

**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: «Виготовлення гільзи циліндра дизельного двигуна за умов середньосерійного типу виробництва»

КРБ.133ГМбд\_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 133ГМбд\_21[1]  
ВОВК Костянтин

Керівник: канд. техн. наук, доцентка  
БІЛОВОД Олександра

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

На сьогоднішній день в Україні є 3 найбільш поширені способи транспортування зернових. До них відносять: залізничний транспорт; водний транспорт; автомобільний транспорт. Вибір конкретного виду залежить від кінцевої точки та відстані до отримувача. Провідні позиції посідає саме залізничний транспорт.

Серед проблем, що постають є застарілість вагонів-зерновозів та тепловозів, що обладнані саме дизельними двигунами внутрішнього згорання. Вони потребують або списання на брухт, або капітального відновлення. Транспортування збіжжя електровозами обмежено наявністю електрифікації залізничних гілок конкретного напрямку, наприклад від елеватора до основної залізничної магістралі.

Як відомо, дизелі сімейства Д100 мають близько 80% подібних за конструкцією деталей та складальних одиниць. Саме тому розробка та удосконалення вузлів дизельних двигунів для транспортування збіжжя залізницею є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Оська деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною гільзи циліндра у зборі, що використовується у складі дизельного двигуна.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вузол дизельного двигуна внутрішнього згорання, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення гільзи циліндра.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми замовку виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та довкілля;

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

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Дизель 2Д100 працює за двохтактним циклом. Це значить, що всі процеси, які послідовно повторюються за робочий цикл у кожному з його циліндрів, а саме впуск повітря, його стиск, горіння впорснutoго палива та розширення газоподібних продуктів горіння, випуск газів, що відробили, відбуваються і закінчуються протягом двох ходів поршня за один оберт колінчастих валів дизеля.

Впуск повітря у дизелі 2Д100 і одночасно відбувається випуск від газів, що працювали, (так званий «примушений випуск») керуються поршнями робочих циліндрів, що відкривають продувні і випускні вікна. При цьому верхні поршні відкривають і закривають продувні вікна, а нижні – випускні. Коли поршні циліндра (рисунок 1.1, а) розгайовані так, що продувні 7 і випускні 4 вікна гільзи циліндра відкриті, продувне повітря, що знаходиться під тиском, надходить через вікна 7 у циліндр і, витісняючи залишки газів, що відробили, заповнює (продуває) його.

При русі поршнів назустріч один одному першими закриваються нижнім поршнем 3 випускні вікна 4, а продувні вікна 7 будуть закриті ще не повністю (рисунок 1.1, б). Унаслідок цього повітря продовжує надходити у циліндр при вже закритих випускних вікнах, що збільшує масовий заряд і дозволяє спалювати більшу кількість палива, а отже, одержувати велику потужність. У той момент, коли верхній поршень перекриє продувні вікна (рисунок 1.1, в), обидва поршні, продовжуючи рухатися назустріч один одному, стискають повітря, підвищуючи його температуру.

Коли поршні наблизяться до внутрішніх мертвих точок (в.м.т.) в обсяг простору стиску 5 (рисунок 1.1, г) циліндра через форсунки 6 почне впорскуватися у розпиленому вигляді дизельне паливо, що займається від високої температури стиснутого повітря. Під дією газів, що розширюються, палаючого палива поршні від внутрішніх мертвих точок переміщуються у бік зовнішніх мертвих крапок

(н.м.т.), передаючи роботу газів через шатуни на кривошипи 1 нижнього і верхнього колінчатих валів.

Рисунок 1.1 – Схеми положень шатунно-кривошипного механізму і поршнів при роботі дизеля 2Д100: 1 – кривошип нижнього колінчатого вала; 2 – шатун; 3 – нижній поршень; 4 – випускні вікна; 5 – обсяг простору стиску (камера стиску); 6 – форсунки; 7 – продувні вікна; 8 – верхній поршень; 9 – шатун

Наприкінці робочого ходу нижній поршень 3 починає відкривати випускні вікна 4 (рисунок 1.1, д), через них і спрямовуються у випускний колектор газів, що відпрацювали. Потім верхній поршень 8 відкриває продувні вікна 7 (рисунок 1.1, е), через які повітря проходить у циліндр, витісняючи газів, що залишилися, і заповнюючи його зарядом свіжого повітря.

Послідовність переміщень нижнього і верхнього поршнів, а також відкриття і закриття випускних і продувних вікон забезпечується завдяки постійному з'єднанню валів вертикальною передачею таким чином, що кожен кривошип нижнього вала зміщений у бік випередження кривошипа верхнього вала цього ж циліндра на  $12^\circ$ . Тому, а також завдяки різноманітній висоті і розміщенню випускних і продувних вікон, нижній поршень відкриває вікна раніше верхнього і раніше їх закриває. Обсяг камери стиску по тій же причині виходить найменшим у той момент, коли нижній поршень перейде в м.т., і кривошип повернеться на  $\sim 6^\circ$ , а верхній поршень не дійде до в.м.т. також на  $\sim 6^\circ$ .

Дизель 2Д100 має зварену раму, з'єднану з блоком, у якому установлені всі вузли і деталі дизеля (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Дизель 2Д100

Блок являє собою суцільнозварну конструкцію, розділену перегородками на окремі порожнини (відсіки). До верхньої частини блоку прикріплений корпус повітродувки, що має усмоктувальну горловину і нагнітальні патрубки, з'єднані з повітряним ресивером. З боку переднього торця блоку встановлені глушители шуму

випуску, з'єднані випускними патрубками з випускними колекторами дизеля. Глушители підтримуються кронштейном і опорою.

