

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Сорочка охолодження гільзи циліндра дизельного двигуна внутрішнього згоряння»

КРБ.133ГМбд\_21[1].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\_21[1]  
РИБАЛКА Олександр

Керівник: канд. техн. наук, доцент  
ДУДНІКОВ Ігор

**Полтава – 2022 року**

## ВСТУП

Однією з найважливіших сфер діяльності людини є машинобудування. Воно дає можливість виготовити продукцію, основним призначенням якої є полегшення праці людини, а також продуктивності.

Розвиток машинобудування в Україні набув максимального значення за часів СРСР. На даний момент, не зважаючи на перехід до ринкових відносин, лишилося чимало підприємств. Вони змінили форму власності, але вони продовжують виготовляти, ремонтувати обладнання та оснащення. На Полтавщині працюють кілька десятків машинобудівних підприємств. Серед них такі: «Лубнимаш», Полтавський автотракторний завод, Турбомеханічний завод, «Птава», Карлівський машинобудівний завод та ін.

Кожне підприємство машинобудівної галузі – доволі складна організація. Структура та діяльність зазнають постійних трансформацій, тому що постійно удосконалюється асортимент продукції, відбувається відкриття нових ринків збуту, змінюється виробництво та його обсяги [5-7].

Гільза циліндра у зборі, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною дизельного двигуна внутрішнього згорання, що використовується в дизель-насосних станціях. Вони використовуються для подачі води до систем зрошування, а також для сумісного зрошування із дощувальними машинами. Середка використовується у складі системи рідинного охолодження циліндра. Вона містить порожнину між зовнішньою поверхнею гільзи та стінками блоку циліндрів, якою циркулює охолоджувальна рідина.

Різноманітність виконання дизель-насосних станцій, відмінні технічні характеристики роблять їх незамінними помічниками аграріїв у сільськогосподарському виробництві.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вузол двигуна внутрішнього згорання дизель-насосної станції, а **предметом** – конструкторсько-

технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення сорочки охолодження та гільзи циліндра.

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

проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його складових частин, проаналізувати діючі технологічні процеси, запропонувати маршрути обробки поверхонь деталей, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;

- сконструювати технологічне оснащення та здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки сорочки охолодження гільзи циліндра, здійснити інженерний розрахунок захисного заземлення, запропонувати заходи пожежної безпеки на виробництві;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Дизельні насосні станції у розрізі поливу сільськогосподарських угідь використовуються для подачі води до систем зрошування, а також для сумісного зрошування із дощувальними машинами.

Насосні станції можуть мати різну комплектацію відповідно до сфери застосування, а також типом рідини, що перекачується.

Насосні станції здатні перекачувати значні об'єми води на відстані у кілька кілометрів та реалізовувати проекти поливу будь-якої складності.

Дизель-насосна станція, технічна характеристика якої приведена у таблиці 1.1, складається з наступних вузлів: насосного агрегату; дизельного двигуна; рами; повітряного фільтра; глушника; радіатора та системи охолодження для двигуна; панелі керування; гачків керування; м'фти.

Таблиця 1.1 - Технічна характеристика дизель-насосної станції ДНС 800/56

№ з.п.	Найменування показника	Вимірність	Значення
1	Подача	м <sup>3</sup> /год	550...970
2	Величина тиску	кПа	510...640
3	Потужність насоса	кВт	150
4	Потужність двигуна	кВт	184
5	Паливний бак	л	600
6	Насос	-	1Д800-56
7	Габаритні розміри, L×B×H	мм	3300×1400×2000
8	Маса	кг	2700

У даній кваліфікаційній роботі розглянемо вузол гільзи дизельного двигуна внутрішнього згоряння із сорочкою, що може бути використаний у складі насосної станції. У даній конструкції дизеля встановлено два колінчастих вала. У одній гільзі працює два поршні, один назустріч іншому. У середньому поясі гільзи є три отвори, у яких встановлюються форсунки. Також у гільзі є два пояси вікон. Верхній пояс складається з шістнадцяти компресорних вікон. Нижній пояс складається із десяти викидних вікон. Форма компресорних та викидних вікон різна. Також на середньому поясі є спеціальні ребра. Вони виконані для охолодження робочої частини гільзи. Для поліпшення робочого процесу гільза обладнана сорочкою охолодження, в якій виконано три пояси отворів. Ці отвори слугують для підведення та відведення охолоджуючої рідини (масло чи вода).

