

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: «Удосконалення машинобудівного виробництва з виготовлення корпусу зворотного клапану компресора»

КРБ.133ГМбд_31[2].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_31[2]
ПРУШКОВСЬКИЙ Владислав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПЕТРАШ Олександр

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, у сільському господарстві повітряні компресори використовують для безперервної та переривчастої подачі чистого стиснутого повітря. Саме ця галузь має суттєву потребу у високоякісних компресорах, що здатні витримувати випробування часом.

Компресори можуть постачати значні об'єми повітря, необхідного для сільськогосподарської техніки, автоматизованих обприскувачів, сільськогосподарських машин, конвеєрів та пневматичних машин з обробки матеріалів. Також стиснуте повітря використовується для того, щоб швидко та легко надути шини. Компресори приводяться у дію за допомогою різних типів двигунів (бензинові, дизельні, електричні).

Стиснуте повітря також використовується і в інших аспектах сільського господарства. Наприклад, для транспортування надлишку продуктів у бункерах, вентиляція промислових теплиць. Зрошувальні лінії можуть за допомогою стиснутого повітря видаляти воду з труб для уникнення промерзання системи у зимовий період.

Саме тому розробка та удосконалення деталей та вузлів компресорів для стисненого повітря є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною зворотного клапану, що входить до складу компресора.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є клапан зворотній, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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 та табличним методами;

- сконструювати ступінчастий різальний інструмент для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити призначення його геометричних параметрів;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці, приділити увагу еколого-економічній ефективності природокористування;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Зворотній клапан (рисунок 1.1), винесений на розгляд у даній роботі, є одним з вузлів компресора ВВП-5/7 (рисунок 1.2). Призначений для підтримки тиску мінімум $0,35 \pm 0,05$ МПа незалежно від тиску в мережі. Вказаний тиск необхідний для забезпечення сталості змащення компресора.

Рисунок 1.1 – Зворотній клапан

Основні технічні дані компресора ВВП-5/7 та клапану занесені до таблиці 1.1.

Клапан зворотній містить: 1 – циліндр; 2 – корпус; 3 – поршень; 4, 5 – пружина; 6, 7 – шайба; 8 – штовхач; 9 – кришка; 10 – шайба; стандартні вироби (11, 12 – болт; 13, 14 – шайба; 15, 16 – кільце).

Рисунок 1.2 – Гвинтовий компресор ВВП-5/7

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані

Назва параметра	Величина
Компресор ВВП-5/7	
Максимальний тиск, МПа	0,7
Продуктивність, м ³ /хв.	5
Рівень шуму, дБ	80
Тип компресора	Гвинтовий, масляний
Робочий температурний діапазон, °С	-20...40
Клапан зворотній	
Робочий тиск, МПа	0,35
Габаритні розміри, мм	218×140×105
Маса, кг	5,32

Деталлю, що виносяться на розгляд у роботі, є корпус (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Корпус

Виріб відноситься до класу «корпусні деталі». Виготовлений із сірого чавуну марки СЧ20 ДСТУ 8833:2019.

Взагалі, вузол (клапан) виконує відразу дві функції. Він відкривається при певному мінімальному тискові. Повітря може проходити лише в одному напрямку, а саме назовні з компресора. Мінімальний тиск потрібен для належної циркуляції мастила, тому що вона має вирішальне значення для охолодження та змащення обертових гвинтів та підшипників. Гвинтовий компресор не має масляного насосу і

тому мастило прокачується через систему внаслідок різниці тисків. Під час запуску нам необхідно як можливо швидше створити тиск. Якщо компресор з'єднаний із пустим повітроприймачем чи системою трубопроводів, то створення тиску займе доволі тривалий час. Тому клапан залишається закритим до тих пір, поки у повітряному компресорі не буде досягнуто мінімальне значення тиску. Цей мінімальний тиск зазвичай становить близько 4 Атм (0,1 МПа).

