

**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 обґрунтування виробництва корпусу шестеренного односекційного двохранового масляного насосу»

КРБ.133ГМбд\_21[1].01.00.00.000 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]  
БРАШОВАН Олександр

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ЛЕВЧЕНКО Юлія

**Полтава – 2025 рік**

## ВСТУП

Сучасне сільське господарство немислиме без широкого застосування технічних засобів, що значно полегшують працю фермерів та підвищують ефективність аграрного виробництва. Трактори, зернозбиральні комбайни, прес-підбирачі, обмискувачі та інша спеціалізована техніка використовуються на всіх етапах – від підготовки ґрунту до збирання врожаю та його транспортування. Надійна та безперебійна робота цих машин багато в чому залежить від справності їх внутрішніх систем, серед яких особливо важливу роль відіграє система змащення.

Центральним елементом цієї системи є масляний насос – пристрій, що забезпечує примусову циркуляцію оливи по двигуну, коробці передач та гідравлічним вузлам. Олива, у свою чергу, виконує кілька критично важливих функцій: знижує тертя між деталями, що рухаються; запобігає перегріву; видаляє продукти зносу та забруднення; передає тиск у гідросистемах. В умовах інтенсивної експлуатації, підвищеної запыленості, перепадів температур та великих навантажень, характерних для сільського господарства, надійна робота масляного насосу стає запорукою тривалого терміну служби техніки.

Таким чином, розуміння значення та принципу роботи масляних насосів, а також своєчасне їхнє технічне обслуговування мають першорядне значення для ефективного функціонування сільськогосподарського обладнання. Оскільки масляні насоси є невід'ємною частиною механізації аграрної праці.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос масляний шестеренний односекційний двохроторний, 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 та підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити зіп'рацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри;

- сконструювати верстатне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також розрахувати його, здійснити розрахунок слабкої ланки;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;

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

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд вноситься насос масляний шестеренний односекційний двохроторний (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Конструктивна схема насоса: 1 – корпус; 2 – планка; 3 – обойма;  
4 – замок; 5 – гайка; 6 – повідок зубчастий; 7 – пружина; 8 – корпус;  
9 – втулка притискна; 10 – гайка; 11 – клапан; 12 – прокладка; 13 – пробка;  
14 – шестерня ведуча; 15 – кришка; 16 – цуптифт;  
17 – підшипник; 18 – шестерня ведена

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу

Назва параметра	Величина
Подача, м <sup>3</sup> /год.	120
Тиск робочий, МПа	0,5
Частота обертання валу, об/хв	1510
Габаритні розміри, мм	600×530×320
Маса, кг	111,0

Головний масляний насос шестеренного типу забезпечує циркуляцію оливи в системі під тиском 0,35...0,55 МПа. Закріплюється на опорній плиті насосів у відсікові керування.

Циліндричний корпус має два патрубкі із фланцями. Лівим патрубком насос приєднано до піддизельної рами, правим – до напітальної труби масляної системи. У корпусі змонтовано дві сталеві косозубі шестерні: ведуча та ведена. З обох кінців шестерні мають хвостовики (цапфи). Вони обертаються в чотирьох підшипникових опорах. Зовнішні обойми підшипників встановлюються у зовнішню та внутрішню планки, що відіграють роль торцевих упорів. Для компенсації осьових зусиль на зовнішньому хвостовикові ведучої шестерні встановлено масляний демпфер (амортизатор). Олива, що потрапляє із порожнини нагнітання, впливає на поршень демпфера, зменшуючи тиск шестерні на зовнішню планку. На шліці внутрішнього хвостовика ведучої шестерні насаджено зубчастий повідок, що входить у зачеплення із шестернею еластичного приводу.

Для регулювання тиску оливи на корпусі насосу встановлено запобіжний клапан. Він складається із корпусу та поршня, що притиснутий до сидла двома пружинами. Затягування пружин відбувається гайкою. При тиску понад 0,55 МПа поршень переміщується, стискаючи пружини. Олива із порожнини нагнітання буде зливатися у піддизельну раму.

