Сума										

Отже, припуски та міжопераційні розміри розраховано вірно. Будуємо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 11,5b11(-0,25^{-0,15})$ мм на рисунку 2.2.

Рисунок 2.2 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 11,5b11(0,25^{-0,15})$ мм

2.6 Розрахунок похибки базування

Похибка базування являє собою відхилення досягнутого положення від необхідного при базуванні. Розрахунок похибки базування виконується тоді, коли порушується принципи єдності баз, тобто на суміщені вимірювальні та технологічні бази.

У нашому випадку на токарній операції 020 поршень закріплюється за допомогою патрона та у центрі.

Похибка координатного розміру складається не тільки з похибки базування ε_b , а ще й з похибки закріплення ε_z та похибки пристрою (положення) ε_{np} .

Ця сума похибок складає похибку встановлення:

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}. \quad (2.6)$$

Полтавський державний аграрний університет

Похибка пристосування не зв'язана з процесом установлення, тому часто її враховують при розрахунках точності окремо. Тоді

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{\varepsilon_o^2 + \varepsilon_z^2}. \quad (2.7)$$

У загальному випадку похибка встановлення не повинна перевищувати 1/3...1/10 допуску на відповідний оброблюваний розмір деталі.

Для нашого випадку маємо

$$\varepsilon_{вст} = T/5 = 110/5 = 25 \text{ мкм}$$

де T – допуск на оброблюваний розмір (товщина поверхні), $T = 110$ мкм.

Як відомо, похибка встановлення повинна бути рівна або менша від допустимої:

$$\varepsilon_{вст} \leq [\varepsilon], \quad (2.8)$$

$$\text{де } [\varepsilon] = (0,7 \dots 0,8)T = 0,75 \times 110 = 75 \text{ мкм.}$$

Тобто

$$\varepsilon_{вст} = 25 < [\varepsilon] = 75 \text{ мкм}$$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки поршня розробляємо конструкцію затискного пристосування (рисунок 3.1) для горизонтально-фрезерної операції 015, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.1. Пристосування затискне для обробки поршня:

- 1 – корпус; 2 – з'єднання; 3 – штуцер; 4 – кришка; 5 – прокладка; 6 – циліндр;
7 – призма; 8 – кришка; 9 – важіль; 10 – планка; 11 – кільце; 12 – шток;
13 – поршень; 14 – тяга; 15 – кільце; 16 – манжета; 17 – шпонка; 18 – призма;
19 – опора; 20 – підставка; 21 – установ; 22 – призма; 23 – опора; 24 – підставка;
25 – притискач; 26 – шток; 27 – кришка; 28 – пружина; 29, 30 – вісь;
31 – гайка; 32, 33, 34, 35 – гвинт; 36-38 – гвинт; 40 – кільце; 41 – кран;
42 – магістраль; 43, 44 – шайба; 45 – шпилька; 46 – шпонка; 47, 48 – штифт

Принцип роботи пристосування для фрезерування лисок на $\varnothing 8,5$ мм у розмір $7_{-0,3}^{+0,3}$ мм фрезою зі швидкорізальної сталі Р6М5 наступний. Оброблювана деталь вертикально встановлюється у розмір до установу, поз. 21. Із бічної сторони відбувається її фіксація шпильками, поз. 45. Пристосування має пневматичний тип приводу. За допомогою магістрадей, поз. 42, повітря під тиском 0,6 МПа подається до безштокової та штокової порожнин. У ній розташовано поршень, поз. 13. Останній закріплено на штоці, поз. 12, за допомогою гайки, поз. 31. Рухаючись зліва направо шток, поз. 12, передає рух на тягу, поз. 14. Вона приєднана до нього за допомогою різьби. Тяга, поз. 14, поєднана із важелем, поз. 9. Останній, рухаючись проти годинникової стрілки, здійснює осове переміщення призми, поз. 7, яка притискає оброблювану деталь до нерухомої призми, поз. 22. Під час розкріплення стиснуте повітря подається із протилежної сторони поршня, поз. 13. Останній рухається справа наліво, переміщуючи тягу, поз. 14, яка рухає важіль, поз. 9, за годинниковою стрілкою. Призма, поз. 7, рухається вправо і деталь розкріплюється. Отже, пристосування двосторонньої дії. Розташовується на столі горизонтально-фрезерного верстата моделі 6Р82Г у Т-подібних пазах.

3.2 Розрахунок параметрів затискача

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

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затискання W .

