

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Масляний насос системи змащення компресора елеваторного хабу»

КРБ.133ГМбз_21[1].03.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбз_21[1]
МАКАРИЦЬКИЙ Едуард

Керівник: докт. техн. наук, професор
МОРОЗ Олександр

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Підприємство «Епіцентр-Агро» запустило на Вінниччині у 2021 році один із найбільших в Україні зернових хабів. Маршрутний елеватор розрахований на 375 тисяч тон. Комплекс здійснює не лише приймання, але й сушіння сільськогосподарських культур. Транспортування зерна здійснюється залізницею, а також автомобільним транспортом.

На залізничному транспорті хабу у складі локомотивів використовуються компресори, зокрема КТ-6. Вони виробляють стиснене повітря для пневмосистем локомотивів. У свою чергу, до поверхонь тертя деталей компресору змащення подається масляним насосом шибєрного типу. Насос має розвантажувальний клапан, що регулює подачу мастила залежно від частоти обертання колінчастого валу [5-7, 13].

Кришка, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною масляного насоса шибєрного типу системи змащення пневматичного компресору.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є масляний насос, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення кришки, що входить до його складу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз гочості, 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 допуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідковим методами;
- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок.

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки кришки масляного насосу, а також здійснити розрахунок штучного освітлення за коефіцієнтом світлового потоку, розглянути екологічні аспекти використання машинних мастил;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У кваліфікаційній роботі на розгляд винесено масляний насос. Він входить до складу системи змащення компресору елеваторного хабу. Розглянута деталь вузла, а саме, кришка.

Система змащення компресору є комбінованою. Під тиском змащуються шатунні шийки колінчастого вала. Інші деталі змащуються розбризкуванням. Мастило до колінчастого валу компресору поступає крізь пустотілий валик насосу, котрий обертається у двох втулках. Квадратний кінець валика призначений для з'єднання його із колінчастим валом, у який запресована втулка з квадратним отвором. Система змащення компресору повинна забезпечувати неперервну подачу мастила до деталей, що труться, для запобігання їх від передчасного зношування. Масляний насос (рисунок 1.1), встановлений на компресорі, відноситься до шибєрних насосів.

Технічна характеристика масляного насосу представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика масляного насосу

№ з.п.	Найменування параметру	Значення
1	Продуктивність, л/хв.	5,5
2	Максимальний тиск, МПа	0,3
3	Максимальна частота обертання, об/хв.	850
4	Габаритні розміри, мм	142×170×170
5	Маса, кг	3,84

При обертанні валика 5 із частотою 850 об/хв. насос видає тиск масла, рівний 0,3 МПа, і має продуктивність не менше 5,5 л/хв.

Рисунок 1.1 – Масляний насос.

1 – кришка, 2 – фланець; 3 – корпус; 4 – втулка; 5 – валик; 6, 7 – шибер;
8 – вісь; 9, 11 – пружина; 10 – корпус клапану; 12, 13 – прокладка;
14, 15 – штуцер; 16 – ковпачок; 17, 18 – гайка; 19 – шайба; 20 – шпилька;
21 – кулька; 22 – штифт.

Конструкція насоса являє собою фланець 2 із крильними отворами, за допомогою котрих, насос кріпиться до компресора, корпус 3 із ексцентричним отвором. Кришка 1 притискає корпус до фланця. В отворах кришки і фланця встановлені бронзові втулки 4, що є підшипниками для валика 5. У пазах валика

встановлені два шибери 6, 7, розтиснені між собою пружиною 9 та зцентровані віссю 8.

Таким чином, обертуючи валик за його квадратний хвостовик, відбувається поступальний рух шибера за рахунок ексцентричного отвору корпуса, що дає змогу перекачувати мастило.