Масляний насос приводиться у дію від нижнього колінчастого валу через шестерню еластичного приводу та проміжні шестерні. Маточина еластичного привода напресована на додовжену подовжену маточину антивібратора на шпонці. В опорний диск та шестерню привода запресовані бронзові втулки, що вільно надіті на цапфи маточини. На маточині наявні виступи, між якими розташовано сухарі, скріплені з опорним диском та шестернею призонними болтами. Між виступами маточини та сухарями затиснуто пружини. Змащення підводиться від першої корінної шийки нижнього колінчастого валу через маточину антивібратора.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є корпус (рисунок 1.2). Він виготовлений з чавуну АЧС-1 за ДСТУ 3922-99. Має сумарну довжину 163 мм, підлягає у випадку відбілювання відпалюванню. Заготовка корпусу піддається штучному старінню.

Рисунок 1.2 – Корпус

## 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.2, в якій наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності даної деталі [3, 9, 11, 13, 18, 21, 23, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності деталі

Таблиця 1.2 – Аналіз основних параметрів точності деталі

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Торцева площина	$\varnothing 80 \pm 0,02$	h6	-	-	3,2

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
2	Циліндрична поверхня	$\varnothing 60 \pm 0,03$	H7	-		2,5
3	Різьба	M54x2	H7	-		2,5
4	Торцева площина	$\varnothing 60 \times 52$	H8	-	-	2,5
5	Циліндрична поверхня	$\varnothing 52^{+0,03}$	H7	-	-	1,6
6	Торцева площина	98x98	h6	-	-	1,25
7	Циліндрична поверхня	$\varnothing 64^{+0,1}$	H8	-	-	2,5
8	Нахилена поверхня	$\varnothing 64 \times 60$	h8	-	-	2,5
9	Торцева площина	$\varnothing 65 \times 60$	h7	-	-	2,5
10	Отвір	$\varnothing 6,3$	h7	-	-	1,6
11	Циліндрична поверхня	$\varnothing 80$	H14	-	-	6,3
12	Циліндрична поверхня	$\varnothing 76$	H14	-	-	6,3
13	Отвір	$\varnothing 3$	h7	-	-	2,5
14, 15	Фасонні поверхні ребер	98x98, b=15, n=11	H14	-	-	6,3

Проаналізувавши точність параметрів деталі, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний квалітет

точності 6-ий, а мінімальна шорсткість  $R_a=1,6$  мкм, що без будь-яких ускладнень досягається в умовах машинобудівного підприємства.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні деталі корпусу в якості матеріалу застосовується чавун марки АЧС-1 ДСТУ 3925:99 [24, 37]. Чавуни для виливок розрізняють за структурою, хімічним складом, призначенням та технологією отримання. За хімічним складом чавуни розрізняють леговані і нелеговані. За технологією отримання розрізняють відливки, які отримані у разових піщаних формах, в оболонкових формах, у металевих формах (кокіль), у піщаних формах, виготовлених за газифікованими моделями, в керамічних формах. Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиничного, так і серійного виробництва відливок є метод литва в піщані форми по дерев'яних моделях. Група складності даної заготовки П. АЧС-1 – антифрикційний сірий чавун, призначений для роботи у парі з термічно обробленим (загартованим або нормалізованим) валом.

Хімічний склад і механічні властивості матеріалу, а також можливі варіанти її заміни наведені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі, замінника

Чавун	$\sigma_B$ , МПа	Твердість НВ-10 <sup>1</sup> , МПа	Масова частка хімічних елементів, %						
			C	Si	Mn	Cr	Cu	Не більше ніж	
								P	S
1	2	3	4	5	5	7	8	9	
АЧС-1	5-14	180 - 241	3.2-3.6	1.5 - 2	0.6 - 1.2	0.2 - 0.4	1.5 - 2	0.15-0.3	0.12

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	5	6	7	8	9
АЧС-2	10	180 - 220	3.2 - 3.8	1.4 - 2.2	0.4 - 0.7	0.2 - 0.4	0.3 - 0.5	0.15- 0.4	0.12

У якості замітника пропонується марка АЧС-2, але враховуючи специфіку роботи деталі залишаємо матеріал, що призначений конструктором.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку з деталей корпусу насоса масляного у кількості 700 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на за частини, 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 за частини.

$$N_{зан} = (700 + 0,04 \cdot 700) \cdot (1 + 0,025) = 746 \text{ (шт.)}$$

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

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, які відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за яким-небудь параметром не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (за можливості) прийняти міри по поліпшенню конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності [23].

