

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: «Організація виробництва вставки поршня дизельного
двигуна внутрішнього згоряння»

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]
БИБИК Станіслав

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Дизельні двигуни знаходять найбільш різноманітне застосування у сільському господарстві, завдяки особливостям роботи за умов, коли важливіше не швидкість, а тягова потужність при невеликих обертах валу. Окрім цього, витрати на паливо для них набагато нижчі, ніж для бензинових.

Саме тому розробка та удосконалення конструкцій дизельних двигунів внутрішнього згоряння, що застосовуються під час сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме вставка, є складовою частиною поршня, що працює у складі дизельного двигуна внутрішнього згоряння.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є поршень дизельного двигуна внутрішнього згоряння, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення вставки, що входить до його складу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом, а також табличним методом;
- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу, розрахувати слабку ланку на міцність;

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

У даній кваліфікаційній роботі на розгляд виноситься поршень у зборі дизельного двигуна внутрішнього згоряння (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Поршень дизельного двигуна внутрішнього згоряння

Поршень цільнолитий складається з двох основних частин: стакану 9 і вставки 1. Поршень виготовляється із сірого чавуну і має на боковій зовнішній поверхні шість канавок. Чотири канавки для компресійних кілець розташовані у

верхній частині поршня, а дві останні для маслоз'ємних кілець – у нижній. Поверхня камери згоряння полірується і хромується.

Форма дна поршня забезпечує найбільш повне згоряння палива. Опорний бурт верхньої частини поршня передає на нижню частину і вставку зусилля від тиску газів. Циліндрична частина поршня для покращення спрацьованості покривається шаром олова.

Вставка 1 поршня (рисунок 1.2) виготовляється із алюмінієвого сплаву. Положення вставки у поршні фіксується двома опорними поясами у верхній і нижній частині. Осьове переміщення вставки обмежується пружинним стопорним кільцем 10, встановленим у кільцеву проточку нижньої частини поршня. Прокладки 6 і 8 призначені для регулювання величини лінійного стискання. Бронзова прокладка 6 встановлюється зверху на сталю прокладку 8. Положення прокладок відносно вставки фіксується гвинтом 5.

Поршневий палець 3 плаваючого типу, порожнистий, виготовлений із легованої сталі. Палець встановлений у сталевих втулках 4, маючих заливку з свинцевої бронзи. Втулки 4 стопоряться у бобишках вставки гвинтами 13. Осьове переміщення пальця обмежує внутрішній пояс нижньої частини поршня.

У чотири канавки поршня встановлюється компресійні кільця 11, виготовлені з високостійкого чавуну із хромованою робочою поверхнею. Маслоз'ємні кільця 12 із прямим замком виготовлені з легованого чавуну. Мастило, яке знімається кільцями із дзеркала втулки, при русі поршня вниз стікає по отворах «f» у картер дизеля.

Поршень охолоджується мастилом, яке надходить із верхньої головки шатуна. Масло в порожнину «а» вставки перетікає через стакан 9, який щільно притиснутий до верхньої головки шатуна пружиною 7. Із мастильної порожнини «а» по каналу «b» мастило потрапляє у порожнину «d», охолоджує дно поршня, після чого перетікає у порожнину «с», охолоджує пояс компресійних кілець і попадає по каналам «g» у вставці поршня у картер дизеля.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вставка (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Вставка

Для виготовлення даної деталі використовують алюмінієвий сплав АК6 за ДСТУ 3211:2009.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Вставка» заповнюємо таблицю 1.1 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.2 – Аналіз параметрів точності

Таблиця 1.1 – Аналіз точності деталі «Вставка»

№ пов.	Назва поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				Форми	Розташ.	
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична поверхня	$\varnothing 200 \begin{pmatrix} -0.17 \\ -0.216 \end{pmatrix}$	d8	—	—	2,5
2	Торець	$200 \begin{pmatrix} -0.46 \end{pmatrix}$	h12	—	—	6,3
3	Отвір	$\varnothing 105 \begin{pmatrix} +0.035 \end{pmatrix}$	H7	—	× 0,02 Ж ◎ 0,02	2,5
4	Торець	$166 \begin{pmatrix} -0.25 \end{pmatrix}$	h11	—	/// 0,05 Г	2,5
5	Торець	$200 \begin{pmatrix} -0.46 \end{pmatrix}$	h12	—	—	2,5
6	Циліндрична поверхня	$\varnothing 100 \begin{pmatrix} -0.12 \\ -0.174 \end{pmatrix}$	d8	—	—	6,3

