

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра галузеве машинобудування**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Пневматичний компресор для роздування покришок  
сільськогосподарської техніки»

КРБ.133ГМбд\_21[1].08.00.00.000 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]  
ПОРУБАЙ Сергій

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ДУДНІКОВ Ігор

**Полтава – 2022 року**

## ВСТУП

Термін експлуатації та ефективність використання покришок сільськогосподарської техніки залежить від величини тиску в останніх. Як відомо, неможливо використовувати гуму на однаковому тискові постійно. Його величину необхідно коригувати. Це залежить від багатьох факторів, до яких відносяться: модель, властивості, розміри шини, тип роботи, що виконується; особливості навантаження тощо. Саме тому, вибір правильного значення робочого тиску в шинах сільськогосподарської техніки має важливе значення [5-7, 13].

Компресор пневматичний, що винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, використовується для роздування покришок сільськогосподарської техніки, що працює за різних умов на фермерських господарствах. Він забезпечує швидке накачування шин необхідною величиною тиску.

Взагалі, використання пневматичного компресора у фермерському господарстві не обмежується лише роздуванням пневматичних покришок як транспортних засобів так і причепів. Більшість фермерів, переважно, працюють за принципом «зроби сам». Вони самостійно будують власні господарські споруди: курятники, навіси, майстерні тощо. Пневматичні цвяхові пістолети суттєво спрощують створення таких споруд. Такі пістолети приводяться до дії стисненим повітрям для того, щоб із більшим зусиллям вислати цвяхами та скріпити дошки та інші вироби із дерева. Незалежно від того, будується курятник чи стійло, із пневматичним пістолетом для цвяхів робота стане швидкою, простою. Подібно до пневматичних цвяхових пістолетів, пневматичні пістолети для скоб, працюючи на повітряних компресорах, також полегшують більшість господарських робіт. Пневматичні степлери можуть використовуватися для кріплення кровельного руберойду до господарських споруд, сараїв. Вони також можуть бути використані для ремонту оббивки сільськогосподарської техніки. Окрім цього можливе використання під час фарбування, очищення поверхонь, у приводах доільних апаратів, приводах воріт, розведення риби (подача кисню до ставка),

продування системи септиків, живлення водяних насосів, прибирання виробничих площ, збереження енергії повітря, практично любий сільськогосподарський інструмент може бути оснащений пневматичним приводом.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є компресор пневматичний для роздування покришок сільськогосподарської техніки, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу компресора.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити випробування на технологічність вузла та його складових частин, проаналізувати діючі технологічні процеси, запропонувати маршрути обробки поверхонь деталей, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;
- сконструювати технологічне оснащення та здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусної деталі пневматичного компресора, здійснити інженерний розрахунок захисного занулення, запропонувати заходи збереження наколишнього середовища від пожеж;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Загальновідомо, що більше значення тиску в покриттях машин і обладнання сільськогосподарського виробництва сприятиме більшому навантаженню на них. Прикладом із максимальним значенням може слугувати:

- передня шина комбайна, що має завантажений бункер;
- задня шина у трактора, що агрегатовано розпушувачем великої глибини;
- шина перевантажувального бункера.

Тиск в шинах також прямопропорційно пов'язаний зі швидкістю руху транспортних засобів, але швидкість та несуча здатність обернено пропорційні. Якщо рухатися асфальтовим покриттям, то звісно ж тиск підвищують. Це сприятиме підвищенню швидкості руху, стійкості, зменшенню зношування. Якщо ж шина працює на м'якому ґрунті, то тиск необхідно знижувати. Це забезпечує менше значення тиску на ґрунт, збільшує пляму контакту, а також надає шині додаткової м'якості та гнучкості.

Пневматичний компресор, зовнішній вигляд якого представлено на рисунку 1.1, призначений для роздування покриток сільськогосподарської техніки тиском від 2,6 до 6 атмосфер. Він складається із: 1 – клапан; 2 – масло вказівник; 3 – поршень у зборі; 4 – колінчастий вал у зборі; 5 – кришка-кожух; 6 – циліндр; 7, 9, 11, 15 – кільце; 8 – корпус; 10 – кришка глуха; 12 – гайка; 13 – шайба; 14 – шпонка. Шатуни встановлено на валу за допомогою підшипників кочення. До шатунів за допомогою пальців приєднані два поршня. В шатунах запресовано втулки. Пальці у втулках посаджено із зазором, а в поршнях – запресовані. Поршні здійснюють зворотно поступальний рух в циліндрах, що закріплюються на корпусі за допомогою болтів. На циліндрах встановлено клапани на котрих кріпляться корпуси коробок клапанів з впускними та випускними отворами.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.1 – Пневматичний компресор

Обертотий момент передається вiд електродвигуна до колiнчатого валу за допомогою пальцевої муфти. Обертотий рух валу перетворюється у зворотно-поступальний рух поршнiв, якi в свою чергу за допомогою системи впускних i випускних клапанiв нагнiтають повітря в резервуар, з'єднаний з пневматичною системою. Працює компресор циклiчно.