При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи приганяння відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, які компенсують похибку при встановленні. Вузол має у своєму складі не багато уніфікованих деталей, що значно ускладнює його виготовлення.

Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. Вузол не має зайвих складових частин. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню однієї деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць, забезпечують належне центрування при складанні та спрощують його.

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

В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з. п.	Показники вимог до технологічності	Висновки за показниками	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	При обробці внутрішньої поверхні – закріплення в трьохкулачковому патроні. При обробці правого торця – встановлення на пристосування з центруванням на циліндричному пальці.
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Враховати при розробці технологічного процесу обробки.
3	Наявність глухих отворів.	Так, нетехнологічно	Бажано уникати глухих отворів.
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	
5	Чи можлива багатощиндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, нетехнологічно	Розробити конструкцію інструмента, який би дозволяв обробляти торці за мінімальну кількість переходів.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7	Чи є скоси або пази під кутом, відмінним 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	Точність литва заготовки.	I-II	Необхідну точність заготовки отримуємо спеціальними методами литва.
11	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Розміри будуть проставлені при розробці технологічного креслення.
12	Чи є великі перепади діаметрів?	Ні, технологічно	-

Розглянувши дану таблицю, можна зробити висновок, що в цілому дана деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

## 2.2 Обробка 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:

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

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – 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 чоргової 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:

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Приклад, для обробки поверхні  $\varnothing 52H7 (+0,03)$  мм. Допуск за кресленником 0,03 мм, допуск заготовки – 0,8 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,8}{0,03} = 26,7$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 26,7}{0,46} = 3,1.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні.

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

1	2	3	4	5	6	7	Можливі варіанти обробки поверхонь	9	10	11	12
							Переходи МОП				
1	6	25	3,2	500	14	2,83	Точіння чорнове	12	400	1,25	20
							Точіння напівчисте	9	100	4	
							Точіння чистове	6	25	4	
2	7	30	2,5	740	14	2,99	Точіння чорнове	11	190	3,9	25,3
							Точіння напівчисте	9	74	2,6	
							Точіння чистове	7	30	2,5	
4	8	40	2,5	740	14	2,6	Точіння чорнове	11	160	4,6	15,5
							Точіння напівчисте	9	62	2,6	
							Точіння чистове	7	46	1,3	
5	7	30	1,6	740	14	2,99	Точіння чорнове	11	190	3,9	25,3
							Точіння напівчисте	9	74	2,6	
							Точіння чистове	7	30	1,8	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6	6	25	1,25	500	14	2,83	Точіння чорнове	12	400	3,9	20
							Точіння напівчисте	9	100	2,6	
							Точіння чистове	6	25	1,8	
7	8	46	2,5	740	14	2,6	Точіння чорнове	11	190	3,9	16,2
							Точіння напівчисте	9	74	2,6	
							Точіння чистове	8	46	1,6	
8	8	36	2,5	740	14	2,85	Точіння чорнове	11	160	4,6	20,3
							Точіння напівчисте	9	62	2,6	
							Точіння чистове	8	36	1,7	
9	7	30	2,5	740	14	2,99	Точіння чорнове	11	160	4,6	23,9
							Точіння напівчисте	9	62	2,6	
							Точіння чистове	7	30	2,0	

При виборі маршруту обробки поверхонь стрижня керуємося застосуванням прогресивних та найекономічніших методів обробки.

### 2.3 Розробка схем базування

Під схемою базування розуміють схеми розміщення окремих точок на базах комплекту. Призначення баз є одним із найскладніших розділів проектування технологічних процесів (рисунки 2.1-2.3).

Рисунок 2.1 – Схема базування для токарної операції

Рисунок 2.2 – Схема базування для токарної операції

Рисунок 2.3 – Схема базування для свердлильної операції

#### **2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі**

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

Таблиця 23 - Маршрут обробки деталі

Полтавський державний аграрний університет



## 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  $\varnothing 60H7 (+0,03)$  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,

$\rho_{i-1}$  – 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;

$\varepsilon_i$  – 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.

