

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: «Техніко-технологічне забезпечення процесу виготовлення
напрямної компресору в умовах серійного типу виробництва»

КРБ.133ГМбд_21[1].07.00.00.000 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]
КАПЕЧУН Віталій

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Природний газ є доволі затребуваним продуктом на промислових та цивільних об'єктах. Однією із його основних переваг є екологічність у порівнянні із іншими джерелами енергії.

Не зважаючи на високий рівень газифікації України, залишаються об'єкти, на яких треба використовувати автономну подачу газу. В такому випадку використовується зріджений газ. Природний газ не підходить. Зріджений газ краще зберігається та перевозиться. Найбільш поширені на даний час пропан-бутанові газові суміші. Така суміш найкраще підходить до кліматичного поясу нашої країни.

Для того, щоб працювати із пропан-бутановими газовими сумішами необхідно застосовувати компресорне промислове обладнання. Компресор дає нам можливість стиснути газову суміш та подати її під тиском. Саме тому розробка та удосконалення конструкцій обладнання даного виду є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Напрямна, виконана на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною компресору, що використовується під час зрідження пропан-бутанової суміші.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є компресор, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення напрямної, 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, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та довкілля на підприємстві машинобудівної галузі;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Компресор, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, призначений для стискування парів насичених газів пропану-бутану (див. графічну частину роботи). Застосовується на газових котельних станціях об'єктів сільськогосподарського виробництва і не тільки для перекачки фракцій пропан-бутанових сумішей та сумішей із домішками (метану, етану та етилену). Може бути використаний у двох режимах: режим зливання рідких фракцій методом витискування; режим відкачки парів газу.

Даний компресор є поршнеvim. Він має подвійний ступінь стискування. Поршні стримують зворотно-поступальний рух від колінчастого валу. Головка циліндра має два патрубки: всмоктувальний та нагнітальний.

При русі поршня вниз у циліндрі створюється розрідження. Всмоктувальний клапан відкриває отвір у диску, повітря надходить до камери циліндра. При русі поршня вгору повітря стискається. Під дією стиснутого повітря відкривається нагнітальний клапан і повітря через отвори диску та отвір у головці циліндра надходить до системи.

Зворотно-поступальний рух поршень отримує від вузла колінчастого валу через вузол шатуна, до якого пальцем кріпиться крейкопф. Останній з'єднаний різьбою зі штоком, на який одітий поршень. Поршень кріпиться гайкою та фіксується стопорним кільцем. Циліндр, головка та напрямна циліндру мають ребра для покращення тепловіддачі, підвищення жорсткості. Колінчастий вал компресору встановлено в шари копідшипниках. Їх змонтовано у корпусі. У кришці є отвори для зв'язку із атмосферою. У нижній частині корпусу знаходиться отвір, який закривається пробкою для зливання масла. Рівень масла перевіряється щупом.

В основі корпусу є чотири отвори $D=25$ мм для кріплення компресора до станини машин.

У таблиці 1.1 наведено технічну характеристику поршневого компресору.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика компресора поршневого

Параметр	Значення
1	2
1. Призначення	Стискання насичених парів суміші пропан-бутану
2. Число ступенів стиску	2
3. Число циліндрів 1-го та 2-го ступенів	2 та 1
4. Діаметр циліндра, мм	125
5. Хід поршня (із боку приводу), мм	
1-го ступеню правого циліндру	153
1-го ступеню центрального циліндру	145
2-го ступеню	144
6. Діаметр штока, мм	26
7. Частота обертання, с ⁻¹	12,25
8. Початковий тиск всмоктування, МПа	
мінімальний	0,15
максимальний (номінальний)	1,1
9. Тиск нагнітання максимальний, МПа	1,7
10. Потужність на валу компресору, кВт, не більше	5,5
11. Габаритні розміри, мм	1745×765×1215
12. Маса, кг	820

Деталлю, обраною для проектування є напрямна. Її робоче креслення наведено на рисунку 1.1.

Рисунок 1.1 – Напрямна компресору (фрагмент робочого креслення)

Напрямна як і більшість корпусних деталей використовується для базування інших деталей у вузлі. У нашому випадку прямна використовується для кріплення головки компресора із клапанами, та надання правильного руху і зменшення биття у системі «колінчастий вал – шток – поршень». У даній деталі передбачено оглядовий отвір для слідкування за станом роликового підшипника на пальці, що з'єднує колінчастий вал із крейцкопфом.