Основнi параметри компресора такi: продуктивнiсть – 0,3 м<sup>3</sup>/хв.; робочий тиск – до 0,8 МПа; режим роботи при тривалостi циклу до 10 хв. – 50%; тип електричного двигуна – АІР 90L2; напруга живлення – 380В; габаритнi розмiри – 670×385×400 мм; маса – 260 кг.

Деталю, що розглядатиметься у данiй роботi, буде корпус (рисунок 1.2)

Рисунок 1.2 – Корпус, аркуш 1

Рисунок 1.2 – Корпус, аркуш 2

### **1.2 Аналіз параметрів точності**

При проведенні аналізу параметрів точності [17, 22, 47, 48] заповнюємо таблицю 1.1. У ній наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності форм поверхонь корпусу (рисунок 1.2) та відносного положення поверхонь.

Таблиця 1.1 - Відомості щодо параметрів точності корпусу

№ з.п.	Назва поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорсткість $R_a$ , мкм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	175 <sub>-0,1</sub>	h9	-	-	3,2
2	Торець	120±0,435	±IT14/2	-	-	R <sub>z</sub> 80
3	Торець	116±0,435	±IT14/2	-	-	R <sub>z</sub> 80
4	Циліндрична	∅130 <sup>+0,04</sup>	H7	-	0,05 0,1	1,6
5	Різьба	M12	6H	-	-	6,3
6	Торець	110 <sub>±0,1</sub>	JS11	-	0,05	3,2
7	Торець	65 <sup>+0,1</sup>	H9	-	0,05	3,2
8	Торець	118 <sub>-0,1</sub>	h9	-	-	1,6
9	Циліндрична	∅96 <sup>+0,22</sup>	H11	-	-	1,6
10	Циліндрична	∅96 <sup>+0,22</sup>	H11	-	0,05 0,1	1,6
11	Торець	227 <sub>-1</sub>	H14	0,05	-	12,5
12	Різьба	M16	6g	-	-	6,3
13	Фаска	2×45°(±0,2)	m	-	-	6,3
14	Фаска	1×45°(±0,2)	m	-	-	6,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
15	Різьба	M22×1,5	7H	-	-	6,3
16	Фаска	1,6×45°(+0,2)	m	-	-	6,3
17	Торець	133 <sup>+0,5</sup>	H12	-	-	12,5
18	Отвір	∅16,3 <sup>+0,018</sup>	H7	-	-	2,5

Корпус компресора (рисунки 1.2) має складну форму і за класифікацією відноситься до деталей типу „корпус”. Деталь має отвори високої точності (7-й класитет), отвори меншої точності (11-й класитет), а також різьби.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінники

Корпус компресора виготовлений із сірого чавуну СЧ20 (ДСТУ 8833.2019). Даний матеріал призначений для виготовлення впускних та випускних трубопроводів двигунів, блоків циліндрів, маховиків, натискних дисків зчеплення, корпусів та кришок картерів і коробок перелач, гільз циліндрів, гальмівних барабанів, циліндрів гідрогальма зчеплення [36].

Чавун СЧ20 – один з найдешевших ливарних сплавів, має хорошу рідкоплинність, мінімальну лінійну усадку і порівняно невисоку температуру плавлення (1200°C) [7, 34].

У разі необхідності основний матеріал СЧ20 можна замінити матеріалом-замінником СЧ25.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалів (основного та матеріалу-замінника), заносимо до таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, властивості матеріалу корпусу, матеріал-замічник

Марки матеріалів	Хімічний склад, %					Механічні властивості		
	C	Si	Mn	S	Ca	$\sigma_s$ , МПа	$\delta$ , %	НВ
СЧ20	2,8-3,1	1,9-2,2	0,3	0,05-0,07	-	$\geq 200$	$\geq 5$	200
СЧ25	2,8-3,1	2,1-2,6	0,3	0,05-0,07	0,2	$\geq 539$	$\geq 14$	250

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в компресорах пневматичних у кількості 2000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35].

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

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 які йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (2000 + 0,04 \cdot 2000) \cdot (1 + 0,025) = 2132 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей компресора перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

В умовах дрібносерійного виробництва вимоги до технологічності базуються на таких принципах, як досягнення мінімальної кількості операційних переходів, максимальної концентрації переходів, дотримання принципу єдності баз, правильно проставляти розміри та призначати допуски, проектувати деталі таким чином, щоб була можливість обробки поверхонь, заздалегідь продумувати проточки для виходу інструментів, проектувати надійні поверхні для закріплення, що призводить до зменшення номінальної дорожого обладнання. Всі ці фактори мають суттєвий вплив на собівартість виготовлення деталей та заготовок [2].