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

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	Rz	T	$\rho$	$\epsilon$				$d_{\max}$	$d_{\min}$	$Z_{\max}$	$Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	200	300	200	-	-	57,6	740	57,2	58,0	-	-
Точіння чорнове	6,3	120	48	580	1600	59	190	59,0	59,25	1,8	1,25
Точіння напівчист.	4,0	80	2,4	0	400	59,7	74	59,6	59,7	0,6	0,51
Точіння чистове	2,5	40	1	0	200	60	30	60,0	60,03	0,4	0,33
Сума										2,8	2,09

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$2,8 - 2,09 = 0,74 - 0,03;$$

$$0,71 = 0,71$$

Отже, умова виконується. Для наочності результати розрахунків зручно зобразити графічно (рисунок 2.4).

Рисунок 2.4 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені деталі  $\varnothing 60H7 (+0,03)$  мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
1, 6	Торцева площина	Точіння	2,3	h6	-0,33

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
3	Циліндрична Ø60	Точіння	1,8	H7	+0,03
4	Внутрішній торець Ø60x52	Точіння	1,7	H8	+0,027
5	Циліндрична Ø52	Точіння	1,8	H7	+0,03
7	Циліндрична Ø64	Розточування	1,8	H8	+0,046
8	Нахилена поверхня Ø64x60	Розточування	1,8	h8	+0,043
9	Торцева площина	Розточування	1,7	h7	+0,043
11	Циліндрична Ø80	Точіння	-	±IT14/2	+0,74
12	Циліндрична Ø76	Точіння	-	±IT14/2	+0,74
14, 15	Фасонні поверхні ребер	Точіння	-	±IT14/2	+0,43 +0,87

Припуски на поверхню 2 визначені розрахунково-аналітичним методом.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки корпусу насосу на операції 040 розробляємо конструкцію верстатного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування верстатне для механічної обробки деталі

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – валик центральний; 2 – шестерня; 3 – колесо зубчасте; 4 – шпindel робочий; 5 – диск проміжний; 6 – гвинт; 7 – муфта; 8 – корпус верхній; 9 – корпус нижній; 10 – шпилька; 11 – шайба; 12 – гайка; 13 – гвинт; 14 – пробка; 15 – гвинт; 16-18 – підшипник; 19 – шпонка сегмента; 20 – кільце; 21 – підшипник.

Чотирьохшпindelна головка має одноярусне розташуванням шестерень, призначених для свердління чотирьох отворів. Головка встановлюється на шпindelі верстата за допомогою шести шпильок 10 та муфти 7.

Принцип роботи пристосування наступний. Обертання від зубчастого колеса 3 на центральному валуку 1 передається через шестерні 2 одночасно чотирьом робочим шпindelам 4. Для зручності складання в конструкції голівки передбачений проміжний диск 5, отвори в якому оброблюються сумісно з отворами в нижній половині корпусу. Цей же диск слугує центрувальним елементом при спряженні нижньої 9 та верхньої 8 частини корпусу. Зубчасті колеса як на ведучому валуку, так і на робочих шпindelях розташовані між двома сторами.

У головці відсутні паразитні шестерні. Робочі шпindelі 4 мають лише одне обертання лише при лівому обертанні шпindelя верстата. Головка призначена для свердління з ручною подачею, так як при лівому обертанні шпindelя верстат автоматичних подач не має.

### 3.2 Розрахунок силових параметрів

Заготовка закріплюється на пневмоциліндрі при свердлінні чотирьох отворів  $\varnothing 13$  мм на глибину 14 мм. При цьому виникає крутний момент на поверхні контакту заготовки зі свердлом [7, 28, 12, 36, 38, 39].

Крутний момент  $M_{кр}$  та осьова сила  $P_o$  розраховується за формулами:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^4 \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.1)$$

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p; \quad (3.2)$$

де  $D$  – діаметр свердла,

$S$  – подача при свердлінні

$K_p$  - коефіцієнт, що залежить від матеріалу оброблювальної деталі;

$C_m, C_p$  – коефіцієнти, обираються за довідниковими таблицями:  $C_m = 0,021$ ;

$C_p = 42,7$ ;

$q, y$  – показники степеню, що обираються за довідниковими таблицями.

Для крутного моменту:  $q = 0,2$ ;  $y = 0,8$ .

Для осьової сили:  $q = 1,0$ ;  $y = 1,0$ .