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 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 «Корпус»

Тип поверхні	Розмір і допуск	Квалітет	Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
			Форми	Положення	
1	2	3	4	5	6
Циліндрична	$\varnothing 60^{+0,03}$	H7	$\odot 0,03$	—	1,6
Циліндрична	$\varnothing 60$	H14	$\odot 0,05$	—	3,2
Циліндрична	$\varnothing 45$	H14	$\odot 0,05$	—	3,2
Лінійний	32	H14	—	—	3,2
Різьбовий отвір	M10	7H	—	—	6,3
Різьбовий отвір	M6	7H	—	—	6,3
Різьбовий отвір	M27×1,5	7H	—	—	6,3

При проведенні аналізу виявлено, що вимоги до точності і шорсткості прийнятні, розміри проставлені раціонально. Максимальний квалітет точності 7-

ий, а мінімальна шорсткість $Ra=1,6$ мкм, що можливо досягнути за умов виробничих потужностей.

1.3 Характеристика матеріалу деталей, замінник

Для виготовлення корпусу застосовується сірий чавун марки СЧ20 ДСТУ 8833:2019 [24, 37].

Чавун є одним з основних конструкційних матеріалів. Основною особливістю мікроструктури сірого чавуну, яка визначає фізико-механічні й службові властивості, є наявність пластинчатого графіту. Пластинчатий графіт порушує суцільність металічної основи, і тому сірий чавун має порівняно невисокі значення тимчасового опору розриву при розтягненні і дуже низьку пластичність. Але завдяки пластинчатому графіту в сірому чавуні унікально поєдналися хороші антифрикційні якості, висока зносостійкість, мала чутливість до концентраторів напружень. Сірий чавун має високу демпфуючу здатність.

Сірий чавун – технологічний матеріал. Його розплав має хорошу рідкоплинність, малу схильність до утворення усадкових дефектів порівняно до других типів чавуну. З нього можливо виготовляти відливки складної конфігурації. Оброблюваність і режими обробки сірого чавуну суттєво залежать від мікроструктури: кількості, розмірів, розподілення включень графіту, кількості фериту (перліту) у матриці. Для чавунних корпусних деталей як метод одержання заготовки найбільше широко використовується литво в піщану форму. СЧ 20 – сірий чавун з пластинчастим графітом відноситься до феритних та феритно-перлітних чавунів, має густину 7000-7300 кг/м³. Хімічний склад і властивості матеріалу приведені нижче у таблиці 1.3.

Також у цій таблиці наведено марку, хімічний склад і властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та властивості матеріалу деталі

Чавун	σ_B , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			С	Si	Mn	Не більше	
						Р	S
СЧ 20	300	170	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ 18	300	165	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15

Для зняття внутрішніх напружень, підвищення в'язкості і стабільності розмірів деталей необхідна операція низькотемпературного відпалювання (нагрівання до 500...600°C зі швидкістю 50...150°C/год., витримка протягом 2,5...5 год. і охолодження до 250...300°C зі швидкістю 30...50°C/год.).

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла (корпус) у кількості 750 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (750 + 0,04 \cdot 750) \cdot (1 + 0,025) = 800(\text{шт.}).$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, деталі, вузла є технологічною, якщо вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на її виготовлення та обслуговування витрачається мінімальна кількість суспільної праці [23].

Кожна деталь повинна виготовлятися із мінімальними трудовими і матеріальними витратами. Ці витрати можна скоротити в значній мірі від правильного варіанту технологічного процесу, його оснащення, механізації й автоматизації, використання оптимальних режимів обробки та правильної підготовки виробництва. Відпрацювання на технологічність деталі передбачає проведення оцінки в процесі її конструювання.