На даній операції (015) максимальна сила різання є P_z , що виникає при чистовому фрезеруванні лисок деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно до площини закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum P_{iy}$:

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.1)$$

де f – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння прийме вигляд:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0 \quad (3.2)$$

Звідки

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.3)$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ – коефіцієнти запасу:

$K_0 = 1,4$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

$K_2 = 1,1$ – коефіцієнт, який ураховує затуплення РІ;

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

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який ураховує постійність сил затискування;

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

$K_6 = 1,0$.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,4 \times 1,2 \times 1,1 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,0 = 2,7;$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z при фрезеруванні визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_p}{D^q \cdot n^o} \quad (3.4)$$

де $t = 0,75$ мм – глибина різання;

$S = 0,1$ мм/зуб – подача;

$B = 9,5$ мм – ширина фрезерування;

$z=4$ – кількість зубів фрези;
 $D=18$ мм – діаметр фрези;
 $n=200$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;
 $K_F=1,1$ – загальний поправковий коефіцієнт;
 $C_P=825$; $x=0,95$; $y=0,8$; $u=1,1$; $a=1,1$; $\omega=0,2$ – коефіцієнт та показники ступеня, які вибираються із довідника.

Отже, сила різання:

$$P_z = \frac{825 \cdot 0,75^{0,95} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 9,5^{1,1} \cdot 4}{10^{1,1} \cdot 200^{0,2}} \cdot 1,1 = 75,1 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{75,1 \cdot 2,7}{0,1} = 2027,7 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму за відомим зусиллям затиску. Потім за визначеним зусиллям на ведучій ланці знаходиться діаметр пневматичного циліндра.

Для даного механізму можна записати:

$$Q=W/i \quad (3.5)$$

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

З урахуванням цього зусилля $Q=W=2027,7$ Н.

Оскільки у розробленому пристосуванні, що застосовується під час обробки поршня, використовується пневмокамера двобічної дії. Діаметр поршня під час подачі стиснутого повітря до безштокової порожнини визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4W}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \text{ мм}, \quad (3.6)$$

де W – зусилля затиску, Н;

p – тиск у пневмосистемі, 0,6 МПа;

η – ККД 0,86.

Отже,

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2027,7}{\pi \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,86}} = 0,7 \text{ (м)}.$$

Таким чином, для забезпечення необхідного зусилля затиску потрібно використати поршень діаметром 76 мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки

У якості матеріалу для виготовлення вісі, поз. 30, приймаємо сталь 45. Зусилля, що діє приймаємо $Q=2027,7$ Н. Допустиме напруження на зріз приймаємо $[\tau_{зр}] = 60$ МПа. Діаметр осі визначаємо за формулою:

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{Q}{n \cdot [\tau_{зр}]}} \quad (3.7)$$

де n – кількість перерізів, $n=1$

Тоді:

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{2027,7}{1 \cdot 60 \cdot 10^6}} = 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}.$$

Отже для забезпечення даного навантаження діаметр осі повинен бути не менше 6 мм. На кресленку маємо $\varnothing 10$ мм. Міцність забезпечено.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки поршня вузла: виготовлення з прокату, штампування у закритих штампах [1, 4, 34].

Точність розмірів заготовки з прокату 12...15 квалітет, шорсткість поверхні за $R_z = 80...20$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,5...0,6.

Точність розмірів штампуванням в закритих штампах 13...15 квалітет, шорсткість поверхні за $R_z = 80...20$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,7...0,8.

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена з прокату

$$Q_{заг} = \frac{Q_0}{k_i}, \quad (4.1)$$

де Q_0 – маса деталі, кг ($Q_0 = 0,009$);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$Q_{заг} = \frac{0,009}{0,55} = 0,02 \text{ (кг)}.$$

При отриманні деталі штампуванням маса заготовки буде становити:

$$Q_{заг} = \frac{0,009}{0,75} = 0,012 \text{ (кг)}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість заготовок [1, 4, 5, 30, 34, 49]. Вартість штампованої заготовки, грн.:

$$C_3 = Q_{\text{заг}} \left(\frac{C_{\text{мат}}}{1000} \cdot k_n \cdot k_6 \cdot k_m \cdot k_n \cdot k_{\text{ск}} \right) - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{д}}) \frac{C_{\text{від}}}{1000}; \quad (4.2)$$

$C_{\text{мат}}$ – вартість тони матеріалу заготовки, грн.;

$C_{\text{від}}$ – вартість тони відходів матеріалу заготовки, грн.;

k_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності. Оскільки клас точності заготовки Т3, то $k_m = 1,03$;

k_6 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, $k_6 = 0,96$;

k_m – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, за $k_m = 1,20$;

k_n – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва, $k_n = 0,86$;

$k_{\text{ск}}$ – коефіцієнт, що залежить від конструктивної та технологічної складності заготовки, $k_{\text{ск}} = 1,14$;

Визначаємо собівартість штампованої заготовки:

$$C_3 = 0,012 \left(\frac{276000}{1000} \cdot 1,03 \cdot 0,96 \cdot 1,2 \cdot 0,86 \cdot 1,14 \right) - (0,012 - 0,009) \frac{20000}{1000} = 2,8 \text{ (грн.)}.$$

Визначаємо собівартість заготовки із прокату, грн.:

$$C = Q_{\text{заг}} \cdot C_{\text{мат}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{д}}) \frac{C_{\text{від}}}{1000} \quad (4.3)$$

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

$C_{\text{мат}}$ – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн.;

$Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$C_{від}$ – вартість 1 т. відходів, грн.