Масляний насос може бути використаний у складі компресору КТ-6 (рисунок 1.2, таблиця 1.2). Останній веде протилежним напрямком обертання колінчастого валу, тобто проти годинникової стрілки. Дана конструкція характеризується відсутністю розвантажувальних пристроїв у клапанних коробах, що необхідні для переведення компресору на холостий хід, а також наявністю підігрівача мастила, розташованого у корпусі компресору. Компресор є трьохциліндровим, двоступінчастим, W-подібним, обладнаним спеціальним пристроєм для переходу на холостий хід при обертанні колінчастого валу.

Рисунок 1.2 – Компресор КТ-6

Деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі, буде кришка, зображена на рисунку 1.3.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.3 – Кришка

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика компресору КТ-6

№ з.п.	Найменування параметра	Значення
1	Продуктивність всмоктування, м ³ /хв.	5,3
2	Тиск нагнітання, МПа	0,9
3	Частота обертання колінчастого валу, об/хв.	850
4	Споживана потужність, кВт, при частоті обертання, об/хв.:	
	850;	44,1
	750;	39
	440	22,8
5	Кількість циліндрів	3
6	Охолодження компресору	повітряне
7	Режим роботи при тиску нагнітання, МПа, ТР, %:	
	0,5	100
	0,9	50
8	Габаритні розміри, мм	760×1320×1050
9	Маса (без мастила), кг	610

Кришка виготовлена із сірого чавуну СЧ20 за ДСТУ 8833:2019 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

За результатами проведення аналізу точності кришки (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.3 [17, 22, 47, 48]. До неї заносимо відомості про основні відповідні параметри.

Таблиця 1.3 – Параметри точності кришки

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Зовнішня циліндрична	Ø98	h14	-	-	12,5
2	Зовнішня циліндрична	Ø35	h14	-	-	25
3	Отвір	Ø6	H7	-	-	1,6
4	Горець	40	h14	-	Перпенд. 0,07	0,8
5	Різьба	K G1/4	-	-	-	6,3
6	Отвір	Ø7	H14	-	-	12,5
7	Отвір	Ø28	H7	-	База	1,6
8	Міжосьова відстань	32	Js14	-	-	-
9	Отвір	Ø8	H14	-	-	12,5
10	Різьба	M20×1,5	6H	-	-	6,3
11	Отвір	Ø22	H14	-	-	12,5
12	Отвір	Ø5	H14	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
13	Фаска	1,6×45°	±0,4	-	-	12,5
14	Ступ	Ø11	H14	-	-	12,5

Провівши аналіз параметрів точності деталі можна зробити висновок, що взагалі вимоги до точності кришки та її поверхонь не завищені. Вони цілком відповідають службовому призначенню поверхонь. Найточніший квалітет 6, найнижча шорсткість поверхонь 0,8 мкм за параметром Ra.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Кришка, що входить до складу насоса масляного, виготовлена із сірого чавуну марки СЧ20 за ДСТУ 8833:2019 [7, 34, 36]. Це залізовуглецевий сплав. У ньому вміст вуглецю перевищує 2,14%. Фізичні, механічні та технологічні властивості чавуну наведені у таблиці 1.4. У якості матеріалу-замінника пропонується СЧ 15

Таблиця 1.4 – Властивості матеріалу та хімічний склад кришки, матеріал-заміник

Сірий чавун	МПа σ_B	Твердість НВ $\times 10^{-1}$, МПа	Лінійна усадка %,	ρ , кг/м ³	Масова частка хімічних елементів, %				
					C	Si	Mn	S	P
СЧ20	200	143...255	1,2	7100	3,3-3,5	1,1-2,4	0,7-1,0	До 0,15	До 0,2
СЧ15	150	130...241	1,1	7000	3,5-3,7	2-2,4	0,5-0,8		

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в насосах масляних пневматичного компресору у кількості 4500 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 йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (4500 + 0,04 \cdot 4500) \cdot (1 + 0,025) = 4797 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла є одним із ключових етапів, а також найважливіших моментів у поліпшенні його ергономічних, економічних та технічних якостей [2].