Вимоги до технологічності конструкції деталі і сфери прояву ефекту при їх виконанні наступні:

- конструкція деталі повинна складатися із стандартних та уніфікованих конструктивних елементів або бути стандартною в цілому;
- деталі повинні виготовлятися із стандартних та уніфікованих заготовок чи заготовок, отриманих раціональним способом;
- розміри і поверхні деталі повинні мати відповідно оптимальні ступінь точності та шорсткість;
- показники базової поверхні (точність, шорсткість) деталі повинні забезпечувати точність встановлення, обробки та контролю;
- конструкція деталі повинна забезпечувати можливість застосування типових та стандартних технологічних процесів її виготовлення.

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним. Це приводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

Результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з/п	Назва деталі	Показники вимог до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з поліпшення
1	2	3	4	5
1	Корпус	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Деталь має зручні технологічні бази.	-
2		Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно.	Деталь достатньо жорстка
3		Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно.	Дана деталь не має глухих отворів крім різьбових. Тому при розточуванні і свердлінні операції виконуються на прохід.
4		Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	-
5		Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
6	Корпус	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, нетехнологічно	Наявність метало-різального обладнання і інструменту забезпечує даний показник технологічності.
7		Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Ні, технологічно	-
8		Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
9		Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-
10		Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів за методами обробки.

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що конструкція деталі є технологічною для умов середньосерійного виробництва. Забезпечуються основні експлуатаційні вимоги.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

У базовому технологічному процесі використовується багато універсальних верстатів, що потребує більш висококваліфікованих кадрів, більше часу на налагодження верстата, дає меншу точність обробки. Тому при проєктуванні цього технологічного процесу буде за доцільне замінити більшу частину універсальних верстатів на верстати із ЧПК. З одного боку верстати з ЧПК дещо дорожчі, але вони потребують менш кваліфікованих кадрів, меншої кількості робітників-верстатників. До того ж один верстат з ЧПК може виконувати функції декількох універсальних верстатів.

2.3 Методи обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_D, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Можливі методи обробки поверхонь деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки деталі

Позначення поверхонь	Квалітет точності	Допуск за кресленням	Шорсткість по поверхні, мм	Допуск на заготовку по поверхні	Квалітет заготовки	Загальне уточнення,	Можливі технологічні маршрути обробки		Квалітет після обробки	Досягнений допуск	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Зміст маршруту				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø60 H7	7	0,03	1,6	1,9	16	63,3	1	Розточування чорнове	12	0,3	6,33	63,3
								Розточування напівчистове	9	0,074	4,05	
								Розточування чистове	7	0,03	2,46	
							2	Зенкерування чорнове	11	0,19	10	63,3
								Зенкерування напівчистове	9	0,074	2,56	
								Розгортання	7	0,03	2,46	
								Фрезерування напівчистове	9	0,087	4,02	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø60 H7	7	0,03	1,6	1,9	16	63,3	3	Розточування чорнове	12	0,3	6,33	63,3
								Розточування напівчистове	9	0,074	4,05	
								Шліфування	7	0,03	2,46	

При виборі маршруту обробки поверхонь корпусу керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки. Таким чином, для всіх поверхонь обираємо 1 номер маршруту.

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних методів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів. Технологічний маршрут обробки деталей наводимо у вигляді послідовності обробки зі стислим змістом операцій. Наприклад, після проведеного аналізу маємо такий маршрут обробки (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки деталі