Визначаємо собівартість заготовки з прокату:

$$C = 0,02 \cdot 226 - (0,02 - 0,009) \frac{20000}{1000} = 5,3 \text{ (грн.)}.$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати штампування у закритих штампах. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (5,3 - 3,8) \cdot 850 = 1275 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок штампування у закритих штампах, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 1,5 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки із прокату. Одним із недоліків виготовлення із прокату є значна кількість припуску, що зникає. Тобто чимало матеріалу йде у стружку.

4.2 Розрахунок освітленості виробничого приміщення

Здійснимо розрахунок освітленості цеху із наступними розмірами: $a=33\text{м}$, $b=40\text{м}$, $h=5,2\text{м}$. Будемо використовувати стандартну методику [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Необхідна освітленість складає:

$$\Phi_{л} = E_{н} \cdot A \cdot k \cdot z / (\eta \cdot N), \text{ лм} \quad (4.4)$$

де $E_{н}$ – нормативна освітленість, $E_{н}= 200 \text{ лк}$;

A – освітлювана площа, $A= a \times b = 33 \times 40 = 1320 \text{ м}^2$.

k – коефіцієнт запасу, для ртутних ламп $k=1,5$;

z – коефіцієнт мінімальної освітленості, при освітленні люмінесцентними світильниками $z=1,1$;

η – коефіцієнт використання світильників, вибираємо в залежності від індексу приміщення.

Індекс приміщення визначаємо за формулою:

$$i_n = A' [h' \cdot (a + b)] \quad (4.5)$$

де $h' = h - 1 = 5,2 - 1 = 4,2$ (м).

Тоді:

$$i_n = 1320 / [4,2 \cdot (33 + 40)] = 4,31.$$

Приймаємо індекс приміщення 4.

Знаходимо коефіцієнт віддзеркалення стелі, стін, підлоги: $R_p = 70\%$, $R_c = 30\%$, $R_n = 30\%$.

Тоді знаходимо $\eta = 77\%$.

Необхідна освітленість становить:

$$\Phi_d = 200 \cdot 1320 \cdot 1,5 \cdot 1,1 / 0,77 = 565714 \text{ (лм)}.$$

Приймаємо лампи ДРЛ-250 потужністю 250 кВт з $\Phi_{\text{л}} = 11000$ лм.

Кількість ламп визначаємо:

$$N = \frac{565714}{11000} = 51,42 \text{ шт.}$$

Приймаємо 52 лампи, номінальною потужністю 250 Вт.

4.3 Піроліз як спосіб термічної обробки відходів

Піроліз здійснюється при високій температурі за відсутності кисню. Тобто згоряння відходів не відбувається. Піроліз призводить до розпаду молекул (крекінг) на мономерні та олігомерні органічні з'єднання, що використовуються під час проведення хімічних синтезів. Найбільш доцільно застосовувати цей метод для розкладання пластмас (навіть несортованих, які неможливо використовувати для вторинної переробки) та відпрацьованих автомобільних шин. Після проведення піролізу (розкладання великих молекул органічних речовин на більш дрібні) у принципі отримують два основних продукти: тверді залишки; коксовий газ, що після охолодження розподіляється на дві фракції (піролізний конденсат зі складної рідиною суміші різних довгоподібних та маслянистих речовин; піролізний газ, що лишився після конденсації).

Так як піроліз не вимагає кисню (повітря), то гази, що підлягають очищенню (сірководень, органічні з'єднання сірки, ціановодень, галогеноводні) мають порівняно незначний об'єм, а їх спалювання призводить до утворення діоксиду сірки, оксидів азоту, органічних та неорганічних речовин та виділенню неприємних запахів. Стічні води від установок для піролізу сильно забруднюються органічними речовинами (феноли, хлоровані вуглеводні). У твердих продуктах піролізу спостерігаються у високих концентраціях поліконденсовані вуглеводні.

З наведеного вище можливо зробити висновок, що піроліз відходів не можливо вважати екологічно безпечним методом переробки відходів.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вузла пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням. Проведено аналіз деталі, що є складовою вузла, а саме поршня. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно заміника-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 поршня. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 11,5b_{11}(-0,25^{-0,15})$ мм розрахунково-аналітичним методом, наведено їх графічне зображення.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки фрезеруванням лисок поршня. Визначені зусилля затиску та параметри силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки поршня вузла. Річний економічний ефект для програми випуску 850 шт. склав 1275 грн. Здійснено розрахунок освітленості виробничого приміщення. Окрім того, розглянуто особливості піролізу як способу термічної обробки відходів.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик вузла пневматичної гальмівної системи із ручним керуванням, кресленик поршня, складальний кресленик пристосування для виконання фрезерної операції на металорізальному верстаті.