При аналізі на технологічність у першу чергу необхідно встановити основні вимоги з точки зору якості складальної одиниці, тобто проектного вузла. Наведемо їх нижче. Торцеве биття валика 5 не повинно перевищувати 0,01 мм. Радіальне биття валика 5 не більше 0,4 мм. Витримка гарантованого проміжку між валиком 5 та корпусом 3, між валиком 5 та кришкою 1 і фланцем 2 (рисунок 1.1).

Методи, за допомогою яких можна поліпшити технологічність вузла в цілому та точність складання вузла, можна відзначити такі як: запресовування втулок 4 здійснювати механізованими пристроями; не перевищувати при складанні допустимих установчих зусиль (рисунок 1.1).

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться із метою поліпшити технологічні властивості, зменшити кількість нестандартизованих деталей, унікальних трудомістких деталей. Коефіцієнт стандартизації обчислюється за формулою:

$$K_{cm} = \frac{E_{cm}}{E}, \quad (2.1)$$

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць,

E – загальна кількість.

Обчислення коефіцієнта уніфікації відбувається за формулою:

$$K_{yn} = \frac{E}{E}, \quad (2.2)$$

де F_u – кількість уніфікованих одиниць;

E – загальна кількість одиниць.

Отже, маємо за формулами (2.1) та (2.2):

$$K_{cm} = \frac{6}{24} = 0,25;$$

$$K_{un} = \frac{15}{24} = 0,63$$

Технологічність із точки зору розбирання вузла забезпечується. Розбирання вузла проводиться у зворотному порядку від складання. Але дещо ускладнюється розбирання втулок 4, що були запресовані. Якщо втулку 4 у фланці 2 можна випресувати, то втулку 4 у кришці 1 випресувати досить проблематично без спеціального устаткування. Встановлення та базування вузла на корпусі компресора відбувається за торцем фланця, точному діаметрального розміру буртика фланця $\varnothing 36H9$ та отворами під кріпильні елементи. При належній обробці, точність базування забезпечується. Закріплення проводиться за допомогою болтів. Це забезпечує міцне та надійне з'єднання вузла із машиною, виключаючи люфт та ковзання по базовим поверхням.

Компоновка вузла відрізняється досить простою формою, а також простим процесом складання. Його можна провільнити без допоміжних розбирань. Контроль точності та якості складання проводиться за зовнішніми, або доступними для вимірювання поверхнями.

При складанні, для збільшення ефективності праці робітника необхідно передбачити гідравлічні запресувачі для полегшення встановлення втулок. Це дозволить також значно підвищити точність складальної одиниці, так як складання за допомогою підручних матеріалів (ударями, різкими нецентрованими зусиллями) приводить до порушення точності вузла, іноді до пошкодження деталей, що встановлюються.

Загалом конструкцію насосу масляного можна вважати достатньо технологічною, а також придатною для виготовлення й експлуатації згідно з технічними вимогами.

Під час аналізу креслення кришки нами було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Повні результати аналізу на технологічність кришки наведені у таблиці 2.1.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу пробки:

$$K_M = m/M \quad (2.3)$$

де m – маса деталі, кг;

M – маса заготовки, кг.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності пробки

№ з.п.	Назва деталі	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4	5
1	Кришка	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Так, технологічно	
2		Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь жорстка
3		Наявність пухких отворів?	Ні, технологічно	-
4		Наявність отворів глибиною більше 3d?	Так, нетехнологічно	Задано конструкцією

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
5	Кришка	Чи можлива багатошпindelьна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-
6		Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Ні, технологічно	-
7		Чи є скоси або пази під кутом, що відмінний від 45°?	Ні, технологічно	-
8		Чи є неперпендикулярні поверхні та отвори?	Так, нетехнологічно	Задано конструкцією
9		Наявність різьб, що менші за M6?	Ні, технологічно	-
10		Точність литва заготовки достатня?	Так, технологічно	-
11		Чи від однієї бази проставлено розміри?	Ні, нетехнологічно	Потрібен перерахунок розмірів

Отже, маємо наступне значення

$$K_m^{*np} = 1,56 / 1,73 = 0,9$$

Після проведення аналізу технологічності кришки масляного насоса для виготовлення за умов середньосерійного виробництва можна зробити висновок, деталь має досить технологічну конструкцію за більшістю показників.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