Номер і назва операції	Найменування і модель верстата	Зміст
1	2	3
005 Заготівельна		1. Відлити заготовку. 2. Обрубати приливи, заусениці.
010 Термічна		Відпалити заготовку: нагрівання до 500...600°C і витримка протягом 2,5...5 год.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>015 Фрезерно-свердлильно-різьбонарізно-розвертальна</p>	<p>Верстат фрезерно-свердлильно-розточувальний з ЧПК 6904ПМФ2</p>	<p>1. Фрезерувати поверхню основи. 2. Центрувати 4 отв. Ø11 мм. 4. Свердлити 2 отв. під Ø11 мм. 5. Свердлити 2 отв. у Ø10,8^{+0,05} мм. 6. Розгорнути 2 отв. до Ø11H7.</p>
<p>020 Фрезерно-розточна-свердлильно-різьбонарізна</p>	<p>Верстат горизонтально-розточувальний з ЧПК 2622ВФ1</p>	<p>1. Фрезерувати торець біля Ø60H7. 2. Зенкерувати під Ø60H7 мм та Ø45 мм. 4. Торцювати Ø60/Ø45 мм. 5. Розточити пов. під Ø45 мм напівчисто та зняти фаску 4×30°. 6. Розточити пов. під Ø45 мм начисто. 7. Центрувати 4 отв. під М6-7Н. 8. Свердлити 4 отв. під М6-7Н. 9. Нарізати різьбу в 4 отв. М6-7Н. 10. Фрезерувати пов. торця. 11. Фрезерувати пов. торця. 12. Центрувати 3 отв. під М10-7Н. 13. Свердлити 3 отв. під М10-7Н.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
		14. Нарізати різьбу в 3 отв. 8 М10-7Н. 15. Фрезерувати торець. 16. Центрувати 2 отв. під М10. 17. Свердлити 2 отв. під М10. 18. Нарізати різьбу в 2 отв. М10.
025 Фрезерно-свердлильно-різьбонарізно-цекувальна	Верстат фрезерно-свердлильно-розточувальний з ЧПК 6904ПМФ2	1. Фрезерувати торець. 3. Центрувати 1 отв. під М27. 4. Свердлити 1 отв. під М27. 5. Зенкувати фаску 1,5 ×45°. 6. Нарізати різьбу М27. 7. Зенкувати 4 отв. Ø 22.
030 Слюсарна	Верстак	Притупити гострі краї та зняти заусениці.
035 Мийна	Мийна машина ММ-100	Промити деталь
040 Контрольна		Контролювати перпендикулярність площини до осі отвору Ø60Н7.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\text{Ø}60\text{H}7^{(+0,03)}$ мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь обертання:

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

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, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

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

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 2.4. Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.5)$$

$$6670 - 4800 = 1900 - 30;$$

$$1870 = 1870.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями (таблиця 2.5).

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 60H7^{(+0,03)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску				Розрах. прип. $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розмір d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір		Граничн. припуск	
	Rz	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Загот.	200	200	1240	-	-	55,23	1900	53,33	55,23	-	-
Розточ. чорнове	100	100	74,4	1032	4027	59,25	300	58,95	59,25	4,02	5,62
Розточ. напівчист.	25	25	62	-	548	59,8	74	59,726	59,8	0,55	0,776
Розточ. чистове	5	5	49,6	-	224	60,03	30	60,00	60,03	0,23	0,274
Сумарне значення:										4,8	6,67

Таблиця 2.5 – Припуски на поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм	Квалітет	Технолог. допуск, мкм
1	Отвір $\varnothing 60H7$	Зенкерування	3,1	12	300
		Розточування напівчистове	0,35	9	100
		Розточування чистове	0,15	7	20
2	Площина $\varnothing 60$	Торцювати начорно	2,9	12	300
		Торцювати напівчисто	0,1	9	100

На інших поверхнях припуск знімається за один прохід.

На рисунку 2.1 подаємо графічне розташування припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\text{Ø}60\text{H}7^{(+0,03)}$, що визначені розрахунково-аналітичним способом.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\text{Ø}60\text{H}7^{(+0,03)}$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції спеціального різального інструменту

Для підвищення продуктивності праці при обробці деталі «Корпус» для 020 операції було вирішено застосувати основне оснащення, а саме нестандартний різучий інструмент – ступінчастий зенкер із механічним кріпленням різучих пластин для отворів Ø59H12 та Ø45H14 [12, 36, 38, 39].

Для обробки заготовки із сірого чавуну СЧ20 приймаємо матеріал ножів зенкера – твердий сплав ВК8.