Розглянемо принцип дії вузла. Двигун внутрішнього згоряння працює без впускних та випускних клапанів. Цикл двотактний. Через компресорні вікна верхнього поясу до гільзи поступає стиснуте повітря. Поршні з верхньої та нижньої частини гільзи починають рухатися один назустріч іншому. Коли вони досягають певного положення через форсунки подається розпилене паливо. Завдяки стисненому повітрю відбувається загорання палива. Поршні різко рухаються у протилежному напрямку, створюючи таким чином робочий рух. Відпрацьоване повітря виходить через викидні вікна нижнього поясу гільзи. Далі цикл повторюється.

На рисунку 1.1 наведено сорочку охолодження із гільзою циліндра ДЗЗ, що пропонується до використання у системі зрошування, а також для сумісного зрошування із дощувальними машинами.

Першою деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде сорочка охолодження (рисунок 1.2), а другою деталлю – гільза циліндра (рисунок 1.3).

Рисунок 1.1 – Сорочка із гільзою двигуна внутрішнього згорання:

1 – гільза; 2 – сорочка охолодження; 3, 4 – ущільнення

Гільза циліндра виконує роль корпусу. Їїєю внутрішньою поверхнею здійснюють поступальний рух два поршня. Гільза виготовлена із сірого чавуну СЧ 20, а сорочка застосовується для охолодження робочої зони гільзи циліндра – зі сталі 38ХА [16, 36].

## 1.2 Аналіз параметрів точності

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

положення поверхонь. Сорочка охолодження має циліндричну форму та відноситься до класу порожнистих циліндрів. На зовнішній циліндричній поверхні виконуються отвори, в деяких з них нарізається різьба.

Таблиця 1.2 – Відомості щодо параметрів точності сорочки охолодження

№ пов.	Назва поверхні	Розміри	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, мкм
1, 14	Торець	420 <sub>-0,75</sub>	±IT14/2	-	-	Rz20
2	Циліндрична	∅275,5 <sub>-0,125</sub> <sup>-0,07</sup>	g6	-	-	Rz80
3	Циліндрична	∅276 <sub>-0,68</sub> <sup>-0,34</sup>	g5	-	0,15	Ra2,5
4	Циліндрична	∅275 <sub>-0,34</sub>	h7	-	0,5	Rz20
5	Циліндрична	∅276 <sub>-0,125</sub> <sup>-0,07</sup>	g6	0,1	0,15	Ra1,25
6	Циліндрична	∅260	H14	-	0,3	Rz80
7	Циліндрична	∅242 <sub>-0,035</sub> <sup>+0,011</sup>	H14	-	0,02	Ra2,5
8	Циліндрична	∅252 <sub>-0,035</sub> <sup>+0,011</sup>	H14	-	0,02	Ra2,5
9	Циліндрична	∅260	H14	-	0,3	Rz80
10	Циліндрична	∅243 <sub>-0,045</sub> <sup>+0,045</sup>	H7	-	-	Ra2,5
11	Отвір	∅45	H14	-	-	Rz20
12	Отвір	∅43 <sub>-0,3</sub> <sup>+0,5</sup>	H7	-	-	Rz20
13	Різьба метрична	M12,5	H7	-	-	Rz20

Виконавши аналіз параметрів точності сорочки охолодження робимо висновок: шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 10 – ∅243H7. Найвища шорсткість Ra=1,25 мкм.

Рисунок 1.2 – Сорочка охолодження

До таблиці 1.3 занесимо дані щодо точності виготовлення гільзи (рисунок 1.3).

Гільза циліндра також має циліндричну форму і відноситься до класу порожнистих циліндрів. Зовнішня поверхня має складну ступінчасту форму. Деталь має три пояси отворів. На середньому поясі також присутні ребра для збільшення теплоємності деталі. Внутрішня циліндрична поверхня має високу точність та низьку шорсткість.

Таблиця 1.3 – Відомості щодо параметрів точності гільзи

№ пов.	Назва поверхні	Розміри	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	1090±0,5	±IT14/2	-	-	Rz40

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
2	Циліндрична	$\varnothing 207^{+0.043}$	H7	$\sqrt{R} 0,1$	-	Ra0,63
3	Циліндрична	$\varnothing 228$	h14	-	-	Rz40
4	Циліндрична	$\varnothing 227^{+2,0}_{-1,5}$	h14	-	0,3	Rz80
5	Вікно	39×30	-	-	-	Rz20
6	Циліндрична	$\varnothing 252^{+0.045}_{+0.015}$	m5	-	-	Ra1,25
7	Циліндрична	$\varnothing 223$	h14	-	0,3	Rz40
8	Циліндрична	$\varnothing 243^{+0,08}_{+0,02}$	p6	-	0,03	Ra1,25
9	Циліндрична	$\varnothing 242^{+0,175}_{-0,205}$	d8	-	-	Ra1,25
10	Вікно	48×30	-	-	-	Rz20
11	Циліндрична	$\varnothing 238^{+0,022}_{-0,052}$	g6	-	-	Ra1,25
12	Циліндрична	$\varnothing 227^{+0,06}$	h13	-	-	Rz40
13	Отвір	K1/4	ГОСТ 6111-82	-	-	Ra6,3