Напрямна виготовлена із сірого чавуну СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

Складальне креслення компресора, що наведене у графічній частині кваліфікаційної роботи, містить достатню кількість видів, розрізів. Усі вони необхідні для правильного розуміння будови складальної одиниці, принципу її роботи. Наявна нумерація вузлів та деталей. Наявність габаритних, приєднувальних, основних посадочних та міжосьових розмірів достатня, хоча можливо їх проставити і ще на декількох спільних поверхнях.

Дана деталь – напрямча (рисунок 1.1) є корпусною. Проаналізувавши креслення можна зробити висновок, що воно є досить змістовним і надає повну інформацію для виготовлення деталі. Креслення відповідає вимогам виготовлення із використанням верстатів з ЧПК, що використовуються переважно при серійному виробництві. Основними недоліками є не уважне позначення відхилень, котрі не співпадають із вказаними квалітетами, та розмірів без врахування коефіцієнтів масштабування. Проводячи аналіз точності деталі, заносимо її параметри до таблиці 1.2, враховуючи рисунок 1.2 [17, 22, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Параметри точності напрямної

Тип поверхні	Розмір і допуск	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Розташування	
Циліндрична	$\phi 155 \begin{matrix} +0.04 \\ \end{matrix}$	7	-	-	0,8
Торці	$L=310 \begin{matrix} +0.13 \\ \end{matrix}$	9	$\nabla 0,05$	$\perp 0,02/100$	2,5
Площини бічних вікон	$L=185 \begin{matrix} +0.46 \\ \end{matrix}$	12	-	-	3,2
Циліндрична (виточка)	$\phi 158 \begin{matrix} +0.1 \\ \end{matrix}$	9	-	-	4,0
12 отворів	$\phi 17,5 \begin{matrix} +0.43 \\ \end{matrix}$	14	-	$\phi 0,8$	12,5
Конус	$20 \times 15^\circ$	9	-	-	6,3

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Напрямна компресор (аналіз параметрів точності)

Проаналізувавши точність параметрів напрямної, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 7-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=0,8$ мкм. Вона є досяжною у виробничих умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Напрямна виготовлена із сірого чавуну СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019 [7, 16, 34, 36]. Чавуни для виливків розрізняють за структурою, хімічним складом, призначенні та технології отримання. За хімічним складом чавуни розрізняють нелеговані та леговані. За технологією отримання розрізняють відливки, що отримані у разових піщаних формах, в оболонкових формах, в металевих формах (кокиль), у піщаних формах, виготовлених за газифікованими моделями, у керамічних формах. Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиничного так і серійного виробництва виливків масою від десятків грам до десятків тон є метод литва в піщані форми за дерев'яними моделями. Група складності даної заготовки Ш.

СЧ 20 – сірий чавун із пластинчастим графітом. Він має перлітну структуру з густиною 7000-7300 кг/м³.

Хімічний склад та властивості матеріалу приведені нижче в 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 напрямної

Чавун	σ_b , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	C, %	Si, %	Mn, %	Не більше, %	
						P	S
СЧ 20	196	170-241	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ18	176	170-241	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у компресорах у кількості 800 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 1-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (800 + 0,04 \cdot 800) \cdot (1 + 0,025) = 853 (\text{шт.}).$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція компресора, наведеного у графічній частині, є досить складною. До його складу входить значна кількість стандартних виробів (болти, гвинти, гайки, шайби, клапани, підшипники). Основна маса деталей є специфічною. Вона потребує розробки спеціальних технологічних процесів виготовлення. Взагалі конструкція є доволі технологічною. Для поточних ремонтів та огляду передбачені вікна, для складання та розбирання не потрібні специфічні пристосування та інструменти. Усі поверхні базових деталей, що спряжені, виготовляються достатньо точно для нормальної та безвідмовної роботи вузла.

Конструкцію компресора можна вважати технологічною та придатною до виготовлення та експлуатації відповідно до технічних вимог відповідно до [2].