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
7	Отвір	$\varnothing 56 \left(\begin{smallmatrix} +0.74 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$	H14	—	—	6,3
8	Отвір	$\varnothing 55 \left(\begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$	H7	—	—	2,5
9	Отвір	$\varnothing 31,5$	H14	—	—	6,3
10	Поверхня	8	H14	—	—	6,3
11	Поверхня	180	H14	—	—	6,3
12	Поверхня	90,8	H14	—	—	6,3
13	Торець	25	h14	—	—	6,3
14	Торець	137	h14	—	—	6,3
15	Циліндрична поверхня	$\varnothing 162 \left(\begin{smallmatrix} 0 \\ -0.63 \end{smallmatrix} \right)$	h13	—	—	2,5
16	Поверхня	147	H14	—	—	6,3
17	Поверхня	184	H14	—	—	6,3
18	Поверхня	R75	H14	—	—	6,3
19	Отвір	$\varnothing 10$	H14	—	—	12,5
20	Поверхня	150	H14	—	—	6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі зроблено висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 8. Найнижча шорсткість $R_{a2,5}$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного підприємства.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вставка поршня виготовлена із алюмінієвого сплаву АК6 за ДСТУ 3211:2009. Взагалі алюмінієві сплави для виливків розрізняють за структурою, хімічним складом, призначенням та технологією отримання. Сплав АК6 має хімічний склад, що вказаний у таблиці 1.2. У цій же таблиці наводимо матеріал-замінник [24, 37].

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад, %							
	Fe	Si	Mg	Mn	Cu	Ni	Ti	Zn
AK6	0,7	0,7...1,2	0,4...0,8	0,4...0,8	1,8...2,6	0,1	0,1	0,3
AK4	0,8...1,3	0,5...1,2	1,4...1,8	0,2	1,9...2,5	0,8...1,3	0,1	0,3

Технологія отримання виливків різноманітна вона поділяється на: литво у піщані форми, литво за витоплюваними моделями, литво у кокіль, литво під тиском. Так як заготовка вставки має складну форму, досить жорстку вимогу до базових поверхонь, які повинні бути чистими та гладкими вже у виливку, то найбільш універсальним методом її отримання є метод литва у кокіль.

Механічні властивості матеріалу вставки та замітника заносимо у таблицю 1.3.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу та матеріалу-замінника вставки

Марка матеріалу	Механічні властивості			
	Вздовж напрямлення волокон			Твердість HB
	σ_v , МПа	σ_m , МПа	δ , %	
AK6	285...375	265...325	8...12	95...100
AK4	335...375	260...275	3...8	100...120

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях поршня у кількості 1000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути. Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (1000 + 0,04 \cdot 1000) \cdot (1 + 0,025) = 1066 (\text{шт.}).$$

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

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

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

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

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

Вимоги до технологічності базуються на таких принципах, як досягнення мінімальної кількості операційних переходів, максимальної концентрації переходів, що призводить до зменшення номенклатури дорогого обладнання. Усі ці фактори мають суттєвий вплив на собівартість виготовлення деталей та заготовок.

Вузол має у своєму складі стандартні та уніфіковані деталі, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації:

Коефіцієнт стандартизації:

$$C_m = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.1)$$

де n – загальна кількість деталей,

N_{cm} – кількість стандартних деталей.

$$C_m = \frac{1}{12} = 0,1.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$V = \frac{N_{yn}}{n}, \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$V = \frac{8}{12} = 0,7.$$

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться із метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість нестандартизованих та унікальних трудомістких деталей [23].

Отже конструкція даного вузла вважається технологічною та придатною для виготовлення, застосування та експлуатації.

Технологічність конструкції поршня суттєво впливає на технологічність процесу виготовлення даної деталі. Ця деталь повністю відпрацьована для виготовлення в умовах серійного виробництва, оскільки витрати на налагодження

верстатів будуть порівняно невисокі з економією матеріалу. Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі заносяться до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність вставки

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Так, є. Технологічно.	При обробці деталей базується центровими отворами та торцем.
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Не потрібно.	Деталь достатньо жорстка.
3	Наявність глухих отворів	Ні. Технологічно.	Деталь не має глухих отворів.
4	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробити?	Ні. Технологічно.	-
5	Наявність отворів глибиною більше за 8D?	Так, є. Нетехнологічно.	Обумовлено конструкцією.
6	Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, можлива.	-
7	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45° чи 90°?	Ні, немає.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
8	Чи є отвори, що не перпендикулярні поверхні?	Ні, немає.	-
9	Чи є різьби менші, ніж М6?	Ні, немає.	-
10	Чи від однієї технологічної бази проставлені розміри?	Так. Технологічно.	-
11	Чи є великі перепади діаметрів?	Ні, немає.	-

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При виготовленні заготовки вставки використовується литво у кокіль. Цей метод дозволяє отримати заготовку досить точну і з малою шорсткістю поверхні (12 квалітет, шорсткість $R_z=10\ldots 20$ мкм). Використання цього методу дає змогу зменшити подальшу механічну обробку.