До передньої торцевої стінки блоку прикріплений головний масляний насос, водяний насос і другий масляний насос. Усі насоси приводяться до обертання від нижнього колінчатого вала. Насос з'єднаний усмоктувальною стороною через патрубок з піддоном рами, що служить масло збірником, а нагнітальною стороною через фланець із трубою по якій масло через холодильник підводиться через трубу до фланця нижнього масляного колектора дизеля і до верхнього масляного колектора.

Другий масляний насос має меншу продуктивність. Він також засмоктує масло з маслозбірника, але подає його тільки частково в загальний трубопровід. Велику частку масла насос направляє до відцентрового реактивного фільтра. Водяний насос засмоктує воду з холодильника і по нагнітальній трубі подає її в сорочки випускних патрубків. Остудивши дизель, вода переходить у колектор гарячої води, відквіля проходить у холодильник і знову до водяного насосу.

На передній торцевій стінці дизеля вище насосів установлений регулятор частоти обертання із сервомотором і електронепневматичним механізмом керування регулятором.

Відсік верхнього колінчатого вала закритий зверху кришкою з люками. Кришки люків одночасно є запобіжними клапанами у випадку неприпустимого підвищення тиску у відсіках нижнього і верхнього валів і у відсіку вертикальної передачі, з'єднаних між собою. Крім того на всіх кришках нижніх люків лівої сторони дизеля, а також на другій і четвертій кришках повітряного ресивера встановлені круглі запобіжні клапани.

Нижній і верхній колінчаті вали обертаються у корінних підшипниках.

Верхній і нижній вали з'єднані вертикальною передачею, що складається з двох циліндричних валів, еластичної муфти і двох пар конічних шестірень.

З боку відсіку керування на нижньому колінчатому валу укріплений динамічний маятниковий антивібратор і еластичний привід масляного насоса,

водяного насоса і регулятора частоти обертання. Кінець вала за еластичним приводом за допомогою карданного з'єднання через вилку кардана з'єднаний з гідромеханічним редуктором допоміжних механізмів.

Верхній колінчатий вал через еластичний привід і шестірню з'єднаний з нижнім ведучим валом робочого колеса повітря нагнітача. З боку відсіку керування на верхньому колінчатому валу укріплена шпонкою шестірня, що через дві проміжні шестірні з'єднана із шестірнями мулачкових валів паливних насосів дизеля. Шатунні шийки колінчатих валів шатунами зв'язані з нижнім і верхнім поршнями кожного циліндра. Із шийкою вала шатун з'єднаний рознімною голівкою, а з поршнем – нероз'ємною.

Поршні охолоджуються мастилом, що проходить до днища кожного поршня через отвір у стрижні шатуна і його голівку. Пройшовши по спіральному каналі з внутрішньої сторони днища поршня, масло через зливальний патрубок випливає у верхній і нижній відсіки колінчатих валів і через сітки зливається в масло збірник. До шатунів масло подається під тиском, створюваним насосом, з масляної магістралі дизеля, що складається із нижнього масляного колектора, верхнього колектора і вертикальної сполучної труби. Поршні переміщуються у гільзі, встановленої у блоці дизеля.

Завдяки двом поршням, між якими відбувається стиск повітря і горіння палива, гільза розвантажена від подовжніх зусиль і кріпиться тільки двома лапами до нижнього горизонтального листа відсіку верхнього колінчатого вала. Середня частина гільзи має подовжні ребра і кільцеві бурти, на які напресовується сорочка. Між гільзою і сорочкою утвориться простір для охолоджуючої води. Сорочка також підсилює найбільш навантажену частину гільзи.

Верхня частина гільзи і продувних вікон знаходяться у відсіку продувного повітря. Нижня частина гільзи з випускними вікнами розташована у відсіку випускних колекторів і входить у циліндричний отвір випускної коробки. Гази, що відробили, після того як поршень відкриє випускні вікна гільзи, спрямовуються через отвори випускних коробок у два випускних колектори.

У середній частині гільзи по обидва боки дизеля установлені форсунки, через які в циліндр вприскується паливо, подане до кожної форсунки своїм паливним насосом по нагнітальній довгостінній трубці. Плунжери паливних насосів приводяться в рух штовхачами, корпуса яких проходять через порожнини продувного повітря. Кожен штовхач переміщається кулачком вала паливних насосів. Кулачкових валів два – по одному з кожної сторони дизеля. Вони лежать у підшипниках і змазуються мастилом, підведеним по центральному отворі у валу і радіальним отворам, просвердленим проти кожного підшипника. До насосів паливо надходить під тиском, попередньо пройшовши через сітчастий фільтр і потім через фільтр тонкого очищення.

Підтримка необхідної частоти обертання колінчатих валів дизеля і зміна подачі палива здійснюються гідромеханічним регулятором частоти обертання. Гідравлічний сервомотор регулятора за допомогою важелів, стопорної тяги, коромисла подачі палива і тяги управління подачею палива впливає на регулювальні рейки паливних насосів, переміщаючи їх і тим самим збільшуючи чи зменшуючи кількість палива, подаваного насосом через форсунку в циліндр. Керується регулятор установкою рукоятки контролера в необхідне положення. При цьому спрацювають вентилі електропневматичного механізму, що змінюють натягування пружини регулятора і чим установлюють необхідну частоту обертання.