Аналізуючи технологічність деталі необхідно перевірити:

- можливість спрощення деталі завдяки більш раціональній формі з легко доступними для обробки поверхнями і достатньою жорсткістю з метою зменшення матеріаломісткості та трудомісткості;
- можливість зменшення кількості та протяжності поверхонь деталі, що обробляється;
- наявність на деталях зручних базових поверхонь або можливість створення зручних технологічних баз;
- можливість технологічно пов'язати розміри, що забезпечують найкоротші технологічні розмірні ланцюги;
- можливість раціонального вибору виготовлення заготовки, що забезпечує найбільш високий коефіцієнт використання матеріалу

Проводимо аналіз на технологічність напрямої для умов серійного виробництва, звівши його до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності напрямої

Показники технологічності	Оцінка	Висновки і заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3
1. Найвигідність зручних баз, що забезпечують надійне закріплення заготовки.	Так, технологічно	Можливе застосування спеціального верстатного пристрою.
2. Можливість установки за допомогою простих настановних і затискних елементів.	Так, технологічно	Закріплення у самоцентруючому патроні.
3. Чи допускає жорсткість поверхонь отримання високої точності обробки?	Так, технологічно	Конструкція деталі досить жорстка. Відношення діаметра до довжини у нормі.
4. Можливість обробки поверхонь прохідними різцями.	Так, технологічно	-
5. Чи можливо зменшити діаметри великих фланців або виключити їх взагалі?	Так, нетехнологічно	Можливе зменшення діаметра фланця, що збільшить коефіцієнт використання матеріалу.
6. Чи можливо замінити закриті шпонкові канавки відкритими?		-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
7. Чи мають поперечні канавки форму і розміри, придатні для обробки на гідрокопіювальних верстатах?	-	-
8. Наявність довгих точних оброблених поверхонь	Так, технологічно	Метод обробки забезпечує даний показник технологічності.
9. Наявність кутів, відмінних від 45°.	Так, технологічно	-
10. Чи є великі перепади діаметрів?	Ні, технологічно	
11. Величина припусків на заготовці.	Технологічно	Відповідь 9-11 ступеня точності.
12. Чи є поверхні, що неможливо виміряти стандартним вимірвальним інструментом?	Ні, технологічно	

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталі з більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Діючий технологічний процес виготовлення напрямої передбачає створення вилівка методом литва у глиняно-піщаній формі. Ми в свою чергу запропонуємо литво у кокіль. Адже цим методом отримуються більш точні заготовки, а

собівартість виготовлення заготовки дешевша через більш високий коефіцієнт використання матеріалу. Доцільність цього впровадження розрахуємо в подальшому ході проектування. Однією із пропозицій є виконання у виливку оглядових вікон, котрі у базовому техпроцесі одержували механічною обробкою.

Також враховуючи задану програму випуску, ми пропонуємо виготовляти деталь на багатопільовому верстаті так як конструкція дозволяє провести повну обробку на одному верстаті. А для зменшення часу на встановлення та затиск деталі у подальшому розробимо пневматичне, спеціальне затискне пристосування.

Всі ці нововведення дозволять зменшити собівартість деталі, час на обробку, і підвищити ефективність праці.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. [48]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_4} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_n} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_{i=1}^n \varepsilon_i \quad (2.1)$$

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 чорншої обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3..4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5..2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Наприклад, для поверхні із допуском за 7-им квалітетом $T_d=40$ мкм загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2400}{40} = 60.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n = \frac{\lg 60}{0,46} = 3,8.$$

Приймаємо чотири переходи.

Можливі методи обробки поверхонь деталі (рисунок 2.1) подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі методи обробки поверхонь деталі

№ поверхні	Розмір поверхні	Допуск заготовки, T_z	Допуск деталі, $T_{дет}$	Уточнення	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
						1	2
Можливі маршрути обробки напрямні							
3	$\varnothing 155^{+0,04}_0$	2400	20	60	4	1. Обдирне розточування. 2. Чорнове розточування. 3. Розточування напівчистове. 4. Розточування тонке. 5. Хонінгування.	1. Чорнове розточування. 2. Розточування напівчистове. 3. Розточування тонке. 4. Хонінгування.

Продовження таблиці 2.2

№ поверхні	Розмір поверхні	Допуск заготовки, T_z	Допуск деталі, $T_{дет}$	Уточнення	Кількість переходів	Варіанти методів обробки	
						1	2
1,2	L=310H9	2400	130	15,3 8	3	1. Підрізання чорнове. 2. Підрізання чорнове. 3. Шліфування.	1. Фрезерування чорнове. 2. Фрезерування чистове.
4,5	L=185H12	2000	460	4.35		1. Фрезерування чорнове. 2. Шліфування чорнове	1. Фрезерування одноразове.