3.2 Визначення параметрів ступінчастого зенкера

Довжину зенкера приймаємо в залежності від довжини оброблюваних отворів деталі, враховуючи запас на переточку. Довжину зенкера із двома ступенями приймаємо $L = 285$ мм.

Кількість зубців зенкера приймаємо рівною $z = 4$.

Довжину робочої частини Ø45 визначаємо за формулою:

$$L_1 = 0,9 \cdot D \quad (3.1)$$

$$L_1 = 0,9 \cdot 45 = 40,5 \text{ мм},$$

приймаємо $L_1 = 40$ мм.

$$L_2 = 0,9 \cdot 60 = 54 \text{ мм},$$

приймаємо також $L_2 = 45$ мм.

Розраховуємо діаметр зенкера для отвору на циліндричній частині, котрий напряму залежить від діаметра оброблюваного отвору $\varnothing 59H12$. Допуск отвору $59H12$ рівний $IT = 0,25$ мм. Тоді допуск на виготовлення зенкера буде становити:

$$IT_{\text{зенк.}} = IT \cdot 0,25; \quad (3.2)$$

$$IT_{\text{зенк.}} = 0,25 \cdot 0,25 = 0,0625 \text{ мм.}$$

Допуск на виготовлення зенкера для обробки отвору $\varnothing 45H14$ також приймаємо $IT_{\text{зенк.}} = 0,062$ мм.

Ширину стрічки на циліндричній частині приймаємо $f = 0,3$ мм.

Кут зміщення зенкера $\varnothing 59$ відносно зенкера $\varnothing 45$ приймаємо рівним 45° . Кут нахилу ножів відносно осі приймаємо $\omega = 15^\circ$. Кути в плані φ для зенкера $\varnothing 45$ та $\varnothing 59$ приймаємо подвійним $\varphi_1 = 30^\circ$ та $\varphi_1 = 60^\circ$. Задній кут α приймаємо $\alpha = 15^\circ$ для обох зенкерів.

Зенкер ступінчастий складається: з ступінчастого корпусу 1, з пазами для закріплення пластинок 2 і 4. Пази корпусу, в котрі вставлені ріжучі пластини нахилені під кутом до осі зенкера на 3° . Такий конструктивний елемент потрібен для того, щоб переміщуючи ріжучі пластини поздовж осі зенкера, збільшувати діаметр зенкера для переточувань.

Кут нахилу пазів $\omega = 15^\circ$ відносно осі дає змогу отримувати передній кут ножів котрий також дорівнює $\gamma = 15^\circ$. Затискання пластин в корпусі відбувається за рахунок клинців 3 і 5, котрі входять в пази під кутом 2° .

Для кращого затискання пластини та клинці мають зубці по всій довжині. Зворотню конусність приймаємо $0,1:30$.

Сконструйований ступінчастий зенкер представлений на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Ступінчастий зенкер

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки деталі: литво у піщано-глиняні форми із ручним та машинним формуванням [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Собівартість заготовки, виготовленої литвом, можна розрахувати за формулою:

$$C_g = 0,001 \cdot [C_{\bar{b}\bar{e}} \cdot G_g \cdot K_{m\bar{e}} \cdot K_{c\bar{e}} \cdot K_{m\bar{e}} \cdot K_{n\bar{m}\bar{e}} \cdot K_{c\bar{m}} - (G_g - G_o) \cdot C_{ex}], \quad (4.1)$$

де $C_g, C_{\bar{b}\bar{e}}$ – ціна вилівка та базова ціна однієї тони виливків, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю вилівка, грн.;

C_{ex} – ціна тони металевих відходів, грн.;

G_g, G_o – маса відповідно вилівка та деталі, кг;

$K_{m\bar{e}}, K_{c\bar{e}}, K_{m\bar{e}}, K_{n\bar{m}\bar{e}}, K_{c\bar{m}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної точності вилівка, марки матеріалу, програми річного замовлення (групи серійності) та маси вилівка й відносного потоншення основних стінок вилівка порівняно з базовою товщиною. Значення базової ціни виливків згаданих коефіцієнтів приймаємо відповідно до [7].