Повні результати аналізу на технологічність корпусу приведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності корпусу

№ з.п.	Показники технологічності	Бисновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільне підведення різального інструменту	Ні, немає	Спроектвані технологічні лапи, що після обробки відрізаються

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Чи потрібні додаткові ребра жорсткості?	Ні, не потрібні	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Так, є глухі отвори	Отвори для нарізання різі не потрібні глибші ніж запроектовані.
4	Чи можлива багатопиндельна обробка?	Так, можлива багатопиндельна обробка	Розміри та конструкція деталі дозволяє багатопиндельну обробку
5	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробити?	Ні, немає	Наявність внутрішніх торців, вимагає застосування спеціальних пристосувань та інструментів
6	Чи є скоси або пази під кутом відмінним від 45°?	Є, нетехнологічно	Конструкція деталі передбачає виготовлення скосів під кутом 30°. Це завдання вирішується шляхом застосування спеціального пристосування
7	Чи є отвори не перпендикулярні поверхні?	Ні, немає	В разі необхідності необхідно застосувати спеціальні пристосування з нахилом осі деталі на необхідний кут
8	Чи є різьби менше М6?	Ні, немає	По можливості необхідно обмежувати застосування різьб менше М6

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
9	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, не від однієї.	Складність конструкції деталі не дає можливості проставляти всі розміри від однієї бази.

Висновок: деталь технологічна за більшістю показників.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу на виробництві застосовувати литво в піщані форми. Більш доцільним було б отримувати заготовки литвом у кокіль. Це б надало можливості багаторазового використання металевих форм. Стійкість чавунних кокілів при виготовленні литва становить 400...8000 відливок. Кокілі дозволяють отримувати заготовки з стабільними і точними розмірами (до 12 класу якості). Параметр шорсткості може досягати  $R_z$  20 мкм. В зв'язку з великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості відливки (дрібнозерниста структура) на 10...15%, але в той же час ускладнюється отримання заготовок з тонкими стінками. При переході з піщаної литва на кокіль витрати матеріалу зменшуються на 10...20% внаслідок зменшення системи литниць. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується в 1,5...2 рази.

Разом з тим необхідно враховувати, що самі кокілі коштують досить дорого. В них можливо виготовляти заготовки досить простої конфігурації, можливе їх короблення внаслідок значних усадочних і термічних напружень. Тому остаточне визначення методу отримання заготовки корпусу з економічної точки зору буде здійснено у відповідному розділі.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. Ці вимоги забезпечуються використанням різних технологічних методів обробки. Створюючи маршрут обробки поверхонь, необхідно виходити з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_z}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_3}{T_3} \dots \frac{T_{I-1}}{T_I} = \sum \varepsilon_I \quad (2.1)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_I$  – окремі ступені уточнення;

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

При розрахунку необхідно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5 \dots 2$ .

Для визначення числа ступенів обробки використовують формулу:

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

Уточнення  $\varepsilon$  визначають:

$$\varepsilon = \frac{T_{заг}}{T_{дет}} \quad (2.3)$$

Можливі варіанти обробки поверхонь корпусу представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрут обробки поверхонь корпусу

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість за кресленням, Ra, мкм	Допуск заготовки, мм	Загальне уточнення	Число ступенів обробки	Можливі маршрути обробки	Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$133^{+0,5}$	12	0,5	12,5	1	2	1	Фрезерування	12	0,5	2	2
$\varnothing 10,3^{+0,018}$	H7	0,018	2,5	-	-	3	1 Свердління 2 Зенкерування 3 Розгортання	H12 H9 H7	0,018	-	-
$\varnothing 120^{+0,04}$	H7	0,04	1,6	1,2	30	2	1 Розточити попередньо 2 Розточити остаточно	H10 H7	0,2 0,04	6 5	30
$\varnothing 96^{+0,22}$	H11	0,22	1,6	1,1	5	2	1 Розточити попередньо 2 Розточити остаточно	H12 H11	0,2 0,22	5,5 0,9	5
M12×6H	6H	0,17	6,3	-	-	2	1 Свердління 2 Нарізання різьби	H12 6H	0,27 0,17	-	-
M16×6H	6H	0,2	6,3	-	-	2	1 Свердління 2 Нарізання різьби	H12 6H	0,3 0,2	-	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	1
M22×1,5-7H	7H	0,2	6,3	-	-	-	1 Свердління 2 Нарізання різьби	H12	0,3	-	-
								7H	0,2		

#### 2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

В машинобудуванні застосовується два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [39]. В кваліфікаційній роботі визначимо припуск на обробку циліндричної поверхні корпуса  $\varnothing 130H7^{(+0,04)}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

При розрахунках використана методика, що наведена в джерелах [37-39].