При використанні універсальних верстатів застосовувався звичайний різальний інструмент. Нами пропонується використовувати спеціальні верстати і верстати із ЧПК. Вони дозволяють використовувати прогресивний різальний інструмент. При цьому можливе швидке переналагоджування верстатів на виготовлення інших деталей. Запропоновано до використання затискне пристосування на токарну операцію.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість за кресленням, Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Загальне уточнення	Квалітет заготовки	Можливі маршрути обробки		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
1	2	3	4	5	6	7	№ переходу	Перехід МОП	10	11	12	13
												6,39
												2,5
												9,99
												4
												6,48
												2,57
												9,99

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
												2,58
												2,5
												2,5
												2,53
												2,4
												2,5
												3,97
												2,5
												1,93
												2,5
												2,5

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки вставки

№ опер.	Обладнання	Номер і зміст переходу
1	2	3
005	Лиття в кокіль	
010	16K20	
015	1П756ДФ3	
020	6Р13Ф3-01	
025	6Р13Ф3-01	
030	1П756ДФ3	
035	6Р13Ф3-01	
040	6Р13Ф3-01	
045	1П756ДФ3	
050	1П756ДФ3	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
055	2P135Ф2	
060	Верстак слюсарний	
065	278Н	
070	Стіл ВТК	

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 поверхня $\varnothing 100d8$ мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.6)$$

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, а графічне зображення розмірів – рисунок 2.1

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_{\text{з}} - \delta_{\text{д}} \quad (2.7)$$

$$13120 - 8174 = 5000 - 54;$$

$$4946 = 4946.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями. Отримані результати по усіх поверхнях заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 100 \pm 0,08$ мм

Технологічний перехід	Величина, що визначається, мкм				$2Z_{\min}$, мкм	d_p , мм	Допуск на розмір, δ , мкм	Граничний розмір, мкм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	H	ρ	ε_y				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка											
Розт. чорн.											
Точіння напівчистове											
Сума										8174	13120

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків
на обробку поверхні $\varnothing 100d8$ мм

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм
1	2	3	4
1	Циліндрична поверхня	Обточування чорнове	1
		Обточування чистове	2
2, 5	Торець	Обточування чорнове	3
		Обточування чистове	3
3	Отвір	Свердління	51
		Розточування попереднє	1,1175
		Розточування чистове	0,118
4	Торець	Обточування чорнове	2
		Обточування чистове	4
6	Циліндрична поверхня	Обточування чорнове	4
		Обточування чистове	1

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
7	Отвір	Розточування одноразове	0,715
8	Отвір	Свердління	27,5
		Розточування чистове	0,022
9	Отвір	Свердління	12,5
		Розточування чистове	3,25
10	Поверхня	Розточування чистове	1
11	Поверхня	Обточування чорнове	1,5
		Фрезерування	12
12	Поверхня	Фрезерування	6,4
13	Торець	Обточування чистове	1
14	Торець	Обточування чистове	1,5
15	Циліндрична поверхня	Обточування чистове	2
16, 18	Поверхня	Фрезерування	6
17	Поверхня	Розточування чистове	0,5
19	Отвір	Свердління	4,5
20	Поверхня	Фрезерування	6

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки вставки циліндра розробляємо конструкцію затискного пристосування для свердлильно-розточувальної операції, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування затискне (рисунок 3.1) розроблено на токарну операцію 050. Корпус 2 з'єднаний із планшайбою 1 шістьма гвинтами 7. У втулку 6, яка закріплена в планшайбі встановлена тяга 1. Тяга в свою чергу з'єднана із валом 5, який підпирається гвинтом 8.