За діючим технологічним процесом, кришка насосу виготовлялася на універсальних верстатах із великим числом переустановлень. Використовувався стандартний різальний інструмент. Застосування комбінованого різального інструменту не передбачено. Це впливає на штучний час виготовлення. Заготовка кришки отримана методом литва в піщано-глиняні форми. При цьому методі коефіцієнт використання металу дорівнює 0,6-0,7. В умовах середньосерійного виробництва такі витрати матеріалу з економічної точки зору не є доцільними.

Для суттєвого зниження собівартості деталі пропонується застосування верстатів з ЧПК, верстатів-автоматів, комбінованого різального інструмента. Запроєкуємо виготовлення заготовки кришки методом литва в кокіль, при якому коефіцієнт використання матеріалу складає 0,9. Тобто у даному випадку зменшуються припуски на механічну обробку, а також збільшується точність виливка.

2.3 Маршрут обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, чистотістю та ін. [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.4)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.5)$$

Приклад для обробки отвору $\varnothing 28H7$ кришки.

Допуск за кресленням 0,021 мм, допуск заготовки 1,3 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = 1,3 / 0,021 = 61,9.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg(61,9) / 0,46 = 3.$$

Дану поверхню раціонально обробляти за три переходи.

Можливі методи обробки поверхонь кришки подані у таблиці 2.2.

Для досягнення однієї й тієї ж кінцевої мети можливі кілька варіантів маршрутів обробки поверхонь (МОП). При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах виявляється різним. Перевагу віддаємо тому МОП, який забезпечує менше число переходів. При створенні технологічного процесу виготовлення деталі питання обробки кількох однотипних поверхонь будемо вирішувати спільно, що внесе певні корективи в раніше намічені варіанти обробки окремих поверхонь.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти методів обробки поверхні кришки

Позначення	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням	Щорісткість Ra, мкм	Допуск заготовки	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Номер маршруту	Можливі варіанти обробки поверхонь	Квалітет після обробки	Досягнений допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
								Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø28H7	7	0,021	1,6	1,3	4	61,9	1	Розсвердлювання	12	0,21	6,19	61,9
								Зенкерування	8	0,033	6,36	
								Горвертання	7	0,021	1,57	
							2	Розточування чорнове	12	0,21	6,19	61,8
								Розточування напівчистове	9	0,052	4,04	
								Розточування чистове	7	0,021	2,47	

Висновок: орієнтуючись на маршрут обробки деталі, для конкретних поверхонь приймемо маршрут, що зменшує номенклатуру різального інструменту та обладнання.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та відповідного обладнання (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Маршрут обробки кришки

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)
1	2
005 Заготівельна	Литво у кокіль
010 Термічна	Відпалити заготовку: нагрів до 500...600°C, витримка 2,5...5 год.
015 Фрезерно-свердлильно-різьбно-нарізно-розвертальна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Торцювати поверхню у розмір 43. 3. Розсвердлити поверхню до $\varnothing 27$ та поверхню до $\varnothing 18,5$. 4. Зенкерувати поверхню до $\varnothing 27,1$. 5. Зенкувати поверхню. 6. Нарізати різьбу на поверхні. 7. Центрувати отвори. 8. Свердлити 4 отвори на прохід. 9. Свердлити 2 отвори $\varnothing 5,9$ на прохід. 10. Свердлити 1 отвір. 11. Розгорнути поверхню. 12. Розгорнути 2 отвори <p>Розкріпити та повернути стіл на 42°, закріпити стіл.</p> <ol style="list-style-type: none"> 13. Фрезерувати поверхню. 14. Центрувати отвір. 15. Свердлити отвір. <p>Розкріпити та повернути стіл на 92°, закріпити стіл.</p> <ol style="list-style-type: none"> 16. Фрезерувати поверхню. 17. Центрувати отвір. 18. Свердлити отвір.