Технологічний маршрут обробки поверхні корпуса  $\varnothing 130H7^{(+0,04)}$  складається з початку попереднього та остаточного. Технологічний маршрут обробки та відповідні заготовки та кожному технологічному переходу значення елементів припуску занесені до таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахункова карта припусків при обробці отвору  $\varnothing 130H7^{(+0,04)}$ , отримана розрахунково-аналітичним методом

Технологічний перехід	Елемент припуск, мкм				Розр. припуск $Z_{min}$ мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, ум		Граничний припуск, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{min}$	$D_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Литво	600	-	712	-	-	126,47	1200	125,3	126,5	-	-

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Розточування чорнове	50	-	36	660	1640	129,75	200	129,55	129,75	3,25	4,25	
Розточування чистове	20	-	1,4	90	147	130,04	46	130	130,04	0,29	0,45	
										Σ	3,54	4,7

Зробимо перевірку розрахунків.

$$Z_{\max} - Z_{\min} = \delta_{PЗ} - \delta_{PД}; \quad (2.4)$$

$$Z_{\max} - Z_{\min} = 4,7 - 3,54 = 1,2;$$

$$\delta_{PЗ} - \delta_{PД} = 1,200 - 0,046 = 1,2;$$

$$1,2 = 1,2 \text{ (мм)}$$

Припуски розраховані вірно.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Затискне пристосування, що використовується під час механічної обробки корпусу компресора наведено на рисунку 3.1 [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Затискне пристосування

Пристосування містить: 1 – кришка; 2 – стійка; 3 – плита; 4 – важіль; 5 – штовхач; 6 – пружина; 7 – притискач; 8 – кулачок; 9 – ручка кулачка; 10 – діафрагма; 11 – кришка; 12 – втулка напрямна; 13 – гвинт; 14 – гайка; 15, 16 – шайба; 17, 20, 21, 22 – вісь; 18, 19 – палець.

Корпус пристосування виконаний у вигляді складної конструкції. На кришці встановлено два напрямних пальця та чотири притискачі. Вони приводяться в рух за допомогою діафрагми через важільну систему та штовхачі. Для зручності встановлення та зняття корпусу з пристосування передбачено на притискачах кулачки для відведення та підведення притискачів при необхідності. Пристосування базується на столі верстата за допомогою циліндричних отворів, а закріплюється чотирма болтами, що входять у Т-подібні пази стола верстата та пази пристосування.

### **3.2 Вибір схеми базування та розрахунок параметрів силового приводу**

Комплект баз утворюється за допомогою площини лап та циліндричної поверхні пальців (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Схема базування корпусу

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу  $R$ , яка необхідна для затиску.

На даній операції відбувається розточування отвору з  $\varnothing 90,9^{+1,1}$  до  $\varnothing 95^{+0,2}$ . Глибина різання становить 2,7 мм. Подача 1 мм/об. Швидкість та силу різання визначимо за допомогою [9, 11, 14, 15, 41].

Швидкість різання при розточуванні:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot k_v, \quad (3.1)$$

де  $C_v$  – поправочний коефіцієнт, 243;

$T$  – стійкість інструменту, 50 хв.;

$t$  – глибина різання, 4,3 мм;

$S$  – подача, 1 мм/об.;

$m, x, y$  – показники степеня:  $m = 0,2, x = 0,15, y = 0,4$ .

$k_v$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання:

$$k_v = k_{mv} \cdot k_{nv} \cdot k_{uv} \quad (3.2)$$

де  $k_{mv}$  – коефіцієнт, що враховує оброблюваність матеріалу, 0,8;

$k_{nv}$  – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки, 0,83;

$k_{uv}$  – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту, 1,4.

Тоді отримуємо значення  $k_v$ :

$$k_v = 0,8 \cdot 0,83 \cdot 1,4 = 0,9.$$

Обчислимо швидкість різання при розточуванні:

$$V = \frac{243}{50^{0,2} \cdot 2,7^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} \cdot 0,9 = 86,2 \text{ (м/хв.)}$$

Обчислимо сили різання при розточуванні, Н:

$$P_{z,y,x} = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^u \cdot k_p, \quad (3.3)$$

де  $C_p$  – поправочний коефіцієнт;

$q, t, s, y, u, x, p$  – показники степеня, що визначаються за [37, 38];

$k_p$  – поправочний коефіцієнт на якість оброблюваного матеріалу, 1,0.