Рисунок 1.3 – Гілка циліндра

Виконавши аналіз параметрів точності гільзи робимо висновок: шорсткість поверхонь відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 6 –  $\varnothing 252 \text{ m5}$ . Найвища шорсткість  $Ra=0,63 \text{ мкм}$ .

### 1.3 Характеристика матеріалу деталей, замітники

При виготовленні деталей даного вузла в якості матеріалів застосовуються чавун марки СЧ20 ДСТУ 8833:2019 (сірий чавун із пластичним графітом – має перлітну структуру) та сталь 38ХА ГОСТ 4543-2016 (легована сталь підвищеної якості, має достатньо високі механічні та антифрикційні властивості, корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням, непогані плавні властивості). Схарактеризуємо матеріал кожної деталі [7, 34, 36].

Порівняємо СЧ20 із матеріалом, який можна замінити базовий. Ним може бути сірий чавун марки СЧ18. Хімічний склад і властивості матеріалів для порівняння наведено у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 Хімічний склад, властивості матеріалу гільзи, матеріал-замітник

Матеріал	$\sigma_{\text{в}}$ , МПа	Твердість НВ $\cdot 10^{-1}$ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ20	196	170-241	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ18	176	170-241	3,4-3,6	1,9-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15

Сталь 38ХА можна замінити рядом матеріалів таких, як сталі 45Х, 40ХН, 40ХС, 40ХФ, 40ХР, 40Х. Хімічний склад, властивості сталі 38ХА і сталі-замітника подано в таблицях 1.5, 1.6.

Таблиця 1.5 – Хімічний склад, %, матеріалу сорочки, матеріалу-замінника

Матеріал	C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
					Не більше			
38XA	0,35-	0,17-	0,50-	1,0	0,025	0,025	0,3	0,3
	0,43	0,37	0,80					
40X	0,41-	0,17-	0,50-	0,8-	0,035	0,035	0,3	0,3
	0,49	0,37	0,80	1,60				

Таблиця 1.6 – Технологічні властивості матеріалу сорочки, матеріалу-замінника

Матеріал (труба)	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	Твердість НВ 10 <sup>1</sup> МПа	Зварюваність	Схильність до відпусної крихкості
38XA	588	14	207	важкозварювана	схильна
40X	657	9	269	важкозварювана	схильна

Як видно із таблиць 1.5 та 1.6, можливе використання і сталі 40X. Але беручи до уваги те, що заготовка сорочки виготовляється відцентровим литвом, то все ж таки краще взяти Сталь 38XA, так як вона має кращу рідкоплинність.

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в гільзах із сорочками циліндрів ДВЗ у кількості 7000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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;

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

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

$$N_{зч} = (7000 + 0,04 \cdot 7000) \cdot (1 + 0,025) = 7462 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей гільзи із сорочкою не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійний.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталей

Конструкція вузла гільзи із сорочкою є нескладною. Вона містить незначну кількість деталей. Конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих ускладнень. Точність виготовлення деталей виключає операції підгону розмірів. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів вузол досить легко розбирається [2].

Повні результати аналізу на технологічність сорочки наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності сорочки

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	При обробці зовнішньої поверхні – закріплення в центрах. При обробці внутрішньої поверхні – встановлення в самоцентруючих лещатах

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Ні, технологічно	Глухих отворів вдалося уникнути
4	Наявність отворів глибиною більше 8d	Ні, технологічно	Можлива обробка отвору з однієї сторони
5	Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Ні, технологічно	-
7	Чи є скоси або пазитид кутами, відмінними від 45°?	Так, нетехнологічно	Бажано змінити конструкцію деталі, необхідно погодити з конструктором
8	Чи наявні отвори не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
9	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10	Точність литва заготовки	-	Бажана відливка 1-го класу
11	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Чи нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки
12	Чи є великі перепади ступінчастих валів?	Ні, технологічно	-

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому деталь (сорочка) за більшістю показників є технологічною.