За наведеною таблицею ми бачимо що більш вигідним є другий варіант обробки так як за його умов зменшується номенклатура інструменту а також його використання дає змогу зменшити кількість використовуваних верстатів. Також при виборі маршруту керуємось технологічним призначенням деталі. Як ми бачимо для поверхні 3 деталі напрямна можливо обрати у якості фінішної обробки тонке реточування і замінити хонінгування, але в нашому випадку це неприйнятно, адже хонінгування надає поверхні спеціальну макроструктуру, котра покращує умови змащення, а напрямна повинна працювати у спряженні з накладками крейцопфа, тому повинна змащуватись у зоні контакту.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Розробку маршруту обробки проводимо згідно з умов обраного типу виробництва та послідовності операцій та переходів що зазначені у таблиці 2.3 (рисунок 2.1).

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 2.1 – Напрямна компресора (ескіз для розробки маршрутів)

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі для серійного виробництва

Операція	Зміст переходів
1	2
005 Заготівельна	Лиття в кокіль.
010 Термічна	1. Відпакування. 2. Штучне старіння.
015 Багатоцільова	1. Встановити, закріпити, зняти. 2. Фрезерувати попередньо начорно 1. 3. Фрезерувати торець 1 начисто. 4. Розточити отвір 3 начорно та напівчисто одночасно. 5. Розточити отвір 7 одноразово. 6. Точити фаску 2. 7. Свердлити 6 отворів Ø17,5 на прохід на пов.1. 8. Повернути стіл на 90°. 9. Фрезерувати поверхню бічного вікна 4, одноразово. 10. Свердлити 10 отворів Ø 8,1 під різьбу на пов. 4. 11. Нарізати різьбу M10 у 10 отворах на пов.4. 12. Повернути стіл на 90°. 13. Фрезерувати торець фланця 2 начорно. 14. Фрезерувати торець фланця 2 начисто. 15. Розточити канавку пов.6. 16. Точити конус на пов.10 під кутом 15°. 17. Свердлити 6 отворів Ø17,5 на прохід на пов.2. 18. Повернути стіл на 90°. 19. Фрезерувати поверхню бічного вікна 4, одноразово. 20. Свердлити 10 отворів Ø 8,1 під різьбу на пов. 4. 21. Нарізати різьбу M10 у 10 отворах на пов.4.

Продовження таблиці 2.3

1	2
020 Хонінгувальна	1. Відновити, закріпити, зняти. 2. Хонінгувати отвір 3.
025 Слюсарна	1. Продути усі отвори стиснутим повітрям до повного видалення стружки. 2. Притупити гострі країки. 3. Виливок зачистити від окалини і пригарів.
030 Мийна	Промити деталь.
035 Контроль ВТК	1. Контролювати розміри деталі. 2. Клеймити клеєм остаточного примання.
040 Свердлильна	1. Свердлити 2 отв. $\varnothing 7,8$ мм під штифт сумісно із корпусом. 2. Розгорнути 2 отв. $\varnothing 7,8$ мм до $\varnothing 8,1$ сумісно із корпусом.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

У цій роботі використовуємо табличний метод (таблиця 2.4) визначення припусків на обробку напрямної (рисунк 2.3).

Таблиця 2.4 – Припуски на обробку поверхонь деталі (напрямна)

№ поверхні	Найменування поверхні	Переходи	Припуск	Квалітет
1	2	3	4	5
1, 2	Торці L=310H9	Фрезерування чорнове	2,5	12
		Фрезерування	1	9
4, 5	Поверхня оглядових вікон L=185H14	Фрезерування одноразове	2,5	14

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5
3	Циліндрична $\varnothing 155H7$	Чорнове розточування	2	IT14/2
		Напівчистове розточування	1	9
		Тонке алмазне розточування	0,5	7
		Хонінгування	0,01	7
7	Циліндрична $\varnothing 155H8$	Розточування одисоразове	1,5	8

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення деталі на операції 015 (багатоцільова) механічної обробки [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Послідовність розробки затискного пристосування можна розподілити на наступні підпункти:

- вибір схеми базування;
- підбір встановлювальних елементів;
- розрахунок необхідної сили затискання;
- вибір силового приводу та визначення його основних параметрів виходячи із розрахованої сили затиску та умов встановлення на верстаті;
- розробка креслення пристрою із основними приєднувальними та габаритними розмірами;
- розрахунок найбільш навантаженого елемента конструкції на працездатність при даному навантаженні.