Окремі циліндри можуть бути включені ручними вимикачами повідців рейок паливних насосів. Для екстреної зупинки дизеля необхідно натиснути кнопку вимикання, розташовану з лівої сторони дизеля біля рукоятки повторного включення.

При цьому спрацює механізм автоматичного вимикання дизеля і за допомогою тяг керування установить рейки в положення, при якому плунжери паливних насосів припинять подачу палива. Дизель буде виключений автоматично також у випадку підвищення частоти обертання вала дизеля вище припустимої величини. На механізм буде впливати регулятор граничної частоти обертання, установлений на кінці одного з кулачкових валів паливних насосів. Автоматична зупинка дизеля

відбудеться і при спрацьовуванні електромагніта вимикання регулятора, що припиняє подачу палива паливними насосами при падінні тиску масла в магістралі нижче гранично припустимого. На соленоїд при цьому впливає одне з реле тиску мастила, що розриває ланцюг живлення соленоїда. Таким же шляхом буде зупинений дизель, якщо замість розрідження в картері дизеля виникне тиск. Але ланцюг живлення соленоїда розірве при цьому спеціальний пристрій, змонтований в U-подібному манометрі. Вручну це можна зробити натисканням кнопки, розташованої поруч з U-подібним манометром на стінці кабіни.

Навантаження дизеля тяговим генератором припиняється автоматично, тобто дизель переводиться на холостий хід при температурі води вище 90°C чи при зниженні тиску масла в мастильній магістралі до 1,2 кгс/см<sup>2</sup>, що не викликає аварію, але неприпустимо для нормальної роботи дизеля.

Частоту обертання вала дизеля показує тахометр, вал якого з'єднаний невеликим конічним редуктором із кулачковим валом.

Під час пуску генератор одержує живлення від акумуляторної батареї і працює у режимі електродвигуна. При перших же обертах валу відбувається упорскування палива в циліндри. Як тільки з'являться перші спалахи палива і тиск масла досягне нормальної величини, живлення генератора від акумуляторної батареї припиняється.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика дизеля 2Д100 та його вузла (гілка циліндра у зборі)

№ з.п.	Найменування параметру	Значення
1	2	3
2Д100		
1	Потужність загальна, кВт	1470
2	Ефективна потужність у циліндрі, кВт	147
3	Частота обертання, об/хв	850
4	Середній ефективний тиск, МПа	0,611

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
5	Тиск наддуву, МПа	0,132
6	Ступінь стискання	15,1
7	Коефіцієнт наповнення	0,866
8	Габаритні розміри, мм	6545×1730×3265
9	Маса, кг	19400
Гільза циліндра у зборі		
10	Призначення	Приналежність до дизелів Д100
11	Робочий тиск у камері згорання, МПа	12,5
12	Робочий тиск водяної сорочки, МПа	0,3
13	Габаритні розміри, мм	1690×320
14	Маса, кг	110

Деталлю, обраною для проектування, є гільза циліндра (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Гільза компресора

Гільзу виготовлено із чавуну за ТУ У 35.2-13962568-007:2005 [16, 36].

## 1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів гільзи циліндра (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності даної деталі [17, 22, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Параметри точності гільзи циліндра

№ позер. деталі	Тип поверхні	Розмір з квалітетом		Відхилення		Шорсткість Ra, мкм
		відхиленнями	точності	форми	положення	
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	Ø237 <sub>-0,6</sub>	H6	-	-	40
2	Циліндрична	Ø238 <sub>-0,052</sub>	H7	-	-	1,25
3	Циліндрична	Ø240 <sub>-0,2</sub>		-	-	2,5
4	Колові	Ø240 <sub>-0,105</sub>	H7		-	2,5
5	Колові	Ø242 <sub>-0,205</sub>			$\sqrt{\text{Ш}}$	40
6	Колові	Ø223	H9	0.16	$\sqrt{0,3 \text{ ЧШ}}$	40
7	Циліндрична	Ø 207,2 <sup>+0,29</sup>	H11			20
8	Циліндрична	Ø243 <sup>+0,035</sup>	H11	0.16	$\sqrt{0,3 \text{ ЧШ}}$	40
9	Колові	Ø252 <sup>+0,015</sup>			$\sqrt{4}$	1,25
10	Колові	Ø245 <sub>-0,5</sub>			$\sqrt{0,3 \text{ ЧШ}}$	40
11	Колові	Ø227 <sub>-1,5</sub>			$\sqrt{0,3 \text{ Ч}}$	2,5
12	Циліндрична	Ø276,5 <sub>-0,06</sub>	H6	-	-	1,25
13	Конічна	Ø275 <sub>-0,68</sub>	H6	-	-	40
14	Циліндрична	Ø207 <sup>+0,046</sup>	H7	-	-	20
15	Циліндрична	Ø228	H7		-	40

Проаналізувавши точність параметрів гільзи циліндра, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів і шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 6-ий, а мінімальна шорсткість  $R_a=1,25$  мкм. Вона є досяжною.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні гільзи циліндра у якості матеріалу застосовується високоміцний чавун згідно ТУ У 35.2-13962568-007:2005 [7, 34, 36].

Чавуни для виливок розрізняють за структурою, хімічним складом, призначенням та технологією стирання. За хімічним складом чавуни розрізняють леговані і нелеговані. За технологією отримання розрізняють відливки, що отримані у разових піщаних формах, в оболонкових формах, у металевих формах (кокиль) у піщаних формах, виготовлених за газифікованими моделями, у керамічних формах.