Результати аналізу на технологічність гільзи 1 приведені у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Аналіз технологічності гільзи

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
2	Чи забезпечує конструкція деталі її встановлення за допомогою простих пристосувань?	Так, технологічно	Досягається простотою геометричної форми деталі
3	Чи обробляються отвори на прохід?	Ні, нетехнологічно	-
4	Наявність кутів відмінних від 45° та 90°?	Так, нетехнологічно	Бажано змінити конструкцію деталі, необхідно погодити з конструктором
5	Чи є конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	-

В процесі аналізу креслення другої деталі було виявлено, що дільза має деякі нетехнологічні моменти, пов'язані із особливістю конструкції, але в цілому деталь є досить технологічною.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Сорочку охолодження виготовляють з прокату  $\varnothing 110 \times 165$ , що вимагає значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевший, але наступна механічна обробка вимагає значних затрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький. Пропонується одержати заготовку

відцентровим литвом. При такому методі одержання заготовок припуски будуть меншими. Недоліком відцентрового литва є те, що внутрішня циліндрична поверхня буде більш м'якою, також будуть наявні домішки та незначні дефекти. Тому значне зменшення припусків неможливе.

Оскільки припуск, що необхідно зняти, зменшиться, то відпадає необхідність в деяких операціях механічної обробки. Це зменшує кількість верстатів, необхідних для виготовлення сорочки.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади. Це збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Пропонується використовувати спеціальні засоби вимірювання та контролю.

При виготовленні заготовки гільзи циліндра пропонується використовувати відцентрове литво. Цей метод дозволяє отримувати заготовки досить точні, з малою шорсткістю поверхні (12 квалітет, шорсткість  $R_z = 10 \dots 20 \text{ мкм}$ ). Це дозволяє зменшити об'єм очисних робіт, механічної обробки.

При використанні універсальних верстатів застосовувався звичайний різальний інструмент. Використання прогресивного різального інструмента дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх використанню при охолодженні зони різання.

Оскільки гільза на виробництві раніше виготовлялася в умовах одичного виробництва, то при її виготовленні використовувалися стандартні універсальні пристосування, універсальні верстати, різальний інструмент.

В умовах серійного виробництва пропонується використати верстати з ЧПК та пристосування спеціальної конструкції. Верстати з ЧПК менш надійні, ніж універсальні верстати, але вони відзначаються більшою точністю отриманих поверхонь. Також верстати із ЧПК дозволяють використовувати працівників невисокого розряду, третього-четвертого, що приведе до зменшення витрат на зарплату.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Розрахуємо метод обробки створу  $\varnothing 243H7^{+0,045}$  сорочки (таблиця 2.3).

Допуск за кресленням 0,045 мм, допуск заготовки 1,8 мм.

Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,8}{0,045} = 40.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg 40 / 0,46 \approx 3.$$

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхні  $\varnothing 243H7^{+0,045}$  сорочки

Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість, мкм	Допуск загострки, мм	Квалітет	Загальне уточнення $\varepsilon_{заг}$	Кількість ступенів обробки $n_p$	Перехід МОП	Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мм	Коефіцієнт уточнення $\varepsilon_i$	Загальне уточнення
7	0,045	2,5	1,8	15	40	3	1 Розточування чорнове	11	0,29	6,2	40
							2 Розточування напівчистове	8	0,072	4	
							3 Розточування тонке	7	0,045	1,6	

Отже, ми отримали маршрут обробки з трьох переходів розточування. Це дає змогу значно зменшити номенклатуру різального інструменту та обладнання, уникнути шліфувальних операцій. Тонке розточування проводимо алмазним інструментом.

Аналогічно розраховується МОП для інших поверхонь деталі сорочки.

Результати розрахунків заносяться до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Варіанти маршрутів обробки окремих поверхонь сорочки

Позначення поверхні	Допуск за пресленням, мм	Шорсткість, мкм	Допуск заготовки	Квалітет	Загальне уточнення $\epsilon_{заг}$	Кількість ступенів обробки $n_p$	Перехід МОП	Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Приватний коеф. уточнення $\epsilon_i$	Загальне уточнення
1, 14	0,76	6,3	1,25	15	1,64	1	Соточування	14	0,76	1,64	2
2,3, 4,5	0,055	1,25	2,1	15	38,18	3	1 Чорнове обточування	11	0,35	6	38
							2 Напівчистове обточування	8	0,09	3,8	
							3 Чистове обточування	7	0,055	1,63	
6,7, 8,9	0,045	2,5	1,8	15	40	3	1 Розточування чорнове	11	0,29	6,2	40
							2 Розточування напівчистове	8	0,072	4	
							3 Розточування тонке	7	0,045	1,6	
11,12	0,34	12,5	1	15	2,9	1	Свердління	13	0,34	2,9	3

## 2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

В машинобудуванні застосовується два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [39]. В кваліфікаційній роботі визначимо припуск на обробку циліндричної поверхні сорочки  $\varnothing 243H7^{(+0,045)}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

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

Технологічний маршрут обробки поверхні сорочки  $\varnothing 243H7^{(+0,045)}$  складається з розточування чорного, напівчистового, чистового.