3.2 Визначення зусилля затискання

У даному випадку деталь обробляється на багатоцільовому верстаті і при обробці деталь буде базуватись у чотирьох призмах. Це забезпечує самоцентрування деталі і надає можливість використовувати даний пристрій як універсальний для затискання деталей, що мають циліндричну форму.

На литій опорній плиті (див. графічну частину роботи) розташована нижня призма, на яку встановлюється деталь. Вона в свою чергу притискається іншою призмою, що приводиться у рух пневмоциліндром. Конструкція пневмоциліндра передбачає двосторонню дію поршня для спрощення виймання сробленої деталі,

пневмоциліндр кріпиться гвинтами до плити. Плита розташована на чотирьох стержнях, що кріпляться на встановлювальній плиті.

Для подальшого конструювання необхідно розрахувати параметри силового приводу. Для цього необхідно визначити сили різання, що намагаються зрушити деталь.

Найбільш вірогідним зрушенням деталі буде її провертання під час одночасного чорнового та напівчистового розточування. Для забезпечення точності обробки розрахуємо сили різання P_{z1} та P_{z2} , що виникають при розточуванні.

Отже, обраний тип затиску та сили, що виникають при затисканні можемо зобразити на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Схема сил, що діють [3, 14, 26, 41]

Формулу для розрахунку крутного моменту, Нм, що повертає заготовку запишемо у наступному вигляді:

$$M_{кр} = \frac{(r_{z1} + r_{z2}) \cdot D}{2 \cdot 100} \quad (3.1)$$

Розрахунок необхідної сили затиску:

$$P_3 = 2M_{кр} \cdot f \cdot (D \cdot n \cdot f) \quad (3.2)$$

де D_3 – діаметр заготовки;

f – коефіцієнт тертя між ними нехтуємо через особливості пристрою;

K – коефіцієнт загасу [3, 14, 26, 41];

n – кількість сил що діють на заготовку.

Як відомо, складові сили різання, H , розраховується за наступною формулою:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot k_p, \quad (3.3)$$

де C_p , x , y , n – постійні значення для певних умов точіння [9];

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

V – швидкість різання;

k_p – поправочний коефіцієнт [9].

Значення даних коефіцієнтів та режимів різання для спрощення розрахунку запишемо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення параметрів режимів різання

Найменування параметру	Значення параметрів	
	Різець 1	Різець 2
C_p	92	92
x	1	1
y	0,75	0,75
n	0	0
t , мм	0,9	2,9
V , м/хв	110	110
S , мм/об	0,4	0,4
k_p	0,792	0,792

Отже, маємо змогу розраховувати формулу (3.3):

$$P_{z1} = 10 \cdot 92 \cdot 0,9^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 110^0 \cdot 0,792 = 327,88 \text{ (Н)}$$

$$P_{z2} = 10 \cdot 92 \cdot 2,9^{1,0} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 110^0 \cdot 0,792 = 1056,528 \text{ (Н)}$$

де D – діаметр отвору, що розточується.

Отже:

$$M_{кр} = \frac{(327,88 + 1056,528) \cdot 155}{2 \cdot 100} = 1072,91 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Знайшовши відповідні параметри маємо змогу розрахувати необхідне зтискне зусилля:

$$P_s = 2 \cdot 1072,91 \cdot 2,5 / (0,18 \cdot 4) = 1450,76 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

При виборі силового приводу необхідно керуватись наступними міркуваннями:

- швидкість дії;
- зручність використання;
- простота конструкції;
- надійність.

При теоретичному описі пристрою ми застосовували пневмоциліндр. Отже будемо використовувати і при практичному створенні нашого обладнання.

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 пневмоциліндру.

Для даного пристосування можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.4)$$

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

З урахуванням зусилля $Q=W=7450,76$ Н знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

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

З формули визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.6)$$

де D – діаметр поршня,

$\eta=0,95$ – ККД пневмоциліндра;

$p=0,63$ МПа – тиск, що подається у пневмоциліндр.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7450,76}{3,14 \cdot 0,63 \cdot 0,9}} = 124,9 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D=125$ мм.