Найбільш універсальним методом отримання заготовок, придатним як для одиничного, так і для серійного виробництва відливок масою від десятків грам до десятків тонн, є метод литва в піщані форми за дерев'яними моделями. Група складності даної заготовки III. Чавун, що використовується, є високоміцним із пластинчастим графітом. Він має перлітну структуру. Хімічний склад основного матеріалу та замінника, що пропонується, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу гільзи циліндра та замінника

Чавун	$\sigma_b$ , МПа	Твердість $HV \cdot 10^{-1}$ , МПа	C	Si	P		Cr	Ni	Mo	Cu	Mn
					не більше	S					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Чавун ТУ У 35.2- 13962568- 007:2005	687	202-255	2,7- 3,1	1,7- 2,0	0,2	0,06	0,3- 0,6	0,9- 1,2	0,5- 0,7	0,3- 0,6	0,8- 1,1

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Сума легуючих елементів Сі, Ні, Мо, Сu, не повинен бути менше, ніж 2,0%											
Чавун	691	202-255	2,9-	1,2-	0,2	0,12	-	-	-	-	0,7-
СЧ-35			3,0	1,5							1,1

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у гільзах циліндра дизельного двигуна у кількості 300 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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.

$$N_{зап} = (300 + 0,04 \cdot 300) \cdot (1 + 0,025) = 320 \text{ (шт.)}.$$

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

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за якими-небудь параметрами не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (за можливості) прийняти міри щодо поліпшення конструкції. Нижче будуть перераховані основні вимоги до технологічності [2].

При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи підгону відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розсадуванням, застосуванням прокладок, що компенсують похибку при встановленні.

Вузол має у своєму складі багато стандартних та уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації.

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{N_{yn}}{n}, \quad (2.1)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{yn}$  – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{52}{67} = 0,77.$$

Коефіцієнт стандартизації:

$$Cm = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.2)$$

де  $n$  – загальна кількість деталей,

$N_{ст}$  – кількість стандартних деталей.

$$C_{ст} = \frac{32}{67} = 0,47.$$

Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. 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 одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

У конструкції вузла передбачено елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць і забезпечують гарне центрування при складанні та спрощують його. Роль компенсаторів і регуляторів відіграють прокладки.

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.

Аналіз на технологічність деталі проводимо у відповідності до вимог на технологічність при автоматизованому виробництві. Результати аналізу заносимо до таблиці 2.1.

Основні вимоги до технологічності штока заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності гільзи циліндра

№ з. п.	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Деталь має зручні технологічні бази: на першій операції механічної обробки – отвір та уступи нижньої площини, на подальших операціях – нижня площина деталі. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки.	
2	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристроями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями: пневматичними або ручними лещатами.	Не потрібні.
3	Отвори у деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь не має глухих отворів.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	У деталях необхідно уникати отворів $L > 8 \dots 10D$ .	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
5	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку.	Не потрібні.
6	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори.	У конструкції деталі застосовуються отвори М6, але збільшити діаметр не дозволяє конструкція.	Не потрібні.
7	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні.
8	Припуски на заготовку повинні бути мінімальні.	Виходячи з виробничої програми і методу стримання заготовки (литво у піщані форми при машинній формовці) припуски на заготовку мінімальні.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
9	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між допуском і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
10	Для автоматизованого складання необхідно застосувати елементи для самовстановлення і центрування поверхонь.	Конструкція гільзи має елементи для самовстановлення і центрування поверхонь – фаски, радіуси закруглень	Не потрібні.

Конструкція гільзи циліндра є технологічною, так як забезпечуються усі експлуатаційні вимоги. При проведенні аналізу виявлено, що деталь відповідає основним показникам технологічності обробки деталей в автоматизованому виробництві.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для масового типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати

виробництво на масовий тип, так як асортимент продукції постійно змінюється. Основною задачею даної роботи є перехід на серійний тип виробництва. Це значить, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. В базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, що мають велику вартість, більшу собівартість налагодження, дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні технологічного процесу необхідно замінити усі агрегатні верстати на верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності у економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих затрат.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.3)$$

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 чергової 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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Можливі варіанти технологічних методів обробки поверхонь циліндра

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість Ra за кресленням	Допуск заготовки, мм (Ra)	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Номер маршруту	Можливі маршрути Обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мм (Ra)	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
								Перехід МТП					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
1	11	-	6.3	40	15	6.3	1.	Фрезерування одноразове		11	6.3	6.3	6.3
2	9	-	3.2	40	15	12.5	1.	Фрезерування чорнове		11	6.3	6.3	12.5
								Фрезерування чистове		9	3.2	2	
3	9	-	3.2	40	15	12.5	1.	Фрезерування чорнове		11	6.3	6.3	12.5
								Фрезерування чистове		9	3.2	2	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
4	9		3.2	40	15	12.5	1.	Фрезерування чорнове	11	6.3	6.3	12.5
								Фрезерування чистове	9	3.2	2	
5	7	0,03	1.6	1,3	15	43,3	1.	Розточування чорнове	11			43,3
								Розточування чистове	8	0,19	6.84	
								Розточування тонке	7	0,046	4,13	
6	7	0,03	1.6	1,3	15	43,3	1.	Розточування чорнове	11	0,19	6.84	43,3
								Розточування чистове	8	0,046	4,13	
								Розточування тонке	7	0,03	1.53	
7	7	0,03	1.6	1,3	15	43,3	1.	Розточування чорнове	11	0,19	6.84	43,3
								Розточування чистове	8	0,046	4,13	
								Розточування тонке	7	0,03	1.53	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
8	11	-	6.3	40	15	6.3	1.	Фрезерування одноразове	11	6.3	6.3	6.3
9	11	-	6.3	40	15	6.3	1.	Фрезерування одноразове	11	6.3	6.3	6.3
10	11	-	6.3	40	15	6.3	1.	Фрезерування одноразове	11	6.3	6.3	6.3
11	12	-	40	-	-	-	1.	Свердління	12	40	-	-
12	12	-	40	-	-	-	1.	Свердління	12	40	-	-
12	6Н	-	10	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	10	-	-
13	6Н	-	10	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	10	-	-
14	12	-	20	-	-	-	1.	Свердління	12	20	-	-
15	12	-	20	-	-	-	1.	Свердління	12	20	-	-
16	11	-	6.3	40	15	6.3	1.	Фрезерування одноразове	11	6.	6.	6.
										3	3	3
17	12	-	20	-	-	-	1.	Свердління	12	20	-	-
29	6Н	-	10	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	10	-	-
30	6Н	-	10	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	10	-	-