Технологічний маршрут обробки та відповідні заготовки та кожному технологічному переходу значення елементів припуску занесені до таблиці 2.5.

Як відомо, розрахунковий припуск при обробці циліндричної поверхні – це різниця між найменшими граничними розмірами на суміщених технологічних переходах.

$$2Z_{i \min} = D_{i \min} - D_{(i-1) \min}, \quad (2.3)$$

де  $2Z_{i \min}$  – мінімальний припуск за діаметром,

$D_{i \min}$  – мінімальний розмір на попередньому переході;

$D_{(i-1) \min}$  – мінімальний розмір на переході, що виконується.

Мінімальний припуск для поверхонь обертання:

$$2Z_{i \min} = 2D \left( R_{z i \min} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}} \right), \quad (2.4)$$

де  $R_{z i \min}$  – висота мікронерівностей;

$T_{i-1}$  – глибина дефектного шару;

$\rho_{i-1}$  – сумарне значення просторових відхилень;

$\varepsilon_{yi}$  – похибка встановлення на переході, що виконується.

Вірність розрахунків здійснюємо за формулою:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{\text{заг}} - Td_{\text{дет}}, \quad (2.5)$$

де  $Td_{\text{заг}}$ ,  $Td_{\text{дет}}$  – допуски заготовки і деталі відповідно.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта пропусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 243H7^{(+0,045)}$  мм

Технологічні переходи	Величини				Розрах. приг. $2Z_{\min}$ , мкм	$d_{\min}$ , мм	Допуск, мкм	$D_{\min}$ , мм	$D_{\max}$ , мм	$2Z_{\min}$ , мм	$2Z_{\max}$ , мм
	$Z_{\min}$ , мкм	$R_z$	$T$	$\sigma$							
Заготовка	200	870	256		-	237,447	3000	234,447	237,447	-	-
Розточування чорнове	63	650	132	100	2652,0	240,099	290	239,809	240,099	2,652	3,362
Розточування напівчистове	25	540	25	15	1757,2	241,857	72	241,785	241,857	1,758	1,976
Розточування тонке	10	87	0	10	1188,3	243,045	45	243,00	243,045	1,188	1,215
Всього										5,5988	6,55

Отже,

$$8553 - 5598 = 3000 - 45,$$

$$2950 = 2955.$$

Умова виконується.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Розробляємо конструкцію затискного пристосування (рисунок 3.1), що дозволить збільшити продуктивність праці, зменшити час механічної обробки деталі вузла, що розглядається [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Затискне пристосування

Пристосування містить: 1 – корпус; 2 – клин; 3 – кільце centruюче; 4 – плунжер; 5 – кулачок; 6 – пружина; 7 – кільце контрольне; 8 – клин; 9 – втулка; 10 – болт; 11, 12 – гвинт; 13-16 – шпилька.

Принцип роботи пристосування наступний. На початку клин 2 знаходиться в крайньому правому положенні. Кулачок 5 (гнучкий і має розріз) стискається пружиною 6. Деталь, що оброблюється, встановлюється на кулачок 5. Пневмоциліндр приводиться у дію і переміщує клин 2 вліво. Три плунжери 4 рухаються вгору, розтискаючи кулачок, – відбувається затиск деталі. Після обробки деталі пневмоциліндр переміщує клин вправо. Пружина стискає кулачок і деталь знімається. Центрування клина забезпечується втулкою 9. Шток пневмоциліндра з'єднується із клином за допомогою шпильки 16.

### 3.2 Визначення зусилля затиску

Складемо схему діючих сил (рисунок 3.2) і визначимо з неї силу, що необхідна для затискання  $W$  деталі при механічній обробці з урахуванням [14, 41].

Рисунок 3.2 – Схема сил, що діють, для розрахунку пристосування

Заготовка закріплюється в клиновій оправці при точінні зовнішньої циліндричної поверхні. При точінні виникає момент  $M_p$  та осьова сила  $P_o$ . Моменту сил різання протидіють сили тертя, що виникають на поверхнях контакту заготовки із робочими поверхнями оправки.