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 2,7^1 \cdot 1^{0,75} \cdot 86,2^0 \cdot 1 = 2484 \text{ (Н)};$$

$$P_y = 10 \cdot 50 \cdot 2,7^{0,9} \cdot 1^{0,75} \cdot 86,2^0 \cdot 1 = 1320 \text{ (Н)};$$

$$P_x = 10 \cdot 46 \cdot 2,7^1 \cdot 1^{0,4} \cdot 86,2^0 \cdot 1 = 1242 \text{ (Н)}.$$

Складемо рівняння рівноваги (рисунок 3.2).

$$M_A = 0,174 \cdot P_z^1 + 0,082 \cdot P_Y^1 - 2 \cdot P_{Yz} \cdot 0,127, \quad (3.4)$$

$$M_B = 0,174 \cdot P_X^1 + 0,24 \cdot P_Y^1 - 2 \cdot P_{Yx} \cdot 0,252$$

де  $M$  – момент, створований силою різання  $P_z$ ,

$P$  – сили різання та затискання.

Отримані рівняння розв'яжемо відносно  $P_{Yz}$  та  $P_{Yx}$

$$P_{Yz} = \frac{0,174 \cdot 2484 + 0,082 \cdot 1320}{2 \cdot 0,127} = 2128 \text{ (Н)}.$$

$$P_{Yx} = \frac{0,174 \cdot 1242 + 0,24 \cdot 1320}{2 \cdot 0,254} = 1049 \text{ (Н)}.$$

Силу затиску знаходимо за формулою

$$P_{зам} = \sqrt{P_{Yz}^2 + P_{Yx}^2} \quad (3.5)$$

$$P_{зам} = \sqrt{2128^2 + 1049^2} = 2372,5 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затискання знаходимо за формулою

$$F_{зам} = P_{зам} \cdot K, \quad (3.6)$$

де  $K$  – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \quad (3.7)$$

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

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

$K_2=1,25$  – коефіцієнт, який враховує заглиблення  $PI$ ;

$K_3=1,12$  – 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 затискання пристосувань;

$K_6=1,15$  – коефіцієнт, який враховує наявність крутного моменту.

Тоді  $K$  дорівнює:

$$K=1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot 1,12 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,15=2,5.$$

$$F_{\text{зат}}=2372,5 \cdot 2,5=5931,3 \text{ (Н)}.$$

Оскільки зусилля передається через важелі, то зусилля на одному штоці знаходиться за формулою:

$$F_{\text{ум1}} = F_{\text{зат}} \cdot \frac{l_1 \cdot l_3}{l_2 \cdot l_4}; \quad (3.8)$$

де  $l$  – плече важеля, мм.

$$F_{\text{ум1}} = 5931,3 \cdot 0,415 = 2461 \text{ (Н)}.$$

Оскільки штоків чотири, то зусилля необхідно збільшити в чотири рази:

$$F_{\text{шт}} = 2461 \cdot 4 = 9844 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо площу діафрагми:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{F_{\text{шт}}}{P}. \quad (3.9)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра  $D$ :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{шт}}}{\pi \cdot P}}; \quad (3.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 9844}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 10^6}} = 0,145 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 160$  мм.

### 3.3 Розрахунок на міцність

На нашу думку, однією зі слабких ланок затискного пристосування є вісь. За допомогою осі виконано з'єднання притискача та штока, тому перевіримо, чи виконується умова міцності на зріз при дії на вісь зусилля  $F$ .

Розрахунок проводимо за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2} \leq [\tau_{зр}], \quad (3.11)$$

де  $F$  – зусилля на штоці, 2461 Н;

$d$  – діаметр осі,  $d = 6$  мм;

$[\tau_{зр}]$  – допустиме напруження на зріз, 90 МПа.

Тоді

$$\tau_{зр} = \frac{4 \cdot 2461}{3,14 \cdot 6^2} = 87 \text{ (МПа)}.$$

Провівши розрахунок, можна зробити висновок, що напруження на зріз, яке зазнає вісь ( $\tau_{зр} = 87$  МПа), менше за допустиме ( $[\tau_{зр}] = 90$  МПа), тобто виконується умова міцності  $\tau_{зр} \leq [\tau_{зр}]$ .

Ще однією слабкою ланкою в пристосуванні може бути вісь, що кріпиться важіль до корпусу пристосування. Проведемо перевірку на зріз. Маємо

$$[d] = \sqrt{\frac{F \cdot 4}{[\tau_{зр}] \cdot \pi}} \quad (3.12)$$

$$[d] = \sqrt{\frac{2461 \cdot 4}{90 \cdot 3,14}} = 5,9 \text{ (мм)}.$$

Враховуючи, що мінімально допустимий діаметр  $[d] = 5,9$  мм, а у вісі, що використана в пристосуванні, діаметр  $d = 18$  мм, то можна зробимо висновок, що вісь вибрана із запасом. Вісі виготовлено зі сталі 25 із термічною обробкою – нормалізація.