#### 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування, призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки гільзи циліндра

Операція	Обладнання	Зміст переходів
1	2	3
000 Заготівельна	Обладнання для формування та відливання	Згідно ТП відливання у піщано-глиняну форму
005 Токарна	Токарно-інторізний верстат 1А64	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Підрізати торець, витримавши розмір 1.</li> <li>2.Точити поверхню, витримуючи розмір 2.</li> <li>3.Точити фаску, витримуючи розміри 3,4.</li> <li>4.Підрізати торець, витримавши розміри 5,6.</li> <li>5.Точити поверхню, витримавши розмір 7.</li> <li>6.Відрізати залишок.</li> <li>7.Відрізати кільце, витримуючи розміри 8,9.</li> <li>8.Точити поверхню, витримуючи розміри 10,11.</li> <li>9.Точити фаску, витримавши розміри 12,13.</li> </ol>
010 Горизонтально-розточна	Спеціальний розточний РТ-471	<p>Встановити послідовно дві деталі, закріпити, зняти.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.Розточити отвір витримавши розмір 1.</li> </ol>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>015 Токарно-копіювальна</p>	<p>Спеціальний гідрокопіювальний РТ-338</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти.</p> <p>1.Точити поверхню, витримуючи розміри по копію.</p> <p>2.Підрізати торець, витримуючи розміри.</p>
<p>020 Розточувальна</p>	<p>Спеціальний розточний РТ-471</p>	<p>Встановити послідовно дві деталі, закріпити, зняти.</p> <p>1.Розточити отвори, витримуючи розмір</p>
<p>025 Токарна</p>	<p>Токарно-гвинтовий 163</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти.</p> <p>1.Підрізати торець, витримуючи розмір.</p> <p>2.Точити фаску, витримуючи розміри.</p> <p>3.Точити фаску, витримуючи розміри.</p> <p>4.Підрізати торець, витримуючи розмір.</p> <p>5.Точити фаску, витримуючи розміри.</p> <p>6.Точити фаску, витримуючи розміри.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>030 Розділово-розточувальна</p>	<p>Спеціальний розділово-розточувальний ОС 9361А</p>	<p>Встановити послідовно дві деталі, закріпити, зняти, огляд на вияв раковин. 1.Розточити дві деталі одночасно у розмір.</p>
<p>035 Токарна</p>	<p>ЧПК мод.ТБМ30 Ф3121</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти. 1.Точити поверхню у розміри по контуру. 2.Підрізати торець з двох боків одночасно у розміри. 3.Точити канавки у розміри. 4.Точити поверхню у розміри</p>
<p>040 Круглошліфувальна</p>	<p>Круглошліфувальний 3А164А</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти. 1.Шліфувати поверхню, витримуючи розмір 2.Шліфувати поверхню, витримуючи розмір. 3.Шліфувати поверхню, витримуючи розмір. 4.Шліфувати поверхню, витримуючи розмір. 5.Шліфувати поверхню, витримуючи розмір.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>045 Агрегатно-свердильна</p>	<p>Агрегатно-свердильний СМ1253</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти.</p> <p>1.Свердлити 4 отвори наскрізь, витримуючи розміри одночасно.</p> <p>Свердлити 2 отвори наскрізь 13,9 під нарізання різьби М16-7Н, витримуючи розміри одночасно.</p> <p>Свердлити 3 отвори наскрізь 26 під нарізання різьби М30х2-6Н, витримуючи розміри одночасно.</p> <p>2.Нарізати різьбу у двох отворах одночасно, витримуючи розмір.</p> <p>Зенкувати три отвори, витримуючи розміри.</p> <p>3.Зенкувати отвір 27,9 наскрізь під нарізання різьби М30х2-6Н у розміри.</p> <p>Зенкувати отвір у розміри.</p> <p>4.Нарізати різьбу у трьох отворах 27,9 одночасно, витримуючи розміри.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>050 Зачистка</p>	<p>Стенд для зачистки</p>	<p>Встановити деталь, закріпити, зняти.</p> <p>1.Шліфувати, витримуючи розмір R0,5 0,1 по всій довжині ребра Ф1,В1,Ц1, розміщення біля кожного отвору Ж1.</p> <p>2.Продути три різьбові отвори Ж1 стиснутим повітрям.</p> <p>3.Протерти деталь.</p>

### 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 проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня Ø50H7(<sup>0,03</sup>) мм.