Крутний момент:

$$M_{kr} = 10 \cdot 0,021 \cdot 13^{2,0} \cdot 0,4^{0,8} \cdot 1 = 17,1 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Осьова сила:

$$P_o = 10 \cdot 42,7 \cdot 13^{1,0} \cdot 0,4^{1,0} \cdot 1 = 2220,4 \text{ (Н)}$$

Загальний крутний момент при обробці чотирьох отворів  $\varnothing 13$  мм складає:

$$\sum M_{kr} = M_{kr} \cdot 4 = 17,1 \cdot 4 = 68,4 \text{ (Н} \cdot \text{м)}$$

Загальна осьова сила, що діє при обробці чотирьох отворів  $\varnothing 13$  мм складає:

$$\sum P_o = 4 \cdot P_o = 2220,4 \cdot 4 = 10668 = 8^{\circ}81,6 \text{ (Н)}$$

З врахуванням вказаної величини і підбраного верстату для виконання приходимо до висновку, що умови операції відповідають вимогам у відношенні застосування обладнання.

### 3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Проведемо розрахунок шпонкового з'єднання на зминання.

Умова міцності на зминання має вид:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{т}}{d \cdot l \cdot h} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.3)$$

де  $\sigma_{зм}$  – діюче напруження зминання, МПа;

$T$  – номінальний обертовий момент, Н·м;

$d$  – діаметр валу, 28 мм;

$l$  – робоча довжина шпонки, 8 мм;

$h$  – висота шпонки, 7 мм;

$[\sigma_{зм}]$  – допустиме напруження зминання, 100 МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 68 \cdot 1}{0,02 \cdot 0,008 \cdot 0,007} = 122 \cdot 10^6 \text{ (Па)}.$$

Міцність з'єднання на зминання недостатня, тому встановлюємо 2 шпонки. У такому випадку робоче напруження зменшиться у два рази і становитиме 61 МПа. Ця величина є меншою від допустимого значення у 100 МПа.

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі, що виготовляється із чавуну марки АЧС-1, способи отримання заготовок для порівняння наступні: литво в піщані форми, при використанні висушеного стрижня, литво в піщані форми, при використанні швидкотвердіючих сумішей [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів при литті в піщані форми 15...19 квалітети, шорсткість поверхні по  $R_z$  – до 80, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,7.

При отриманні деталі методом лиття у піщані форми маса заготовки буде становити:

$$m_{заг} = \frac{m_d}{k_i}, \quad (4.1)$$

де  $m_d$  – маса деталі;

$k_i$  – коефіцієнт використання матеріалу.

Отже,

$$m_{заг} = \frac{2,7}{0,7} = 3,86 \text{ (кг)}.$$

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = \left( \frac{S_3}{1000} K_T K_C K_B K_{M3} K_{B6} \right) - (Q_3 - q_3) \frac{S_{ei} dx}{1000}, \quad (4.2)$$

де  $S_3$  – базова вартість 1 т заготовок, грн., 70000;

$K_T, K_C, K_B, K_{M3}, K_{B6}$  – коефіцієнти, які залежать відповідно від класу точності,

класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

$q_d$  – маса деталі, кг, 2,7;

$S_{\text{лпк}}$  – вартість 1 т відходів, грн., 7,0.

Отже, вартість заготовки при литві у піщані форми, при використанні висушеного з'рижня становитиме:

$$C = \left( \frac{70000}{1000} \cdot 1,88 \cdot 1,12 \cdot 1,06 \right) \cdot (3,86 - 2,7) \cdot \frac{7000}{1000} = 148,1 \text{ (грн.)}$$

Згідно типових даних, при використанні швидкоотвердіючих сумішей, собівартість виготовлення заготовок зменшується на 8%.

$$C = 148,1 - 148,1 \cdot 0,08 = 136,3 \text{ (грн.)}$$

Визначимо економічний ефект з урахуванням річної програми випуску:

$$E = (148,1 - 136,3) \cdot 700 = 8260 \text{ (грн.)}$$

Презналізувавши розрахунки двох методів, обираємо метод виготовлення заготовки методом литва у піщані форми, при використанні швидкоотвердіючих сумішей.