Продовження таблиці 2.3

1	2
020 Фрезерно-свердлильна	1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Торцювати поверхню. 3. Розсвердлити поверхню. 4. Зенкерувати 4 поверхні.
025 Свердлильно-різьбно-нарізна	1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Свердлити отвір на глибину 43. 3. Розсвердлити отвір до $\varnothing 11,5$. 4. Нарізати різьбу К G 1/4-7H.
030 Свердлильно-різьбно-нарізна	1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Свердлити отвір $\varnothing 11,5$. 3. Нарізати різьбу К G 1/4-7H.
035 Шліфувальна	1. Встановити заготовку, закріпити, зняти. 2. Шліфувати поверхню.
040 Слюсарна	Притупити гострі краї та зняти заусиці.
045 Мийна	Промити деталь
050 Контроль на	Контролювати згідно із кресленням.

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].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проведено для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня кришки $\varnothing 28H7^{(+0,021)}$ мм.

Розрахунковий припуск при обробці внутрішньої циліндричної поверхні визначається:

$$2z_{i \max} = D_{i \min} - D_{i-1 \min}, \quad (2.6)$$

$$2z_{i \min} = D_{i \max} - D_{i-1 \max}, \quad (2.7)$$

де $2z_{i \max}$, $2z_{i \min}$ – максимальний та мінімальний припуск на діаметр відповідно;

$D_{i \min}$, $D_{i \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на переході, що виконується відповідно;

$D_{i-1 \min}$, $D_{i-1 \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на попередньому переході відповідно.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхень обертання

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.8)$$

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

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.9)$$

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.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці отвору $\varnothing 28H7$

Технол. перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{\min}$	Розр. розмір, d_f , мм	Доп. δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε	мкм	мм		D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	200	300	1280	0	0	23,05	1300	21,75	23,05	0	0
Свердління	20	40	64	1230	4550	27,39	210	27,39	27,6	4550	5640
Зенкування	15	20	51	0	248	27,85	52	27,79	27,85	250	408
Розгортання чист.	5	10	25	0	172	28,021	21	28	28,02	171	202
Усього	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4971	6750

Зробимо перевірку розрахунків:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = \delta_3 - \delta_g, \quad (2.10)$$

$$6250 - 4971 = 1300 - 21;$$

$$1279 = 1279.$$

Отже, припуски розраховані вірно

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці кришки Ø28H7.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків № Ø28H7

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати по всіх поверхнях заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на обробку кришки

Поверхня		Технологічний перехід	Припуск, мм
1	2	3	4
Площина	40	Фрезерування одноразове	2,9
		Шліфування	0,1
Отвір	Ø18,5	Розсвердлювання	3,2
Отвір	Ø8	Свердління	8
Отвір	Ø5	Свердління	5
Отвір	Ø22	Розсвердлювання	3,5
Отвір	Ø11,5	Свердління	11,5

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення кришки на операції 020 механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне:

- 1 – плита; 2 – палець; 3 – штифт; 4 – гільза; 5 – порінець; 6 – кришка нижня;
7 – кришка верхня; 8 – шток; 9 – пружина; 10 – болт; 11, 22 – гайка; 12 – шайба;
13 – гвинт; 14 – шпонка; 15 – шпилька; 16 – гайка; 17, 18 – шайба;
19, 20, 21 – кільце

Пристосування складається з плити 1, на якій встановлено два пневмоциліндри. Базування деталі відбувається за рахунок встановлених на плиті пальця 2 та установочного штифта 3. Гідроциліндри розташовані під кутом до площини плити 30°. Таким чином, стиснуте повітря потрапляючи до порожнини циліндра, тисне на поршень 5, що рухає шток 8, за допомогою якого відбувається притискання деталі до площини плити. Розтиск деталі відбувається за рахунок пружини 9.

Складальний креслення пристосування поданий у графічній частині роботи.