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

Полтавський державний аграрний університет

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Заготовку для корпусу компресора найбільш доцільно виготовляти методом литва. Розглянемо декілька методів литва: в піщані форми; литво в кокіль [8, 31, 49].

Литво в піщані форми потребує значних затрат на метал. В піщаних формах отримують відливки переважно з сталі, чавуну. Цей метод найчастіше використовують в одиничному та серійному виробництві. Застосовувати його в крупносерійному виробництві можна тільки при високій степені механізації.

Литво в кокіль доцільно застосовувати в умовах серійного і крупносерійного виробництва при отриманні з кожної форми не менше 300...500 відливок.

Вартість литої заготовки визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M, \quad (4.1)$$

де  $C_i$  – вартість однієї тони відливок, 21492 грн./т [1];

$Q_{заг}$  – маса заготовки, 8,9 кг;

$K_T$  – коефіцієнт точності, 1,03;

$K_{II}$  – коефіцієнт програми випуску, 1,08;

$K_B$  – коефіцієнт маси виливка 0,88;

$K_C$  – коефіцієнт складності, 1,11;

$K_M$  – коефіцієнт матеріалу, 1,09.

Підставивши значення у формулу отримаємо

$$S_{заг} = \frac{21492}{1000} \cdot 8,9 \cdot 1,03 \cdot 1,08 \cdot 0,88 \cdot 1,11 \cdot 1,09 = 226,5 \text{ (грн.)}$$

Проведемо порівняння за технологічною собівартістю заготовок.

Собівартість литої заготовки можна розрахувати як суму витрат на матеріал, експлуатацію ливарного обладнання, заробітну плату основних робітників та амортизаційних відрахувань на експлуатацію оснастки.

Вартість заготовки, стриманої в піщаних формах розрахована раніше.

Вартість виливка, отриманого литвом у кокіль визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000} \quad (4.2)$$

де  $C_i$  – базова вартість тонни заготовок, 21492 грн./т [1];

$Q_{заг}$  – маса заготовки, 7,8 кг;

$K_T$  – коефіцієнт точності, 1,0;

$K_{II}$  – коефіцієнт програми випуску, 1,18;

$K_B$  – коефіцієнт маси виливка, 1,19;

$K_C$  – коефіцієнт складності, 1,0;

$K_M$  – коефіцієнт матеріалу, 1,0.

$q$  – маса деталі, 6,52 кг;

$S_{відх}$  – вартість стружки, 459 грн./т [1];

$$S_{заг} = \left( \frac{21492}{1000} \cdot 7,8 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,19 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \right) - (7,8 - 6,52) \frac{459}{1000} = 234,8 \text{ (грн.)}$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах дрібносерійного виробництва доцільніше використовувати литво в піщані форми.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$F = (234,8 - 226,5) \cdot 2000 = 16600 \text{ грн.}$$

Отже, для виготовлення зготовки корпусу компресора обираємо литво в піщані форми.

#### 4.2 Розрахунок занулення

Принцип занулення полягає в тому, що корпус обладнання, в нашому випадку верстата для виготовлення корпусу компресора, з'єднується з нульовим дротом за допомогою металевих провідників (рисунок 4.1). Задання занулення – ліквідація враженням електричним струмом при пошкодженні ізоляції та появі на корпусі обладнання небезпечної напруги [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50]. Принцип дії занулення – перетворення пробоїв на корпус в однофазне коротке замикання, тобто утворення так званого ланцюга короткого замикання, який володіє малим опором.

Рисунок 4.1 – Принципова схема занулення

При пробі на корпус 2 (рисунок 4.1) в ланцюзі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання ІКЗ, що забезпечує швидке

перегорання плачких запобіжників 1 за 5...7 с або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, що реагують на струм короткого замикання за 1...2 с. На протязі короткого проміжку часу, що визначається швидкістю спрацьовування захисту, людина, що доторкнулась до пошкодженого обладнання зазнає дії фазної напруги. Якщо захисне занулення не спрацьовує через певний визначений час, то людина може бути вражена електричним струмом.

Розрахуємо систему захисного занулення для трифазної лінії напругою 380В/220В, що живить електродвигун, за допомогою живильного трансформатора 100 кВА, потужність електродвигуна 5 кВт, метал провідників – мідь, довжина лінії 50 м, ККД електродвигуна 85%, коефіцієнт потужності 0,85, опір основного заземлювача 4 Ом.