Результати розрахунку заносимо до таблиці 2.4.

$$\rho_{\text{ВІДЛ}} = \Delta_{\text{П}} \cdot L_{\text{ОТВ}}, \quad (2.5)$$

де  $\Delta_{\text{П}} = 10 \text{ мкм/мм}$  – перекіс отвору при литті;

$L_{\text{ОТВ}} = 9 \text{ мм}$  – довжина отвору.

$$\rho_{\text{ВІДЛ}} = 10 \cdot 9 = 90 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{розт.чорн.}} = 0,05 \cdot 90 = 5 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{\text{розт.чист.}} = 0,03 \cdot 90 = 3 \text{ мкм.}$$

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів при обробці поверхні  $\varnothing 50H7^{+0,03}$  мм деталі

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\text{доп}}$ , мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\text{доп}}$	$D_{\text{max}}$	$2Z_{\text{max}}$	$2Z_{\text{min}}$
Діттво	200	100	90	-	-	49,604	1200	47,80	49,0	-	-
Розточування чорнове	50	50	5	-	780	49,784	190	49,60	49,80	1800	800
Розточування чистове	20	20	3	-	210	49,994	46	49,90	49,95	300	150
Розточування тонке	5	5	-	-	80	50,03	30	50,0	50,030	100	80

Зробимо перевірку розрахунків:

$$2Z_{\text{max}} - 2Z_{\text{min}} = \delta_s - \delta_o, \quad (2.6)$$

$$2Z_{\text{max}} - 2Z_{\text{min}} = (1800 + 300 + 100) - (800 + 150 + 80) = 2200 - 1030 = 1170;$$

$$\delta_s - \delta_o = 1200 - 30 = 1170;$$

$$1170 = 1170.$$

Припуски розраховані вірно.

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків  
 $\text{Ø}50\text{H}7(\text{f}^{+0.03})$  мм деталі

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

Таблиця 2.5 – Припуски на обробку інших поверхонь деталі

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ , мм
1	2	3	4
1	Площина	Фрезерування одноразове	2,5
2	Площина	Фрезерування одноразове	2,5
3	Отвір Ø50H8	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0
4	Площина	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0
5	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
6	Площина	Фрезерування одноразове	3,0

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Пристосування пневматично-затискне, що наведено у графічній частині, служить для кріплення заготовки гільзи циліндра за внутрішньою поверхнею при механічній обробці на металоріжучому обладнанні (токарно-копіювальному напівавтоматі або токарно-гвинторізному верстаті з ЧПК) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Пристосування складається із двох частин. Кріпиться у передню та задню бабки верстату.

Деталь встановлюється на кулачки затискного пристосування. Переміщуючи піньон задньої бабки у крайнє положення до упору плунжера 14 розтискають кулачки 5 і деталь затискається у задній частині затискного пристосування (див. графічну частину). Затискання передньої частини затискного пристосування здійснюється за допомогою пневмоциліндра. Клинь зв'язаний зі штоком пневмоциліндра переміщують плунжера, котрі у свою чергу розтискають кулачки затискного пристосування і надійно фіксують деталь при механічній обробці.

### 3.2 Визначення зусилля затискання

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затискання  $Q$  (рисунок 5.1).

На даній операції 025 максимальна сила різання  $P_z$  при точінні верхньої площини деталі із урахуванням [9] визначиться наступним чином.

Сила  $P_z$  намагається виштовхнути заготовку паралельно циліндричній поверхні закріплення

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де  $t=2,5$  мм – глибина різання;

$S=0,4$  мм/зуб – подача;

$V=61$  м/хв. – швидкість різання;

$K_p=1,09$  – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p=92$ ;  $x=0,4$ ;  $y=0,75$ ;  $n=0,4$  – показники ступеня з урахуванням умов обробки.

Рисунок 3.1 – Розрахункова схема затискового пристосування

Визначаємо силу різання

$$P_z=10 \cdot 92 \cdot 2,5^{0,4} \cdot 0,4^{0,75} \cdot 61^{0,4} \cdot 1,09=154 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо зусилля затиску [3, 14, 26, 41]:

$$Q=P \cdot \operatorname{tg}(\alpha+\gamma) \cdot r / r_1 \quad (3.2)$$

$\operatorname{tg} \alpha$  – коефіцієнт тертя на скосі конуса;

$n$  – число затискних кулачків;

$\eta$  – коефіцієнт що враховує втрати на тертя на напрямній поверхні кулачків;

$\gamma=0,1$ ;  $n=4$ ;  $\eta=0,08$ ;

$$Q=154 \cdot \text{tg}(15+0,1)4/0,08=2078 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Розрахунок слабкої ланки пристосування (поводок) виконаємо відповідно до схеми, зображеної на рисунку 3.1. Маємо наступні початкові дані:

- сила затиску  $Q = 2078 \text{ Н}$ ;

- сила різання  $F_z = 154 \text{ Н}$ ;

- діаметр поводка  $d = 45 \text{ мм}$ .

Розрахуємо слабку ланку на зріз.

$$[\tau_{зр}] \geq \frac{P}{S_{зр}} \quad (3.3)$$

де  $P$  – діюче зусилля, Н

$S_{зр}$  – площа поверхні,  $\text{м}^2$

$$S_{зр} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (3.4)$$

$$S_{зр} = \frac{\pi \cdot (45 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 0,002 \text{ (м}^2\text{)}$$

$$\tau_{зр} = \frac{154}{0,002} = 77000 \text{ (Па)} = 77 \text{ кПа} = 0,1 \text{ МПа}$$

Для сталі 45  $[\tau_{зр}] = 65 \dots 125 \text{ МПа}$ . Отже, умова виконується.