Принцип дії затискного пристосування полягає у тому, що деталь, у нашому випадку – вставка, надівається на вал. Його розмір повинен чітко співпадати із розміром отвору вставки, щоб завадити перекосу деталі при обробці. Потім у циліндричний отвір вставки встановлюється палець 5. При дії тяги палець прижимається до поверхні отвору вставки, таким чином щільно притискає деталь до корпусу пристосування. Деталь закріплена надійно.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Під час визначення зусилля затиску використовуємо літературні джерела [12, 36, 38, 39].

На даній операції (050) максимальна сила різання P_z при чистовому точінні поверхонь деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iY}$:

$$F_{TP} - K \cdot P_z = 0, \quad (3.1)$$

$$F_{TP} = Q \cdot f_{TP}, \quad (3.2)$$

де $f_{TP}=0,1$ – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$Q \cdot f - K \cdot P_z = 0.$$

Звідки

$$Q = \frac{K \cdot P_z}{f_{TP}},$$

де $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ - коефіцієнт запасу.

$K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,05$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує затушення PI ;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,0$ – коефіцієнт, який враховує постійність сили затискання;

$K_5 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,0$.

Тоді: $K = 1,5 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,268$.

Розрахуємо силу різання при точінні за формулою:

$$P_Z = 10 \cdot C_P \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_P; \quad (3.3)$$

де: $C_P = 40$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$.

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_P = K_{mP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}, \quad (3.4)$$

де: $K_{mP} = 1,08$; $K_{\phi P} = 1,0$; $K_{\gamma P} = 1,1$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{\tau P} = 0,87$.

Тоді: $K_P = 1,08 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,87 = 1,03$.

$$P_Z = 10 \cdot 40 \cdot 1^{1,0} \cdot 0,2^{0,75} \cdot 123,18^0 \cdot 1,03 = 123,22 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$Q = \frac{123,22 \cdot 2,268}{0,1} = 2795 \text{ (Н)} \approx 2800 \text{ (Н)}.$$

Зі схеми розташування сил (рисунок 3.2) необхідно розрахувати f – стрілку прогину. Так як на палець діє сила тяги Q , що прикладена в центрі, то сили які прикладені в точках А і В будуть рівні, тобто $R_A = R_B = Q/2 = 2800/2 = 1400 \text{ Н}$.

Рисунок 3.2 – Розташування сил

Таким чином для розрахунку стрілки прогину виконаємо наступне.

1. Знайдемо геометричну характеристику круглого перерізу

$$W_x = \frac{\pi \cdot D^4 / 64}{D/2} = \frac{\pi \cdot D^3}{32} = \frac{3,14 \cdot 4^3}{32} = 62,80 \text{ (см}^3\text{)} \quad (3.5)$$

де W_x – момент опору перерізу при згинанні;

D – діаметр пальця.

2. Визначаємо допустимий момент:

$$M_{\text{доп}} = [\sigma] \cdot W_x = 10 \cdot 62,80 \cdot 10^{-6} = 0,63 \cdot 10^{-3} \text{ (МН} \cdot \text{м)} = 0,63 \text{ (кН} \cdot \text{м)} \quad (3.6)$$

де $[\sigma] = 10 \text{ МПа}$ – допустиме напруження.

3. Розраховуємо зовнішнє навантаження:

$$M_{\text{доп}} = \frac{Q \cdot l^2}{8} - \frac{F \cdot l}{4} = 630 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (3.7)$$

де $Q = 2800 \text{ Н}$ – сила притискання;

$l = 178 \text{ мм}$ – довжина пальця.

$$\frac{2800 \cdot 0,178^2}{8} + \frac{F \cdot 0,178}{4} = 630 ;$$

$$F = (630 - 11,09) / 0,0445 = 13908,09 \text{ (Н} \cdot \text{м)} \quad (3.8)$$

4. Знаходимо стрілку прогину:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} = \frac{13908,09 \cdot 0,178^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^5 \cdot 274450 \cdot 10^{-8}} = 2,8 \cdot 10^{-5} \text{ м} = 0,28 \text{ (мм)} \quad (3.9)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа – модуль пружності для сталі;

$I = 274450 \cdot 10^{-8} \text{ см}^4$ – відцентровий момент інерції.

$$[f] = 0,3 > f = 0,28.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра.

Для даного пристосування можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.10)$$

де i – передавальне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування $i=1$.

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 2800 \text{ (Н)}$.