Укрупнено масу вилівка можна визначити за формулою:

$$G_g = \frac{G_o}{k_{в.м.}}, \quad (4.2)$$

де $G_o = 4,35$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення ([7]); для виливків, отриманих литвом у піщано-глиняні форми із машинним та ручним формуванням становить 0,8 та 0,6;

Тоді маса виливка становить:

– піщано-глиняні форми із машинним формуванням:

$$G_{в.пщ.-гл.ф.}^{маси} = \frac{4,35}{0,8} = 5,4 \text{ (кг)};$$

– піщано-глиняні форми із ручним формуванням:

$$G_{в.пщ.-гл.ф.}^{руч} = \frac{4,35}{0,6} = 7,25 \text{ (кг)}.$$

Базова ціна однієї тони виливок за [1] $C_{об} = 84000 \text{ грн.}$; ціна тони відходів $C_{вх} = 8000 \text{ грн.}$; $K_{тв} = 1,0$, $K_{св} = 1,0$, $K_{мв} = 0,94$, $K_{пмв} = 1,0$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у піщано-глиняні форми із машинним формуванням); $K_{тв} = 1,0$, $K_{св} = 0,81$, $K_{мв} = 0,94$, $K_{пмв} = 1,04$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у піщано-глиняні форми із ручним формуванням).

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми із машинним формуванням:

$$C_{в.пщ.-гл.ф.}^{маси} = 0,001 \cdot (84000 \cdot 5,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,94 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (5,4 - 4,35) \cdot 8000) = 418 \text{ (грн.)}.$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми із ручним формуванням:

$$C_{в.пщ.-гл.ф.}^{руч} = 0,001 \cdot (84000 \cdot 7,25 \cdot 1,0 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1,0 - (7,25 - 4,35) \cdot 8000) = 459 \text{ (грн.)}.$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість виливка, отриманого литвом у піщано-глиняні форми із ручним формуванням вища на 228,4 грн., ніж з машинним формуванням.

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (459 - 418) \cdot 750 = 30750 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок системи загального освітлення

Правильно спроектоване і виконане виробниче освітлення поліпшує умови роботи, знижує стомлюваність, сприяє підвищенню продуктивності праці і якості продукції, що випускається, безпеки праці і зниженню травматизму на ділянці.

Освітлення робочого місця - найважливіший фактор створення нормальних умов праці. У залежності від джерела світла виробниче освітлення може бути двох видів природне і штучне. Природне освітлення підрозділяється на: бічне, здійснене через світлові прорізи в зовнішніх стінах; верхнє, здійснене через аераційні і зенітні ліхтарі, прорізи в перекриттях; комбіноване, коли до верхнього освітлення додається бічне. Штучне освітлення може бути двох систем – загальне і комбіноване, коли до загального освітлення додається місцеве, що концентрує світловий потік безпосередньо на робочих місцях [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Виробнича ділянка має загальне штучне освітлення з рівномірним розташуванням світильників тобто з однаковими відстанями між ними. Джерелами світла є дугові ртутні лампи ДРЛ-600. Світильниками, під обраний тип ламп, є світильники СДДРЛ.

Найменший розмір об'єкта розрізнення рівний 0,5-1 мм, відповідає зоровій роботі середньої точності (IV розряд).

Необхідний світловий потік однієї лампи:

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

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

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

де $E_n = 400$ лк – значення нормативного освітлення цехів;

$k = 1,3$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 864 \text{ м}^2$ – площа ділянки, що освітлюється;

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

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

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

де a, b – довжина та ширина цеху відповідно: $a = 36 \text{ м}$, $b = 24 \text{ м}$;

h – розрахункова висота

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

де $H = 12,6 \text{ м}$ – висота від підлоги до ферми;

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

Тоді маємо, що

$$h = 12,6 - 1,2 = 11,4 \text{ м}.$$

Індекс приміщення дорівнює:

$$i = \frac{36 \cdot 24}{11,4 \cdot (36 + 24)} = 1,26.$$

За довідником знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,52$.