Розрахуємо слабку ланку на згин:

$$\sigma_{зг} = \frac{M}{W} = \frac{P \cdot l}{W} = \frac{P \cdot l}{0,1 \cdot d^3}, \quad (3.5)$$

$$\sigma_{зг} = \frac{154 \cdot 0,120}{0,1 \cdot 0,045^3} = 2,92 \cdot 10^6 \text{ (Па)}.$$

Як відомо

$$[\sigma_{зг}] = (0,35 \div 0,45) \cdot \sigma_6, \quad (3.6)$$

де  $\sigma_6$  – межа витривалості, 600 МПа.

Маємо

$$[\sigma_{зг}] = (0,35 \div 0,45) \cdot 600 = 210 \dots 270 \text{ (МПа)}.$$

Як бачимо, умова міцності із розрахунку на згин також виконується.

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можливо виготовити із заготовок, що отримані різними способами. Одним із основних принципів добору заготовки є спосіб, що забезпечить максимальне наближення форми заготовки до форми готової деталі. В цьому випадку значно зменшуються витрати металу, скорочується механічна обробка та виробничий цикл [8, 31, 49].

Але при цьому у виробництві можуть збільшитись витрати на технологічне обладнання і оснастку, їх ремонт та обслуговування. Тому слід проводити техніко-економічний аналіз заготівельного і оброблювального виробництва.

Для порівняння беремо два методи виготовлення заготовки:

- литво в піщано-глиняні форми;
- литво в кокіль.

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виготовлення вилівка, грн., визначається за формулою [7]:

$$C_3 = m_{заг} \cdot \frac{S_{заг}}{1000} \cdot k_{ТВ} \cdot k_{СВ} \cdot k_{МВ} \cdot k_{ГМВ} \cdot k_{СТ} - (m_{заг} - m_{Д}) \cdot \frac{S_{ВДХ}}{1000}, \quad (4.1)$$

де  $m_{заг}$  – маса деталі, кг;

$m_{Д}$  – маса деталі, кг;

$S_{заг}$  – базова вартість однієї тонни вилівоків, виготовлених з базового матеріалу, грн;

$S_{ВДХ}$  – вартість однієї тонни стружки, грн;

$k_{ТВ}$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності при литві;

$k_{СВ}$  – коефіцієнт, що залежить від технологічної складності вилівка;

$k_{MB}$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу виливка;

$k_{ГМВ}$  – коефіцієнт, що залежить від маси виливка і програми річного замовлення (групи серійності);

$k_{СТ}$  – коефіцієнт, що залежить від відносного стоншення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною.

При розрахунку техніко-економічного аналізу виготовлення заготовок рекомендовано ціни брати із джерела [1]. Отже, ціни у гривнях:  $S_{ЗАГ} = 40000$  грн.;

$S_{ВІДХ} = 3500$  грн.

#### Литва у гіщано-глиняні форми:

- клас точності розмірів та маси при литві – 6;
- ряд припусків – 2;
- найменша товщина стінок 5...8мм;
- шорсткість поверхні  $R_a = 2,5...3,2$  мкм;
- коефіцієнт використання матеріалу заготовки буде становити:

$$m_{ЗАГ} = m_d \cdot k_i, \quad (4.2)$$

$$m_{ЗАГ} = 77 / 0,8 = 96 \text{ (кг)},$$

де  $m_d$  – маса деталі ( $m_d = 77$  кг);

$k_i$  – коефіцієнт використання матеріалу.

Коефіцієнти знаходимо за [7]:

- для 3 – го класу точності виливка  $k_{ТВ} = 1$ ;
- для 2 – ї групи складності виливка  $k_{СВ} = 0,81$ ;
- для чавуну  $k_{МВ} = 0,94$ ;
- для 4 – ї групи серійності виливків  $k_{ГМВ} = 1,04$ ;
- $k_{СТ} = 1$ .

$$C_3 = 96 \cdot (40000 / 1000 \cdot 1 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1) - (96 - 77) \cdot 3500 / 1000 = 2974 \text{ (грн.)}.$$

### Литво в кокіль:

- клас точності розмірів та маси при литві у кокіль – 5т за [7];
- ряд припусків – 1;
- найменша товщина стінок  $2 \dots 8$ мм;
- шорсткість поверхні  $R_a = 3,2 \dots 1,6$ мкм;
- коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,9.

При литві у кокіль маса заготовки буде становити:

$$m_{\text{ЗАГ}} = 77 / 0,85 = 90,6 \text{ кг}$$

Коефіцієнти знаходимо за [7]:

- для класу точності вилівка  $k_{\text{ТВ}} = 1,32$ ;
- для 3 – ї групи складності вилівка  $k_{\text{СВ}} = 0,81$ ;
- для алюмінієвого стопа  $k_{\text{МВ}} = 0,94$ ;
- для 4 – ї групи серійності виливків  $k_{\text{ПМВ}} = 1,04$ ;
- $k_{\text{СТ}} = 1$ .

$$C_3 = 90,6 \cdot (40000 / 1000 \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1) = (90,6 - 77) \cdot 3500 / 1000 = 3740 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект при виборі литва у піщано-глиняні форми буде становити:

$$E = (3740 - 2974) \cdot 300 = 229800 \text{ (грн.)}$$

#### **4.2 Технічні та організаційні заходи із охорони праці**

У системі заходів із охорони праці першочергове значення мають заходи з техніки безпеки, спрямовані на забезпечення безпечних умов роботи [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Проведемо розрахунок загального освітлення цеху лампами ДРЛ 250. Даний розрахунок має на меті визначення кількості світильників, що забезпечують необхідне значення освітленості.