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p}{4} \cdot \eta, \quad (3.11)$$

з цієї формули визначимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}. \quad (3.12)$$

де D – діаметр поршня;

$\eta=0,9$ – ККД пневмоциліндра;

$p=0,6$ МПа – тиск, що подається у пневмоциліндр.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2800}{3,14 \cdot 0,6 \cdot 0,9}} = 81,3 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D=80$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки

У процесі експлуатації деталі пристосування піддаються значним навантаженням. Однією з найбільш навантажених деталей є палець, так як він сприймає на себе навантаження, що діють на зріз у двох площинах. Тому умова міцності на зріз матиме вигляд:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{A} \leq [\tau], \quad (3.13)$$

де $F=13908,09$ Н – зусилля, що діє на палець;

A- площа поперечного перерізу пальця;

$[\tau] = 70$ МПа – допустиме напруження на зріз.

Отже:

$$\tau_{3P} = \frac{F}{\frac{\pi \cdot d^2}{4}} = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d^2},$$

де $d=40$ мм – діаметр пальця;

$$\tau_{3P} = \frac{4 \cdot 13908,09}{3,14 \cdot 40^2} = 11,07 \text{ (МПа)}.$$

У результаті розрахунку $\tau_{3P} = 11,07 \text{ МПа} < [\tau] = 70 \text{ МПа}$, отже міцність деталі забезпечена.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки вставки поршня: литво у кокіль та литво під тиском [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом під тиском:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{k_i}, \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг ($Q_{\text{д}} = 6,2$ кг);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу ($k_i = 0,7$ – при литві під тиском, $k_i = 0,6$ – при литві у кокіль).

$$Q_{\text{заг}} = \frac{6,2}{0,7} = 8,9 \text{ кг}.$$

При отриманні деталі литвом у кокіль, маса заготовки буде становити:

$$Q_{\text{заг}} = \frac{Q_{\text{д}}}{k_i} = \frac{6,2}{0,6} = 10,3 \text{ кг}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість литої заготовки під тиском [5, 30, 49]:

$$C_{\text{в}} = 0,001 [C_{\text{бв}} \cdot Q_{\text{заг}} \cdot K_{\text{тв}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мв}} \cdot K_{\text{пмв}} \cdot K_{\text{ст}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{дет}}) C_{\text{вх}}], \quad (4.2)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки;

$C_{\text{бв}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{бв}}=290000$ грн. [1];

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1т відходів, $C_{\text{вх}}=73000$ грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності: $K_{\text{ТВ}}=1,64; 1,45;$

б) залежно від маси виливка: $K_{\text{ПМВ}}=1,2;$

в) залежно від групи складності: $K_{\text{СВ}}=0,65;$

г) залежно від матеріалу: $K_{\text{МВ}}=1,0;$

д) залежно від відносного потоншення основних стінок: $K_{\text{СТ}}=1,0.$

Визначаємо собівартість при литві під тиском:

$$C_{\text{в}}=0,001(290000 \cdot 8,9 \cdot 1,64 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (8,9 - 6,2) \cdot 73000) = 3104,5(\text{грн.})$$

Визначаємо собівартість при литві у кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(290000 \cdot 10,3 \cdot 1,45 \cdot 1,2 \cdot 0,65 \cdot 1,0 \cdot 1,0 - (10,3 - 6,2) \cdot 73000) = 3078,9(\text{грн.}).$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни виливка, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво в кокіль. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (3104,5 - 3078,9) \cdot 1000 = 25600 \text{ грн.}$$

Остаточню приймаємо спосіб виготовлення виливка деталі – литво в кокіль.

4.2 Розрахунок заземлення

Захисне заземлення – це навмисне з'єднання із землею металевих частин обладнання, які в звичайних умовах знаходяться не під напругою, але можуть опинитися під напругою при порушенні ізоляції електроустановок. Захисне заземлення призначається для захисту від ураження електричним струмом в електроустановках напругою до 1000 В змінного струму з ізолюованою нейтраллю та постійного струму з ізолюованою середньою точкою, а також із напругою, вищою ніж 1000 В, змінного і постійного струмів із будь-яким режимом нейтралі [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Рисунок 4.1 – Заземлення електроустановки у мережі трифазного струму:

а – із глухо заземленою нейтраллю; б – з ізолюованою нейтраллю

В електроустановках напругою до 1000 В із глухо заземленою нейтраллю трансформаторів (або генераторів) захисне заземлення виконують приєднанням частин установки, що заземлюють, до заземленого нейтрального проводу електромережі. При ушкодженні ізоляції створюється коротке замикання однієї фази трансформатора (чи генератора) через нейтраль (рисунок 4.1, а) та електроустановка автоматично відключається.