1 Розрахуємо номінальний струм електродвигуна, А:

$$I_{ел.дв}^n = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi}, \quad (4.3)$$

де  $P$  – номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$U_H$  – номінальна напруга, В;

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

$$I_{ед}^n = \frac{5 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,85} = 8,9 \text{ (А)}$$

2 Розрахуємо пусковий струм електродвигуна, А:

$$I_{ел.дв}^{пуск} = I_{ел.дв}^n \cdot \beta, \quad (4.4)$$

де  $I_{ел.дв}^n$  – номінальний робочий струм електродвигуна, А;

$\beta$  – коефіцієнт перевантаження, 5...8.

$$I_{ел.дв}^{пус} = 8,9 \cdot 7 = 62,3 \text{ (A)}.$$

3 Плавкі вставки запобіжників підбираємо за розрахунковим значенням номінального струму  $I_{пл.вс}^н$ . При цьому повинна виконуватися умова (4.4). Значення номінального струму визначають за виразом:

$$I_{пл.вс}^н = I_{ел.дв}^{пус} / \alpha, \quad (4.5)$$

де  $I_{ел.дв}^{пус}$  – пусковий струм електродвигуна, А;

$\alpha$  – коефіцієнт режиму роботи, 2.

$$I_{пл.вс}^н = 62,3 / 2 = 31,2 \text{ (A)}.$$

Обираємо тип запобіжника ПН2-100 із номінальним струмом плавкої вставки 40 А [10].

4 Розраховуємо орієнтовний переріз фазних проводів:

$$s_{\phi} = I_{ед} / j, \quad (4.6)$$

де  $j = 3 \text{ А/мм}^2$  для алюмінієвих дротів.

$$s_{\phi} = 62,3 / 3 = 20,8 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Обираємо з ряду стандартних перерізів фазних дротів [10] значення  $25 \text{ мм}^2$ .

5 Переріз нульового провідника та його матеріал обирається з умови, щоб повна провідність нульового дроту була не менше 50% повної провідності фазного дроту, тобто виконувалася умова

$$\frac{1}{(R_n + X_n)} \geq 2 \frac{1}{(R_\phi + X_\phi)}. \quad (4.7)$$

6 Розраховуємо активний опір фазних та нульового дротів, Ом:

$$R_\phi = \frac{\rho \cdot L_\phi}{s_\phi}; \quad (4.8)$$

$$R_n = \frac{\rho \cdot L_n}{s_n}; \quad (4.9)$$

де  $\rho$  – питомий опір провідника, для міді 0,018 Ом·мм<sup>2</sup>/м;

$L$  – довжина провідника, м;

$s$  – переріз, мм<sup>2</sup>.

$$R_\phi = \frac{0,018 \cdot 50}{25} = 0,036 \text{ (Ом)}.$$

Переріз нульового провідника та його матеріал обираємо з умови, щоб повна провідність нульового дроту була не менше 50% повної провідності фазного дроту, тобто виконувалася умова

$$\frac{1}{(R_n + X_n)} \geq \frac{1}{2(R_\phi + X_\phi)}. \quad (4.10)$$

Значення індуктивних опорів  $X_\phi$  та  $X_n$  для мідних та алюмінієвих дротів малі, як правило, під час розрахунків ними нехтують. Тобто (4.10) набуде виду

$$\frac{1}{R_n} \geq \frac{1}{2R_\phi}. \quad (4.11)$$

Звідки

$$R_n = 2R_\phi, \quad (4.12)$$

$$R_n = 2 \cdot 0,036 = 0,072 \text{ (Ом)}.$$

Переріз нульового провідника:

$$S_n = \frac{\rho \cdot L_n}{R_n}, \quad (4.13)$$

$$S_n = \frac{0,018 \cdot 50}{0,072} = 12,5 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Обираємо з ряду стандартних перерізів нульових дротів [10] значення  $16 \text{ мм}^2$ .

7 Зовнішній індуктивний опір 1 км петлі «фаза-нуль» приймаємо за [10]  $X_n = 0,6 \text{ Ом/км}$ . З урахуванням даного значення довжини лінії маємо

$$X_n = 0,6 \cdot L, \quad (4.14)$$

$$X_n = 0,6 \cdot 0,05 = 0,03 \text{ (Ом)}.$$

8 Повний опір петлі «фаза-нуль»:

$$Z_n = \left[ (R_\phi + R_n)^2 + X_n^2 \right]^{0,5}, \quad (4.15)$$

$$Z_{\Sigma} = \left[ (0,036 + 0,072)^2 + 0,03^2 \right]^{0,5} = 0,112 \text{ (Ом)}.$$

9 Струм короткого замикання на корпус:

$$I_{к.з} = \frac{U_{\phi}}{Z_{mp} / 3 + Z_{\Sigma}}, \quad (4.16)$$

де  $Z_{mp} / 3$  – значення розрахункових повних опорів обмоток масляних трифазних трансформаторів, поєднаних за схемою  $\Delta / Y$ . У нашому випадку для трансформатора 100 кВА – 0,226 [10].

$$I_{к.з} = \frac{380}{0,226 + 0,112} = 1124,3 \text{ (А)}.$$

10 Перевірка надійності вимикаючої здатності:

$$I_{к.з} \geq k \cdot I_{н.ел.дв.} \quad (4.17)$$

де  $k$  – коефіцієнт кратності номінального струму, що дорівнює 3 при захисті запобіжниками або автоматами, що мають тепловий розщеплювач із оберненою від струму характеристикою [10].

$$1124,3 > 3 \cdot 8,9;$$

$$1124,3 > 26,7.$$

Умова надійності вимикаючої здатності забезпечена.