Розраховуємо загальне рівномірне освітлення приміщення  $70 \times 36 \times 10$  м з освітленістю 200 лк. Коефіцієнти відбиття: підлоги – 50%, стін – 30%, стелі – 10%.

За даними вищезаведених довідкових джерел обираємо характеристику лампи ДРЛ 250. Це ртутна лампа високого тиску із світловим потоком  $\Phi_{\text{ДРЛ}}=24000$  лм та середньою тривалістю горіння 10000 годин, потужністю 250 Вт, напругою на лампі 130 В. Визначимо індекс приміщення:

$$i = \frac{\eta l}{h(b+i)}, \quad (4.3)$$

де  $b$  – ширина приміщення,  $b=70$  м;

$l$  – довжина приміщення,  $l=36$  м;

$h$  – висота підвісу світильників над робочою поверхнею:

$$h = h_{\text{пр}} - h_{\text{рп}} - h_{\text{с}}, \quad (4.4)$$

де  $h_{\text{пр}}$  – висота приміщення,  $h_{\text{пр}}=10$  м;

$h_{\text{рп}}$  – висота робочої поверхні,  $h_{\text{рп}}=0,8$  м;

$h_{\text{с}}$  – відстань від світильників до стелі,  $h_{\text{с}}=2,1$  м.

$$h = 10 - 0,8 - 2,1 = 7,1 \text{ м}$$

$$i = 70 \cdot 36 / 7,1(70 + 36) = 3,35.$$

За отриманим значенням індексу приміщення обираємо коефіцієнт використання світлового потоку  $\eta$ . Приймаємо  $\eta=59\%$ .

Світловий потік:

$$\varphi = \frac{E \cdot S_n \cdot z \cdot K_3}{\eta}, \quad (4.5)$$

де  $S_n$  – площа освітлювального приміщення,  $m^2$ :

$$S_n = 70 \cdot 36 = 2520 \text{ м}^2;$$

$K_3$  – коефіцієнт запасу для світильників. Приймаємо  $K_3 = 1,5$ .

$Z$  – коефіцієнт нерівномірності освітленості, рівний відношенню середньої освітленості горизонтальної робочої поверхні  $E_{cp}$  до її мінімальної освітленості  $E$ :

$$z = \frac{E_{cp}}{E} = 1,1 \dots 1,3 \quad (4.6)$$

Приймаємо  $z = 1,15$ .

Отже, підставивши до (4.5), маємо:

$$\varphi_n = 300 \cdot 2520 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,5 / 0,59 = 2210338,9 \text{ (лм)}.$$

Визначимо необхідну кількість ламп.

$$n = 2210338,9 / 24000 = 92 \text{ (шт.)}.$$

Проаналізувавши типи світильників, приймаємо світильник «Астра-3» РСПО1х125/ДО317.

Світильники розташовуємо паралельно прольоту.

### 4.3 Вплив відпрацьованих газів дизеля на довкілля

Забруднення навколишнього середовища токсичними компонентами відпрацьованих газів призводить до значних економічних втрат у господарстві. Саме токсичні речовини викликають збої у рості рослин. Це сприяє зниженню врожайності, а також втратам у тваринництві. Шкідливому впливу підлягають господарства, що розташовані поблизу крупних міст, а також транспортних магістралей. Відпрацьовані гази сприяють прискореному руйнуванню гумових та пластикових виробів. До числа токсичних компонентів відпрацьованих газів, що чинять негативний вплив на довкілля відносять: окис вуглецю, вуглеводні, окиси азоту, сажа та свинцеві сполуки.

Вплив окислів азоту неможливо послабити жодними нейтралізуючими засобами. Вони у поєднанні із водяними парами утворюють азотну кислоту. Ця кислота руйнує легеневі тканини. Призводить до хронічних захворювань. Подразнює слизову оболонку ока.

Вуглеводні, що згоріли частково і потрапили до атмосфери із відпрацьованими газами, являють собою суміш кількох хімічних з'єднань. Ця суміш має неприємний запах. Вона є причиною більшості хронічних захворювань. Бензопирен, що володіє канцерогенними властивостями, є найбільш небезпечним.

Деякі ароматичні вуглеводні мають сильні отруйні властивості. Вони впливають на процес кровотворення, центральну нервову та м'язову системи. Двоокис сірки також викликає шкідливий вплив на людські органи. Він діє як подразник на кровотворення, кістковий мозок та селезінку.

До основних факторів забруднення повітря відноситься неповне та нерівномірне згорання палива, зокрема дизельного. Саме тому підвищення якості згорання палива, а також використання пристроїв очищення вихлопних газів (наприклад циклон-електрофільтрів) є актуальною науково-технічною задачею.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла, що застосовується у складі дизельного двигуна для транспортування зернових культур підприємств сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз гільзи циліндра. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь гільзи циліндра. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 50H7^{(+0,05)}$  мм розрахунково-аналітичним методом. На інші поверхні деталі припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки точінням зовнішніх поверхонь гільзи циліндра. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, а також проведено розрахунки слабкої ланки пристосування на зріз та згин.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки гільзи циліндра поршня ДБЗ. Річний економічний ефект для програми випуску 300 шт склав 229800 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки із охорони праці. Розглянуто шкідливий вплив відпрацьованих газів дизельного двигуна на довкілля.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик гільзи циліндра у зборі, робочий кресленик гільзи циліндра, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції зовнішнього точіння.