3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

На нашу думку у конструкції найбільш небезпечно навантаженими є приєднання поршня пневмоциліндра до плити пальцем. Отже, проведемо розрахунок даного з'єднання на з'єд. та підберемо необхідний діаметр пальця (рисунок 3.2):

Рисунок 3.2 – Схема зусиль, що діють на палець

Для розрахунку даного випадку використаємо наступну формулу, що використовується для болтових з'єднань

$$\tau = \frac{4Q}{\pi D^2 i z} \leq [\tau] \quad (3.7)$$

де τ – напруження на зріз матеріалу пальця;

i – число площин зрізу $i=2$;

z – кількість пальців $z=1$;

Q – зусилля що діє на з'єднання.

З цього співвідношення знаходимо розрахунковий діаметр пальця:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi i z [\tau]}}; \quad (3.8)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження на зріз матеріалу пальця, $[\tau]=0,3\sigma_T$, $\sigma_T=200$ МПа для Ст3. Отже, $[\tau]=0,3 \cdot 200 = 60$ МПа.

Розрахуємо формулу (3.8):

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 7450,76}{3,14 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 60}} = 8,8 \text{ (мм)}.$$

Остаточно приймаємо $D = 10$ мм.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Виготовлення заготовок є одним із основних етапів машинобудівного виробництва, що визначає витрати матеріалів та енергії, трудомісткість виготовлення та якість виробів.

Для порівняння виберемо два способи отримання заготовки прямої із сірого чавуну СЧ20 – литво у кокіль та піщано-глиняні форми. Проведемо порівняння їх собівартості одержання із використанням [8, 31, 49].

Литво у піщані форми дозволяє отримати заготовки складної форми з різними отворами. Це найшпиреніший метод литва. У машинобудуванні цим методом виготовляється 75...80% відливок (з масою). Отримані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шерсткості і великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення відливок мінімальна, але вартість їх механічної обробки більша, ніж заготовок, одержаних іншими методами литва.

Литво у кокіль – це найдешевший серед спеціальних методів. Його особливість полягає у багатократному використанні металевої форми – кокілю. Стійкість чавунних кокілів при виготовленні чавунного литва становить 400...8000 відливок. Кокілі дозволяють отримувати заготовки зі стабільними і точними розмірами (до 12 квадратів). Параметр шерсткості може досягати 20 мкм. У зв'язку із великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості вилівка (отримується дрібна структура) на 10...15%, але в той же час ускладнюється отримання заготовок із тонкими стінками. При переході з піщаного литва на кокільне витрати матеріалу зменшуються на 10...20% через скорочення литникової системи. Трудомісткість механічної обробки внаслідок зменшення припусків і високої точності розмірів зменшується у 1,5...2 рази.

Поряд із цим необхідно ураховувати, що сам кокіль коштує досить дорого. У ньому можливо виготовляти заготовки досить простої конфігурації, можливе його корочення через значні усадочні і термічні напруження.

Литво у кокіль доцільно застосовувати в умовах серійного виробництва при отриманні з кожної форми не менше ніж 300...500 виливків.

Заміна литва у піщані форми на литво в кокіль при достатній програмі випуску знижує собівартість виливків приблизно на 30% і підвищує продуктивність праці у 4..6 разів. Витрати на організацію дільниці литва в кокіль при цьому окупуються за 2...3 місяці.

Вартість литої заготовки у піщані форми визначимо за формулою [7]:

$$S_{заг}^n = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_m \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.1)$$

де C_i – вартість однієї тони відливок з сірого чавуну;

$Q_{заг}$ – маса заготовки;

K_m, K_n, K_e, K_c, K_m – коефіцієнти точності, програми випуску, маси виливків, групи складності, матеріалу відповідно.