#### 4.3 Пожежна безпека

Під пожежною безпекою об'єкта розуміють такий його стан, за яким з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення і розвитку пожежі та впливу на людей небезпечних чинників пожежі, а також забезпечується захист матеріальних цінностей [33, 42-45].

Забезпечення пожежної безпеки завдання досить складне, тому для його вирішення необхідно підходити комплексно. Комплекс заходів та засобів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта складається із відповідних систем, кожна з яких підрозділяється на підсистеми, а ті, в свою чергу, на підсистеми нижчого рівня.

Основою системи комплексних заходів та засобів щодо забезпечення пожежної безпеки об'єкта є: система запобігання пожежі, система протипожежного захисту та система організаційно-технічних заходів.

Система запобігання пожеж – це комплекс організаційних заходів і технічних засобів спрямованих на унеможливлення умов, необхідних для виникнення пожежі.

Система протипожежного захисту – це сукупність організаційних заходів, а також технічних засобів, спрямованих на запобігання впливу на людей небезпечних чинників пожежі та обмеження матеріальних збитків від неї.

Механічний цех, у якому відбувається виготовлення компресору за прийнятою класифікацією відноситься до приміщень категорії Г, тому для запобігання умов, необхідних для виникнення пожежі, треба передбачити комплекс організаційних заходів та механічних засобів.

Одним із основних принципів у системі запобігання пожеж є положення про те, що горіння (пожежа) можливе лише за певних умов. Основною умовою є наявність трьох чинників: горючої речовини, окисника та джерела запалювання. Крім того, необхідно, щоб горюча речовина була нагріта до необхідної

температури, знаходилась у відповідному кількісному співвідношенні з окисником, а джерело запалювання мало необхідну енергію для початкового імпульсу (запалювання).

До джерел запалювання, які ініціюють горіння, належать: відкрите полум'я, розжарені предмети, електричні заряди, теплові процеси хімічного, електричного та механічного походження, іскри від ударів та тертя, сонячна радіація, електромагнітні та інші випромінювання.

Горючими речовинами вважаються речовини, які при дії на них високих температур, відкритого полум'я чи іншого джерела запалювання можуть займатися і в подальшому горіти з утворенням тепла та зазвичай випромінювання світла.

До окисників належать хлор, фтор, оксид азоту, селітри тощо, однак важливіше значення має горіння, яке виникає при окисненні горючої речовини киснем повітря.

Окисник разом з горючою речовиною утворює, так зване горюче середовище, яке здатне горіти після видалення джерела запалювання. Тому система запобігання пожежі включає такі два основні напрямки: запобігання утворення горючого середовища і виникнення в цьому середовищі джерела запалювання.

Запобігання утворення горючого середовища досягається застосуванням герметичного виробничого устаткування, максимальною заміною в технологічних процесах горючих речовин та матеріалів негорючими, обмеженням кількості пожежо- та вибухонебезпечних речовин при використанні та зберіганні, а також правильним їх розміщенням, ізоляцією горючих та вибухонебезпечних середовищ, організацією контролю за складом повітря в приміщенні та контролю за станом середовища в апаратах, забезпеченням вентиляції, відведенням горючих середовищ в спеціальні прилади, використанням спеціальних домішок тощо.

Запобігання виникненню в горючому середовищі джерела запалювання досягається використанням устаткування та пристроїв, при роботі яких не виникає

джерела запалювання, використанням устаткування, що відповідає за виконанням класу пожежо- та вибухобезпеки приміщень, заземленням устаткування тощо.

Полтавський державний аграрний університет

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла пневматичного, що застосовується для роздування покришок сільськогосподарської техніки. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності деталі компресора, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталі вузла, надамо рекомендації стосовно аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та корпус. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення корпусу компресора пневматичного. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні корпусу  $\varnothing 130H7$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування для закріплення корпусу під час механічної обробки. Визначено зусилля затиску, а також розраховано на міцність вісі.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу компресора. Річний економічний ефект для програми випуску 2000 шт. склав 16600 грн. Розраховано занулення для захисту від ураження напругою електричної мережі під час виготовлення пневматичного компресора. Висвітлено заходи, спрямовані на охорону навколишнього середовища від пожежі.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення пневматичного компресора, робоче креслення його корпусу, креслення заготовки корпусу, складальне креслення затискного пристосування.