3.2 Визначення зусилля затискування та параметрів силового приводу

Розрахуємо силу затиску заготовки при обробці на 020 фрезерно-свердильній операції, при фрезеруванні площини кришки $\varnothing 98$ (рисунок 3.2) із використанням [3, 14, 26, 41]. Режими різання за [9] наступні: ширина поверхні, що оброблюється $B = 98$ мм; матеріал деталі – СЧ 20; матеріал фрези – ВК 6; $t = 1,5$ мм; $S = 0,16$ мм/зуб.

Рисунок 3.2 - Схема розташування сил закріплення та різання

Сила різання при фрезеруванні [9, 11, 15]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot B^{z_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} K_p, \quad (3.1)$$

де Z – число зубів фрези, $Z = 5$;

n – число обертів фрези за хвилину, $n = 150$ об/хв.;

K_r – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання залежить лише від якості матеріалу, що виражається коефіцієнтом $K_{МП} = 0,95$;

$C_p = 54,5$; $x_p = 0,9$; $y_p = 0,74$; $u_p = 1$; $w_p = 0$; $q_p = 1$.

Отже, маємо

$$P_z = \frac{54,5 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,16^{0,74} \cdot 98^1 \cdot 5}{125^1 \cdot 150^0} \cdot 0,95 = 75,3 \text{ (Н)}.$$

Сила різання (рисунок 3.2) буде повертати заготовку навколо її осі, а сила тертя повинна зрівноважувати її. Для запобігання повертання буде діяти штифт 3 (рисунок 3.1), що входить в отвір на заготовці. Таким чином, повертання заготовки навколо своєї осі неможливе.

Визначимо потрібну силу затискування із нерівності:

$$P_z = F_{TP}; \quad (3.2)$$

де F_{TP} – сила тертя, що визначається за формулою:

$$F_{TP} = N \cdot f; \quad (3.3)$$

де N – нормальна реакція опори;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,2$.

Тоді F_{TP} дорівнює:

$$F_{TP} = Q \cdot \sin 30^\circ \cdot f. \quad (3.4)$$

З наведених вище формул сила затиску буде дорівнювати:

$$Q = \frac{P_z}{\sin 30^\circ \cdot f}. \quad (3.5)$$

$$Q = \frac{75,3}{0,5 \cdot 0,2} = 753 \text{ Н.}$$

Зменшимо силу затиску у два рази, враховуючи конструкцію затискного пристосування (два гідроциліндри). Отримуємо $Q = 376,5 \text{ Н}$.

Розрахунок діаметрів циліндрів проводимо виходячи з формули:

$$Q = P_d \frac{\pi D^2}{4} \cdot \eta = P_{\text{ПР}}; \quad (3.6)$$

де Q – сила на штиці пневмоциліндра;

P_d – тиск повітря пневмосистеми, 0,9 МПа;

D – діаметр поршня;

η – КПД пневмоциліндра; $\eta = 0,95$;

$P_{\text{ПР}}$ – сила опору стисненої пружини;

$$P_{\text{ПР}} = P_0 + jS_0; \quad (3.7)$$

де P_0 – сила попереднього напруження пружини, $P_0 = 20 \text{ Н}$;

j – жорсткість пружини, $j = 10 \text{ Н/мм}$;

S_0 – хід поршня, 20 мм.

Отже, отримаємо:

$$D = \sqrt{\frac{(Q + P_0 + jS_0) \cdot 4}{\pi \cdot P_d \cdot \eta}}. \quad (3.8)$$

Підставимо:

$$D = \sqrt{\frac{(376,5 + 20 + 20 \cdot 10) \cdot 4}{3,14 \cdot 0,9 \cdot 0,95}} = 29,8 \text{ (мм)}.$$

Остаточно приймаємо діаметр циліндра $D_0 = 30$ мм.