Вартість заготовки, отриманої литвом у кокіль, визначається за формулою [7]:

$$S_{заг}^n = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_m \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}. \quad (4.2)$$

Використовуючи джерело [1] маємо наступні значення:

$$S_{заг}^n = \left(\frac{50000}{1000} \cdot 23,5 \cdot 1,5 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,9 \cdot 1,1 \right) - (23,5 - 20,5) \frac{10000}{1000} = 1610 \text{ (грн.)}$$

$$S_{\text{заг}}^{\text{ск}} = \left(\frac{10000}{1000} \cdot 22 \cdot 1,32 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 1,04 \right) - (22 - 20,5) \frac{10000}{1000} = 1135 \text{ (грн.)}$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах серійного виробництва доцільніше використовувати литво в кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для напрямної:

$$E = (1610 - 1135) \cdot 853 = 405175 \text{ (грн.)}$$

Отже, для виготовлення загтовки напрямної компресору обираємо литво в кокіль.

4.2 Розрахунок штучного освітлення цеху

Для розрахунку штучного освітлення використовують, в основному три методи: світлового потоку (коефіцієнт використання), точковий та питомої потужності. Для розрахунку освітленості цеху використаємо два методи: світлового потоку та точковий [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Метод світлового потоку призначений для розрахунку загального освітлення горизонтальних поверхонь. Цей метод дозволяє врахувати як прямий світловий потік, так і відбитий від стін та сталі.

Розрахуємо загальне освітлення механічного цеху.

1. Визначимо висоту підвісу h світильника.

Висота приміщення механічного цеху задача 10,0 м, звідси визначаємо висоту підвісу h світильника, м:

$$h = H - h_p - h_c, \quad (4.3)$$

$$h = 10 - 1 - 1 = 8 \text{ (м)},$$

де H – загальна висота приміщення;

h_1 – висота до робочої поверхні;

h_2 – висота світильника.

2. Визначаємо відстань L , м, між світильниками при багаторядному розташуванні:

$$L = 1,5 \cdot h \quad (4.4)$$

$$L = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ м}$$

3. Визначимо кількість світильників:

$$n = \frac{A \cdot B}{L^2} \quad (4.5)$$

$$n = \frac{36 \cdot 42}{12^2} = 10,5,$$

де A – довжина приміщення, приймаємо $A=36$ м;

B – довжина приміщення, $B=42$ м.

4. Для обчислення світлового потоку необхідно визначити індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{[H \cdot (1 + B)]} \quad (4.6)$$

$$i = \frac{36 \cdot 42}{[8 \cdot (36 + 42)]} = 24$$

За допомогою обчисленого індексу приміщення визначаємо коефіцієнт використання світлового потоку η .

Світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}$ визначають за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k_{\text{з}} \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (4.7)$$

де $E_{\text{н}}$ – нормована освітленість, $E_{\text{н}}=300$ лк;

S – площа освітлюваного приміщення, $S=1512$ м²;

$k_{\text{з}}$ – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в результаті забрудненості та старіння ламп, $k_{\text{з}}=1,5$;

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

n – кількість світильників, $n=10$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, $\eta=50\%$.

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{200 \cdot 1512 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{10 \cdot 0,5} = 81506,25 \text{ (лм)}.$$

6. Обираємо лампи типу ДРЛ потужністю 2000 Вт, світловий потік лампи $\Phi_{\text{л}}$ становить 95000 лм і уточнюємо загальну кількість ламп n у цеху:

$$n = \frac{200 \cdot 1512 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{95000 \cdot 0,5} = 10,98.$$

Приймаємо $n=12$ для рівномірного розміщення ламп.

Точковий метод призначений для розрахунку локалізованого та комбінованого освітлення похилих площин. В основу точкового методу покладено наступне рівняння (рисунок 4.1):

$$E = \frac{I_{\alpha} \cdot \cos \alpha}{r^2}, \quad (4.8)$$

де I_{α} – сила світла в напрямку від джерела на задану точку робочої поверхні, кд;

α – кут падіння світлових променів, тобто кут між променем та перпендикуляром до освітлюваної поверхні;

r – відстань від світильника до заданої точки, м.

Рисунок 4.1 – Освітленість точки А, що належить площині Q точковим джерелом С

Для практичного використання у формулу (4.8) підставляємо коефіцієнт запасу k_3 та значення $r = \frac{h_p}{\cos \alpha}$ (рисунок 4.1) тоді формула матиме вид:

$$E = \frac{I_a \cdot \cos^3 \alpha}{k_3 \cdot h_p} \quad (4.9)$$

Величини сили світла I_a для ламп типу ДРЛ вибраних нами раніше наведені у світлотехнічних довідниках, $I_a = 96000$ кд.