Рівняння рівноваги заготовки буде мати вигляд:

$$\sum M = 0, \quad (3.1)$$

$$W_z \cdot f_1 \cdot K - (P_z - W_z \cdot f_1) \cdot f_2 \cdot R_1 - K \cdot M_{pi3} = 0. \quad (3.2)$$

Сумарна сила затиску буде дорівнювати:

$$W_{свт} = W_z = \frac{K \cdot M_{pi3} - P_z \cdot f_1 \cdot R_1}{f_1 \cdot R - f_1 \cdot f_2 \cdot R_1}, \quad (3.3)$$

де  $R_1$  – середній радіус площини контакту;

$f$  – коефіцієнти тертя,  $f_1=0,1$ ;  $f_2=0,1$ ;

$K$  – коефіцієнт запасу

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.4)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання внаслідок випадкових нерівностей поверхні;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання при переривчастому різанні;

$K_4$  – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення;

$K_5$  – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що повертають заготовку вставленою плоскою поверхнею на постійні опори;

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,1 = 2,5;$$

$P_z$  – складова сили різання;

$M_{\text{різ}}$  – момент від сили різання.

Сила різання при круглому шліфуванні дорівнює [9, 11, 15]:

$$P_z = C_{Pz} \cdot V_d^{0,7} \cdot S_{\text{позд}}^{0,7} \cdot t^{0,6}, \quad (3.5)$$

де  $C_{Pz}$  – коефіцієнт різання;

$V_d$  – швидкість деталі, м/хв;

$S_{\text{позд}}$  – поздовжня подача, мм/об;

$t$  – глибина шліфування,

$$P_z = 20 \cdot 30^{0,7} \cdot 20^{0,7} \cdot 0,1^{0,6} = 351,3 \text{ (Н)}.$$

Момент при круглому шліфуванні дорівнює добутку сили різання на радіус шліфувального круга:

$$M_{\text{різ}} = P_z \cdot r_{\text{кр}}, \quad (3.6)$$

де  $r_{\text{кр}}$  – радіус шліфувального круга:

$$M_{\text{різ}} = 351,3 \cdot \frac{150}{2} \cdot 10^{-3} = 26,3 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Отже,

$$W_{\text{сум}} = W_z = \frac{2,5 \cdot 26,3 - 351,3 \cdot 0,1 \cdot 0,138}{0,1 \cdot 0,103 - 0,1^2 \cdot 0,138} = 6828 \text{ (Н)}.$$

Визначимо зусилля на ведучій ланці за відомою силою затиску:

$$Q = W_{\text{сум}} \cdot \text{tg}(\alpha + \varphi); \quad (3.7)$$

де  $\alpha$  – кут втулки,  $\alpha = 15^\circ$ ;

$\varphi$  – кут ковзання,  $\varphi = 6^\circ$ .

$$Q = 6828 \cdot \text{tg}(15 + 6) = 2621 \text{ (Н)}$$

Сила на штокові гідроциліндра чисельно дорівнює силі на ведучій ланці:

$$Q = P \frac{\pi \cdot D^2}{4} \eta - P_{\text{пр}}; \quad (3.8)$$

$P_b$  – тиск у пневмосистемі, 0,6 МПа;

$\eta$  – ККД пневмоциліндра, 0,95;

$P_{\text{пр}}$  – сила опору стискання пружини, 240 Н.

Отже, визначимо необхідний діаметр поршня за формулою:

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{Q + P_{\text{пр}}}{P_b}}; \quad (3.9)$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{2621 + 240}{0,6 \cdot 10^6}} = 0,078 \text{ (м)}.$$

Із стандартного ряду діаметрів гідроциліндрів вибираємо діаметр  $D = 80 \text{ мм}$ .

Тоді уточнене значення сили на штокові гідроциліндра становитиме:

$$Q = 0,6 \cdot 10^6 \frac{\pi \cdot (80 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,95 - 240 = 2624 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок на міцність

В даному пристосуванні слабкою ланкою буде трикутна різьба, що з'єднує клин із пневмоциліндром.

Перевірку проводимо за допустимим напруженням.

Допустиме максимальне напруження визначимо за формулою:

$$[\tau] = 0,2 \cdot \sigma_T, \quad (3.10)$$

де  $\sigma_T$  – межа текучості, для сталі 45 становить 355 МПа;

$$[\tau] = 0,2 \cdot 355 = 71 \text{ (МПа)}.$$

Визначимо діюче напруження у різьбі:

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot D_{\min} \cdot K \cdot h \cdot 10^{-6}}; \quad (3.11)$$

де  $D_{\min}$  – мінімальний діаметр стрижня, 27 мм;

$K$  – коефіцієнт для трикутної різьби, 0,8;

$h$  – висота гайки, 45 мм.