3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Найслабшою ланкою затискового пристосування буде різьба М8-7h пневмоциліндра. Вона зазнає зусилля розтягу. При цьому використовуємо формулу:

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p]; \quad (3.9)$$

де $[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу, 110 МПа;

F – діюче зусилля, Н;

d_1 – мінімальний діаметр болта, мм;

Підставивши значення в формулу отримаємо наступне:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 376,5}{3,14 \cdot 6,5^2} = 11 < 110 \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо, умова міцності виконується.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можна виготовляти із заготовок, отриманих різними способами. Одним з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, що забезпечує їх максимальне наближення до готової деталі. Із декількох можливих варіантів технологічних процесів при інших рівних умовах вибирають найбільш економічний, при однаковій економіці – найбільш продуктивний [7, 8, 31, 49].

Деталь кришки насосу виготовляється із чавуну СЧ 20. Для порівняння беремо два методи виготовлення заготовки: 1) литво в піщаній формі; 2) литво в кокіль.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом, можна розрахувати за формулою [7]:

$$C_e = 0,001 \cdot [C_{ce} \cdot G_e \cdot K_{me} \cdot K_{ce} \cdot K_{me} \cdot K_{nme} \cdot K_{ctm} - (G_e - G_o) \cdot C_{ax}], \quad (4.1)$$

де C_e, C_{ce} – ціна вилівка та базова ціна однієї тонни виливків, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю вилівка, грн.;

C_{ax} – ціна тонни металевих відходів, грн.;

G_e, G_o – маса відповідно вилівка та деталі, кг.;

$K_{me}, K_{ce}, K_{me}, K_{nme}, K_{ctm}$ – 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 виливка можна визначити за формулою:

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

де $G_o = 1,56$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення [17]: для виливків, отриманих литвом у піщано-глиняні форми, $k_{в.м.} = 0,7$; для литва у кокіль – $k_{в.м.} = 0,9$.

Тоді маса виливка становити:

– піщано-глиняні форми:

$$G_{в.пщ.-гл.ф.} = \frac{1,56}{0,7} = 2,23 \text{ (кг)};$$

– кокіль:

$$G_{кок} = \frac{1,56}{0,9} = 1,73 \text{ кг.}$$

Базова ціна однієї тони виливок за [1] $C_{об} = 70000$ грн.; ціна тонни відходів $C_{ох} = 15000$ грн.; $K_{тв} = 1,64$, $K_{св} = 1,0$, $K_{мв} = 1,36$, $K_{пмв} = 1,1$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у піщано-глиняні форми); $K_{тв} = 1,64$, $K_{св} = 1,0$, $K_{мв} = 1,2$, $K_{пмв} = 1,1$, $K_{ст} = 1,0$ (литво у кокіль).

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми:

$$C_{в.пщ.-гл.ф.} = 0,001 \cdot (70000 \cdot 2,23 \cdot 1,64 \cdot 1,0 \cdot 1,36 \cdot 1,1 \cdot 1,0 - (2,23 - 1,56) \cdot 15000) = 372,9 \text{ (грн.)}.$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у кокіль:

$$C_{кок} = 0,001 \cdot (70000 \cdot 1,73 \cdot 1,64 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 - (1,73 - 1,56) \cdot 15000) = 259,6 \text{ (грн.)}.$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість вилівка, отриманого литвом у піщано-глиняні форми вища на 113,3 грн., ніж у кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити:

$$E = (372,9 - 259,6) \cdot 4500 = 509850 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Штучне освітлення призначається у виробничих приміщеннях для освітлення робочих поверхонь у темний час доби, або при недостатньому їх освітленні. Штучне освітлення проектується двох видів: загальне та місцеве. Загальне призначається для освітлення усього цеху в цілому, а місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовольняють загальному освітленню в цеху. Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Необхідна кількість ламп визначається за формулою:

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

де: $E_n = 500$ лк – значення нормативного освітлення цехів машинобудування;

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

$S = 1944$ м² – площа приміщення, що освітлюється (54×36 м);

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

Φ – світловий потік;

η – коефіцієнт використання;

N – кількість ламп.

Коефіцієнт використання η знаходять по постійній приміщення.