Розрахуємо освітленість стола верстата в механічному цеху. Висота підвісу h світильника становить 8 м. Кут падіння світлових променів, умовно приймемо 30° . Тоді маємо, що

$$E = \frac{96000 \cdot \cos^3 30}{1,5 \cdot 8} = 5196,15 \text{ (лк)}.$$

У результаті розрахунку освітленості можна зробити висновок, що вибрані лампи у достатній мірі забезпечують освітлення робочої поверхні верстата, так як норма освітленості $E_n = 200$ лк, а розрахована освітленість $E = 5196,15$ лк.

4.3 Забруднюючі речовини та мінімізація екологічної шкоди

Найбільш небезпечними забруднюючими речовинами на даний момент є: шестивалентний хром, діоксин сірки, оксиди азоту і вуглецю, сульфати, хлориди, фосфор, ціаніди, солі важких металів, свинець, ефіроальдегідні фракції, луги та кислоти, колоїдні частинки, нітраги з нітридами, фосфати, поверхнево-активні речовини, ртуть.

Загалом проблеми екологічної безпеки можливо вирішити за рахунок: переробки твердих відходів; введення зворотного водопостачання; підвищення ефективності очищення викидів як до атмосфери, так і у водний басейн; впровадження екологічних безвідходних технологій.

Наприклад, для очищення газів та стічних вод повинні бути застосовані наступні методи.

Відстійовання. При цьому методі тверді частинки у рідких або газах осідають під дією сили тяжіння.

Фільтрування. Використовується для очищення стічних вод та газів. За допомогою різноманітних фільтрів тверді частинки відокремлюються від газової або рідкої форм.

Коагуляція. При цьому процесі дрібні частинки злипаються і таким чином укрупнюються. Після чого їх можливо відокремити та видалити.

Магнітний. Газ або вода проліускаються крізь апарат. У цьому апараті створено магнітне поле. За його впливу металеві частинки змінюють траєкторію унаслідок чого створюються умови для їх відділення.

Ультразвуковий. Звукові коливання певної частоти впливають на дисперсні системи. У результаті утворюються осадки, що підлягають видаленню.

Адсорбція. Забруднюючі домішки поглинаються адсорбентом. У його якості частіше за все використовується активоване вугілля.

Абсорбція. Метод придатний лише для очищення газів. Заснований на поглинанні газів. Рідкі поглиначі очищують їх від побічних та кислих продуктів.

Нейтралізація. Кислі гази промиваються водними нейтралізуючими розчинниками.

Відновлення. Для очищення стічних вод від нітроз'єднань, а також повітряного середовища від окислів азоту. У результаті отримується азот, вода, вуглекислота.

Флотація. Для очищення стічних вод від нафтопродуктів, нафти та жирів. У результаті реакції на поверхні рідини утворюється пінний шар, що підлягає легкому видаленню.

Отже, перераховані вище методи допомагають робити стічні води, а також викиди до атмосфери чистішими, а також менш шкідливими.

Також важливе значення має вторинна переробка відходів. Зокрема, металеві відходи повинні пускатися на переплавлення, а гальванічний шлам – для виробництва цегли, черепиці, облицювальних плит та інших будівельних матеріалів.

Реалії сьогодення є такі, що без підприємств машинобудівної галузі не можливо обитися. Враховуючи це, необхідно прагнути, щоб вони завдавали мінімальної шкоди довкіллю.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення напрямної, що застосовується у складі компресора для роботи із пропан-бутановими сумішами для використання на об'єктах автономної газифікації підприємств сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз точності напрямної. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь напрямної. Здійснено визначення припусків на обробку табличним методом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки поверхонь напрямної на багатоцільовому верстаті. Здійснено розрахунки зусилля затиску, параметрів силового приводу, а також слабкої різьбової ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки напрямної компресору. Річний економічний ефект для програми затиску 853 шт. склав 405 075 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки загального освітлення методом використання коефіцієнта світлового потоку, а також локалізованого освітлення точковим методом.

5 У графічній частині наведено складальний кресленик компресору, робочий кресленик напрямної, кресленик заготовки напрямної, складальний кресленик затискного пристосування із пневматичним типом приводу для виконання операцій механічної обробки різанням на багатоцільовому верстаті.