Отже, маємо

$$\tau = \frac{2624}{\pi \cdot 27 \cdot 0,8 \cdot 45 \cdot 10^{-6}} = 0,9 \text{ МПа.}$$

Як ми бачимо, діюче напруження у трикутній різьбі не перевищує допустимої величини.

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечує її максимальне наближення до готової деталі [8, 31, 49].

Сорочка охолодження виготовлена із сталі 58ХА. Вона має досить добру рідкоплинність, тому може використовуватись у ливарному виробництві.

Для порівняння беремо два методи виготовлення заготовки: литво в кокіль та відцентрове литво.

Точність розмірів при литті в кокіль 12...15 квалітет, шорсткість поверхні Rz 80...20, коефіцієнт використання матеріалу заготовки становить 0,71...0,75.

Точність розмірів при відцентровому литві 13...15 квалітет, шорсткість поверхні Rz 80...20, коефіцієнт використання матеріалу заготовки становить 0,7...0,8.

При отриманні деталі маса заготовки буде становити:

$$m_{заг} = m_{дет} / k_i, \quad (4.1)$$

де  $m_{дет}$  – маса деталі;

$k_i$  – коефіцієнт використання матеріалу.

При литві у кокіль маса заготовки сорочки становить:

$$m_{заг.кок} = 34,8 / 0,73 = 47,7 \text{ (кг)}.$$

При відцентровому литві маса заготовки сорочки становить:

$$m_{\text{заг.відц}} = 34,8 / 0,75 = 46,4 \text{ (кг)}.$$

Вартість виготовлення заготовок визначимо за формулою [7]:

$$S_{\text{заг}}^n = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot m_{\text{заг}} \cdot K_m \cdot K_n \cdot K_e \cdot K_c \cdot K_M \right) - (m_{\text{заг}} - m_{\text{дет}}) \frac{S_{\text{відц}}}{1000}, \quad (4.2)$$

де  $C_i$  – вартість однієї тони відливок;

$Q_{\text{заг}}$  – маса заготовки;

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

Використовуючи джерело [1] маємо наступні значення.

$$S_{\text{заг}}^{\text{ок}} = \left( \frac{19200}{1000} \cdot 47,7 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,8 \right) - (47,7 - 34,8) \frac{1215}{1000} = 2556 \text{ (грн.)};$$

$$S_{\text{заг}}^{\text{відц}} = \left( \frac{19200}{1000} \cdot 46,4 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,4 \right) - (46,4 - 34,8) \frac{1215}{1000} = 1782 \text{ (грн.)}.$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах середньосерійного виробництва доцільніше використовувати відцентрове литво.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для сорочки:

$$E = (2556 - 1782) \cdot 7000 = 5418000 \text{ грн.}$$

Отже, для виготовлення заготовки сорочки охолодження гільзи циліндра дизельного ДВЗ обираємо відцентрове литво.

## 4.2 Розрахунок заземлення

Відповідно до завдання, використовуючи сталу методику розрахунку, що наведена у джерелах [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50], розрахуємо контурне заземлення для об'єднання з нижче приведеними даними  $\rho = 300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ , довжина вертикальних електродів  $l = 4,0 \text{ м}$  діаметр стержнів  $d = 30 \text{ мм}$ , горизонтальний електрод зі сталі  $50 \text{ мм}$ , відстань між вертикальними електродами  $L_2 = 8 \text{ м}$ , траншея глибиною  $G = 0,8 \text{ м}$ , вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на  $S = 0,2 \text{ м}$ , вологість ґрунту середня.

1) розрахований питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi; \quad (4.3)$$

де  $\psi = 1,5$  – коефіцієнт сезонності, що залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору.

$$\rho_p = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_e = G - S + \frac{L_e}{2}, \quad (4.4)$$

$$t_e = 0,8 - 0,2 + \frac{4,0}{2} = 2,6 \text{ м};$$

3) опір розтікання струму одиничного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot L_B}{d} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) \quad (4.5)$$

$$R_B = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,0} \cdot \left( \ln \frac{2 \cdot 4}{0,03} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,6 + 4}{4 \cdot 2,6 - 4} \right) = 107,5 \text{ Ом};$$

4) визначимо потрібну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{K_2 \cdot \eta_B}, \quad (4.6)$$