#### 4.2 Розрахунок загального освітлення механічного цеху

Вихідні дані для розрахунку є виробниче приміщення цеху з металорізальними верстатами. Габарити приміщення – 76×36 м. Типи ламп загального освітлення – ДРЛ (потужність лампи 1000 Вт, світловий потік лампи 55000 лм). Норма освітленості при загальному висвітленні не менш 150 лк. Розрахунок будемо проводити із використанням профільних джерел інформації [2, 8, 10, 14-17, 19, 20,

22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

1. Визначаємо кількість світильників загального освітлення з лампами ДРЛ-1000.

$$\lambda = L / H_p, \quad (4.3)$$

звідси

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (4.4)$$

де  $L$  – відстань між світильниками, м

$H_p$  – висота підвісу світильників,  $H_p = 4$  м;

$\lambda$  – коефіцієнт найвигіднішого розташування світильників,  $\lambda = 1,3$ ;

$$L = 1,3 \cdot 4 = 5,2 \text{ (м)}.$$

Кількість ламп:

$$N^2 = S/L, \quad (4.5)$$

де  $S$  – площа цеху,

$$S = A \cdot B,$$

$$S = 36 \cdot 36 = 1296 \text{ (м}^2\text{)}.$$

$$N = \sqrt{1296 / 5,2} = 15,8 \sim 16 \text{ шт.}$$

2. Визначаємо світловий потік лампи:

$$F_{\text{л.расч.}} = (E \cdot S \cdot K \cdot Z) / (N \cdot \eta), \quad (4.6)$$

де  $E$  – нормована освітленість,  $E = 150$  лк;

S – площа цеху,  $S = 1296 \text{ м}^2$ ;

K – коефіцієнт запасу,  $K = 1,7$  (для приміщень з великим виділенням пилу);

Z – поправочний коефіцієнт (відношення середньої освітленості до мінімальної горизонтального),  $Z = 1,1 \dots 1,5$ , приймаємо  $Z = 1,2$ ;

N – кількість світильників, при цьому в кожному світильнику знаходиться одна лампа ДРЛ-1000,  $N = 16$  шт;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, залежить від індексу приміщення, типу світильника і коефіцієнта відображення стелі і стін.

Індекс приміщення визначається з формули:

$$i = (A \cdot B) / (A + B)h; \quad (4.7)$$

де A – ширина приміщення,  $A = 36 \text{ м}$ ;

B – довжина приміщення,  $B = 36 \text{ м}$ ;

h – розрахункова висота.

$$h = H - h_r = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)},$$

$$i = 1296 / (36 + 36) \cdot 6,8 = 2,65.$$

При коефіцієнті відображення стелі 50% і стін 30% коефіцієнт використання світлового потоку для різних типів світильників має наступні значення (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – Значення коефіцієнта використання світлового потоку

I	2	3
$\eta$	0,34...0,57	0,37...0,62

Проводимо інтерполяцію, щоб визначити інтервал значень  $\eta$  при  $i=2,08$ .

Нижня межа:

$$(0,57-0,34) \cdot 65/100 + 0,34 = 0,03 \cdot 65/100 + 0,34 = 0,3595.$$

Верхня межа:

$$(0,62-0,57) \cdot 65/100 + 0,57 = 0,05 \cdot 65/100 + 0,57 = 0,6025.$$

Одержали:  $i = 2,25$ ,  $\eta = 0,3595 \dots 0,6025$ . Приймаємо  $\eta = 0,481$ .

$$F_{\text{л.розр.}} = (150 \cdot 1296 \cdot 1,7 \cdot 1,2) / (16 \cdot 0,481) = 191359 / 3,824 = 51530 \text{ лм}$$

$$F_{\text{л.розр.}} / F_{\text{л.табл.}} = 51530 / 55000 = 0,94$$

Це задовольняє умові  $F_{\text{л.розр.}} = (0,9 \dots 1,2) F_{\text{л.табл.}}$ .

3. Визначаємо споживачу потужність ламп:

$$P = p \cdot N \cdot n, \quad (4.8)$$

де  $p$  – потужність лампи,  $p = 1000$  Вт;

$n$  – кількість ламп у світильнику, 1.

$$P = 1000 \cdot 16 \cdot 1 = 16000 \text{ (Вт)}.$$

4. Тепер необхідно розташувати 16 ламп у шаховому порядку на стелі площею  $1296 \text{ м}^2$ .