Світловий потік ламп ДРЛ-600 становить $\Phi = 29000$ лк.

Знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{400 \cdot 1,5 \cdot 864 \cdot 1,1}{0,52 \cdot 29000} = 38 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення 19 світильників по 2 лампи ДРЛ-600, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Еколого-економічна ефективність природокористування

Корисність природних ресурсів визначає їх споживчу вартість, у тому числі екологічні споживчу вартість, – вартість природних ресурсів. Еколого-економічна ефективність природокористування виражається:

- економічним ефектом освоєння природних ресурсів;
- ефективністю екологічного оздоровлення довкілля.

Економічний ефект освоєння природних ресурсів визначається або за методом аналогії, або методом прямих розрахунків за укрупненими показниками витрат. Рационально використовувати ці обидва методи. При цьому обов'язковими є статті витрат на природоохоронні заходи, витрати на відтворення природних ресурсів, плата за воду, землю, дорожній податок тощо.

Кінцевими показниками ефективності є прибуток, індекс прибутковості, внутрішня норма рентабельності та термін окупності капітальних вкладень. Окрім того, оцінюються наступні показники:

- запобігання економічної шкоди від забруднення довкілля;
- приріст збережених природних ресурсів;

- приріст реалізованої продукції, що отримана унаслідок утилізації відходів сировинних, паливно-енергетичних та інших матеріальних ресурсів.

Організація еколого-економічної ефективності природокористування визначається у наступній послідовності: ліцензування – видача – проведення екологічної експертизи – отримання лімітів на природокористування. При цьому економічне регулювання геоєкології природокористування здійснюється за рахунок уведення стимулюючих положень:

- плата за користування надрами до бюджету;
- компенсація техногенних збитків від об'єктів природокористування;
- штрафні санкції;
- екологічні пільги та резервні фонди;
- екологічне страхування.

Економіка природокористування починається з інвестиційного проектування, що містить ряд етапів: формулювання проєкту із результатом аналізу пропозиції, розробки проєкту із уточненням та удосконаленням плану проєкту, експертизи проєкту із перевіркою обґрунтованості основних його положень, здійснення проєкту та оцінка результатів із отриманням зворотного зв'язку між закладеними у проєкті ідеями та ступенем їх фактичного втілення.

Екологічний аналіз інвестиційного проектування зазвичай пов'язаний із забрудненням довкілля та необхідністю екологічного оптимуму, коли приріст природоохоронних витрат при малому збільшенні екологічних порушень стає рівним зниженню екологічної шкоди від них.

Ефективність екологічного оздоровлення довкілля визначається системним показником еколого-соціально-економічного прибутку, що надходить у результаті збереження природних умов. Екологічний результат оцінюється зниженням техногенного навантаження на природу, а соціальний визначається поліпшенням соціально-культурно-побутових та оздоровчих умов життя населення.

Економічне регулювання екологічного оздоровлення природи здійснюється на основі нормативних податкових та інших видів платежів, штрафних санкцій, уведення стимулюючих пільгових податків, цін на екологічно чисту продукцію.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення зворотного клапану компресора. Проведено аналіз деталі, що є його складовою частиною, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 60H7$ мм розрахунково-аналітичним методом та для решти поверхонь – табличним.

3. Запропоновано конструкцію комбінованого різального інструмента, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу. Визначені його основні геометричні параметри, а також матеріал різальної частини.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу зворотного клапану компресора. Річний економічний ефект для програми випуску 750 шт. склав 30750 грн. Окрім того, було здійснено розрахунок системи загального освітлення виробничої ділянки. Приділено увагу еколого-економічній ефективності природокористування.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик зворотного клапану компресора, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик ступінчастого різального інструменту для виконання операції механічної обробки.