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)};$$

де: a, b – довжина та ширина цеху, тобто $a = 54$ м, $b = 36$ м;

h – розрахункова висота; $h = H - h_1$;

$H = 8$ м – висота від підлоги до ферми;

$h_1 = 1,2$ м – висота від підлоги до робочого місця;

Тоді

$$H = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}.$$

Постійна приміщення дорівнює:

$$i = \frac{54 \cdot 36}{6,8 \cdot (54 + 36)} = 3,13.$$

Отже, коефіцієнт використання $\eta = 0,52$.

Світловий потік ламп ДРЛ-700 становить 41000 лк. Тоді знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 1,3 \cdot 1944 \cdot 1,15}{0,52 \cdot 41000} = 68 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху приймаємо 34 світильники по 2 лампи ДРЛ – 700, які розташовуємо по сітці на всій території машинобудівного цеху.

4.3 Екологічні аспекти використання машинних мастил

Відповідно до статистичних даних близько 80% мастил систем охолодження та змащення техніки внаслідок самостійної заміни користувачами зливається до каналізації, потрапляє на сміттєві та землю. При цьому мастило, що відпрацювало свій термін експлуатації, може бути одним із вагомих джерел забруднення водного басейну та ґрунтових вод. Наслідки шкідливого впливу є дійсно вражаючими. 1 літр мастила може призвести до утворення масляної плями площею в 1 га, а також призвести до забруднення 1 млн. літрів води.

Як відомо, традиційні мастила виготовляють із нафтопродуктів. Що стосується синтетичних мастил, то вони утворені із хімічних речовин, що поведуть себе агресивно по відношенню до довкілля, на відміну від органічних нафтопродуктів. Не зважаючи на це, існує думка, що синтетичні мастила мають ряд переваг у відношеннях із навколишнім середовищем.

Термін служби синтетичних мастил у три рази вищий за органічні. Окрім цього, синтетика має більш низьку летючість, тому вона не випаровується під час кипіння із високою швидкістю, що притаманна органіці. За умов високих робочих температур синтетичне мастило втрачає 4.. 10% за масою, а органічне – 20%. Незважаючи на це, із економічної доцільності можемо відмітити, що синтетичні мастила у три рази дорожчі за органічні. Саме тому цей фактор досить часто стає вирішальним під час вибору типу робочого середовища.

На сьогоднішній день з'являються альтернативні види мастил, що отримані на основі натуральних овочевих культур. Наприклад, за результатами експериментального дослідження, вченими університету Пердью (США, штат Індіана) отримано моторну оливу навіть із зерен ріпаку. За своїми експлуатаційними характеристиками отриманий продукт перевершив традиційні органічні та синтетичні мастила як за продуктивністю, так і за вартістю, а також мінімальним впливом на довкілля. Але, не зважаючи на усі переваги масового виробництва мастил на біологічній основі, процедура залишається доволі

складною за технологією, тому що потребує значних площ сільськогосподарських угідь для вирощування культур.

Незважаючи на існуючі складнощі, мастила на біологічній основі поступово займає свою комірку на ринку, тому що міжнародний ринок нафтопродуктів зазнає усебічного розвитку та здійснює пошук альтернатив внаслідок скорочення запасів корисних вуглеводів та їх шкідливості на довкілля.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення насосу масляного у складі компресору пневматичного. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз герметичності кришки насоса. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійне.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь кришки. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів отвору кришки $\varnothing 28H7$ мм розрахунково-аналітичним методом. Також на поверхні кришки припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки фрезеруванням $\varnothing 98$ у кришці. Здійснено розрахунки зусилля затиску, параметри силового приводу, а також слабкої ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу насоса масляного шестерного типу пневматичного компресору. Річний економічний ефект для програми випуску 4500 шт. склав 509850 грн. Проведено розрахунки освітлення для виробничого приміщення. Розглянуто особливості використання технічних мастил, їх ступінь шкідливості на довкілля, перспективи розвитку.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик масляного насоса системи змащення компресора елеваторного хабу, робочий кресленик кришки, кресленик заготовки кришки, а також складальний кресленик затискного пневматичного пристосування одnobічної дії для виконання операції фрезерування кришки на металорізальному верстаті.