де  $\eta_B$  – коефіцієнт використання вертикального електрода (приймаємо у цій формулі початково  $\eta_B = 1,0$ );

$$n = \frac{107,5}{10 \cdot 1,0} = 10,7 \approx 11 \text{ шт.};$$

5) визначимо довжину горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_r \cdot n \quad (4.7)$$

$$L = 8 \cdot 11 = 88 \text{ м};$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода буде становити:

$$t_r = G \cdot S \quad (4.8)$$

$$t_r = 0,8 \cdot 0,2 = 0,6 \text{ м};$$

7) визначимо опір розтікання струму від горизонтальних електродів:

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{l^2}{b \cdot t_r}; \quad (4.9)$$

$$R_T = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 88} \cdot \ln \frac{88^2}{0,05 \cdot 0,6} = 10,15 \text{ Ом};$$

8) коефіцієнт використання вертикального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_B = 0,68;$$

9) коефіцієнт використання горизонтального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_T = 0,4;$$

10) уточнений опір заземлюючого пристрою

$$R_o = \frac{R_B \cdot R_T}{R_T \cdot \eta_T + R_T \cdot \eta_B \cdot n}; \quad (4.10)$$

$$R_o = \frac{107,5 \cdot 10,15}{107,5 \cdot 0,4 + 10,15 \cdot 0,68 \cdot 11} = 9,2 < R_3 = 10 \text{ Ом.}$$

Висновок  $R_o = 9,2$  – захист забезпечено.

### 4.3 Пожежна безпека

У першу чергу за пожежну безпеку на будь-якому підприємстві відповідає його керівник. За бажанням чи за необхідністю керівник може створити наказ та призначити іншого співробітника у ролі відповідального за пожежну безпеку. Тобто таким наказом керівник делегує свої обов'язки іншому і поділяє з ним відповідальність. Саме поділяє відповідальність. Треба розуміти, що незважаючи на наказ, керівник не знімає із себе усю відповідальність за пожежну безпеку, а ділить її, тому що не усе залежить від певного фахівця, призначеного відповідальним. Фінансовий бік реалізації тих чи інших заходів (у рамках забезпечення пожежної безпеки) залишається за керівником, тому і відповідальність також. Окрім цього, контроль за виконанням такого наказу, а

також виконавчим обов'язків відповідального за пожежну безпеку також закріплено за керівником [33, 42-46].

Пожежна безпека на виробництві – це комплекс заходів. До них відносять:

1) організаційно-розпорядчі: розробка документів із пожежної безпеки (журнали, накази, інструкції); розробка та подача до Державної служби України з надзвичайних ситуацій відповідної документації;

2) навчання заходам з пожежної безпеки, тренування, пропагування: навчання керівника та відповідального за пожежну безпеку; навчання усіх співробітників (інструктаж); тренування з евакуації та роботою вогнегасником; створення куточку пожежної безпеки з інформаційними матеріалами;

3) технічні заходи пожежної безпеки: розроблення планів евакуації; розміщення знаків пожежної безпеки як на території підприємства та і у приміщеннях; оснащення вогнегасниками, а також первинними засобами гасіння пожежі; встановлення пожежної сигналізації, оповіщувальних систем, систем видалення диму та гасіння пожежі; забезпечення повної працездатності пожежних кранів, рукавів; забезпечення евакуаційними виходами у необхідній кількості, а також у разі потреби встановлення протипожежних дверей; перевірка із виробуванням пожежних сходів, огорожі на дахах; обробка конструкцій негорючими матеріалами.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла двигуна внутрішнього згорання дизель-насосної станції, що застосовується для подачі води до систем зрошування, а також для сумісного зрошування із дощувальними машинами. Наведено технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності двох деталей вузла, а саме сорочки та гільзи циліндра. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталей вузла, надано рекомендації стосовно їх аналогів. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення сорочки охолодження, гільзи циліндра ДВЗ. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні сорочки  $\varnothing 243^{+0,047}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію пневматичного пристосування для закріплення гільзи циліндра під час механічної обробки. Визначено зусилля затиску, а також розраховано наміцність різьбового з'єднання для з'єднання клину із пневмоциліндром.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки сорочки гільзи. Річний економічний ефект для програми випуску 7000 шт. склав 5418000 грн. Розраховано заземлення для захисту від ураження напругою електричної мережі під час виготовлення гільзи циліндра. Висвітлено організаційні заходи забезпечення пожежної безпеки.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення гільзи циліндра у зборі, робочі креслення сорочки охолодження та гільзи, креслення заготовки, а також складальне креслення затискного пристосування.