Відстань між світильниками дорівнює:

$$L = (S/N)^{0,5}, \quad (4.9)$$

$$L = (1296/16)^{0,5} = 9 \text{ м.}$$

Розташуємо світильники у чотири ряди. Схема розташування світильників відображена на рисунку 4.1.

Рисунок 4.1 – Схема розташування світильників

#### **4.3 Екологічна оцінка виробництва корпусу**

Виробничий процес виготовлення корпусу шестеренного насоса включає ряд технологічних операцій, кожна з яких в тій чи іншій мірі впливає на навколишнє середовище. В першу чергу йдеться про ливарне виробництво, механічну обробку, термічну обробку, а також допоміжні операції, такі як очищення, змащення та охолодження. На кожному етапі можливі викиди забруднюючих речовин, утворення відходів та споживання енергетичних та природних ресурсів.

Ливарний етап, що передбачає вилівок заготовки корпусу, характеризується викидами в атмосферу оксидів вуглецю, вуглеводнів, дрібнодисперсних частинок

пилу, а також продуктів розкладання формувальних та стрижневих сумішей. Ці викиди можуть негативно впливати як на якість повітря, так і на здоров'я працівників. Крім того, у процесі литва утворюються тверді відходи – шлаки, використаний пісок, залишки форми, що потребують відповідної утилізації чи переробки. Особливу увагу слід приділяти технологіям замкнутого циклу, які дозволяють повторно використовувати формувальні суміші та знижувати обсяги відходів, що не утилізуються.

Механічна обробка (токарна, фрезерна, свердлильна, розточувальна) супроводжується утворенням металевої стружки, підвищеним рівнем шуму, а також використанням мастильно-охолоджуючих рідин (МОР), які при неправильній експлуатації та утилізації можуть стати джерелом забруднення води та ґрунту.

Стружка в більшості випадків придатна для переробки і може бути повернена у виробництво у вигляді вторинної сировини. Відпрацьовані МОР у свою чергу, підлягають регенерації чи знешкодженню на спеціалізованих установках. Важливо забезпечити герметичність обладнання та своєчасне технічне обслуговування, що сприяє зниженню ризику аварійних викидів та витоків.

Термічна обробка деталей, необхідна для досягнення необхідних механічних властивостей корпусу, вимагає значного споживання електричної або газу та може супроводжуватися викидами тепла та газоподібних продуктів. У сучасних умовах пріоритетом є застосування енергоефективних печей та встановлення систем рекуперації тепла, що дозволяє не лише знизити екологічне навантаження, а й підвищити економічну ефективність виробництва. Додатково можливі заходи щодо зменшення вуглецевого сліду підприємства, у тому числі за рахунок оптимізації теплових процесів та переходу на альтернативні джерела енергії.

Особлива увага в рамках екологічної оцінки приділяється забезпеченню відповідності чинним нормативним вимогам. Виробничий процес має бути організований у суворій відповідності до Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», а також інших регулюючих актів, таких як нормативи гранично допустимих викидів, санітарні норми та стандарти безпеки

праці. Рекомендується впровадження системи екологічного менеджменту на основі міжнародного стандарту ISO 14001, що дозволяє системно відстежувати та знизувати вплив виробництва на навколишнє середовище.

Таким чином, екологічна складова виробництва корпусу масляного насоса, що проектується, вимагає комплексного підходу. Зниження негативного впливу можливе за рахунок модернізації обладнання, запровадження замкнених технологічних циклів, повторного використання відходів, а також підвищення екологічної культури на підприємстві. Раціональне використання ресурсів, мінімізація викидів та грамотна утилізація відходів є ключовими напрямками сталого та екологічно безпечного виробництва у сучасній інженерній практиці.

## ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення шестеренного односекційного двохроторного масляного насосу. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно заміників-аналогів. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу, схеми базування. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 60H7(+0,03)$  мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію верстатного пристосування, що може бути використано під час обробки деталі на операції свердління чотирьох отворів. Визначено сили та характеристики процесу обробки. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 700 шт. склав 8260 грн. Окрім того, запропоновано розрахунок загального освітлення механічного цеху. Проведено екологічну оцінку виробництва корпусу насосу.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насоса масляного, кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик верстатного пристосування для реалізації процесу механічної обробки отворів свердлінням.