В електроустановках напругою до 1000 В з ізолюованою нейтраллю трансформаторів (або генераторів), а також у всіх установках напругою, вищою за 1000 В, захисне заземлення виконують шляхом спорудження місцевого заземлюючого пристрою з малим опором, до якого приєднують заземлюючі

частини установки (рисунок 3.1, б). Опір місцевого заземлюючого пристрою нормується згідно з «Правилами устроюства електроустановок» (далі ПУЕ).

Фізична суть захисного заземлення полягає в тому, що навмисно створене між металевим корпусом устаткування та землею електричне з'єднання має досить малий опір порівняно з тілом людини. Цей опір дозволяє знизити силу струму, що проходить через тіло людини, до допустимого значення.

Відповідно до вимог ПУЕ найбільш допустимий опір заземленого пристрою установок напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю складає 10 Ом при сумарній потужності джерел живлення даної мережі не більше 100 кВА та 4 Ом – в інших випадках. Заземлення бувають двох видів – природним та штучним.

Природні – прокладені в землі водопровідні й інші металеві трубопроводи без ізоляції (крім трубопроводів із горючими речовинами), обсадні труби свердловин, металеві та залізобетонні конструкції підземної частини будівель і споруд, свинцеві оболонки кабелів та інші конструкції.

Розрахунок таких заземлень можливо виконувати за допомогою спеціально розроблених номограм, які враховують питомий опір ґрунту, довжину і діаметр трубопроводу або оболонки кабелю.

Штучне заземлення – система вертикальних та горизонтальних електродів, котрі закопують чи забивають у землю.

Конструктивні вимоги до системи заземлення електроустановок. Для вертикальних електродів використовують сталеві стрижні діаметром 10-16 мм, довжиною до 5 м або кутову сталь із товщиною полиці, не меншою ніж 4 мм та довжиною до 3 м. Улаштовують штучні заземлення в ряд чи по контуру. З метою усунення взаємного екранування відстань між вертикальними електродами повинна бути не меншою від їх довжини.

Для зв'язку між собою вертикальних заземлень або як самостійні заземлення використовують горизонтальні електроди – круглу сталь діаметром, не меншим за 10 мм, чи сталеві смуги перерізом, не меншим ніж 40 мм, і товщиною, не меншою від 4 мм.

Для монтажу заземленого пристрою з вертикальних та горизонтальних електродів спочатку викопують траншею глибиною 0,7-0,8 м. Вертикальні електроди забивають таким чином, щоб верхній кінець виступав над дном траншеї на 0,1-0,2 м для можливості з'єднання з горизонтальними електродами.

t_2 – глибина закладання горизонтального електрода $t_2=0,6$ м.

t_1 – глибина закладання вертикального електрода – відстань від поверхні землі до середини вертикального електрода $t_1=l/2+t_2$ м.

Розміри електродів, відстань між ними, конфігурація заземлюючого пристрою визначаються розрахунком.

Вертикальні електроди можуть розміщуватися в ряд чи по контуру.

При цьому необхідно дотримуватись умови, щоб відстань між вертикальними електродами була не меншою від їх довжини.

Як штучне заземлення застосовуємо сталеві прутки діаметром 50 мм і довжиною 5 м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода, використовуємо смугову сталь перетином 4×12 мм.

Визначаємо опір розтіканню струму одиночного вертикального заземлення по формулі:

$$R_v = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l) \cdot (\ln(2 \cdot l / d) + 0,5 \ln((4 \cdot t + l) / (4 \cdot t - l))) \text{ Ом}; \quad (4.3)$$

де l – довжина заземлення, м;

d – діаметр прутка = 12 мм;

t – глибина закладення половини заземлення, м;

ρ - розрахунковий питомий опір ґрунту, Ом·м.

$$\rho = \rho_{зм} \cdot \psi, \quad (4.4)$$

де $\rho_{зм}$ – питомий опір ґрунту = 500 Ом;

ψ – коефіцієнт сезонності = 1.3.

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$\rho = 500 \cdot 1,3 = 650 \text{ (Ом/м)}.$$

Визначимо глибину закладення половини заземлення, м, по формулі :

$$t = 0,5 \cdot l + t_0 \text{ м,} \quad (4.5)$$

де t_0 – відстань від поверхні землі до верхнього кінця заземлювача, приймаємо = 0.5 м.

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$R_B = 650 / (2 \cdot 3,14 \cdot 5) \cdot (\ln(10/0,012) + 0.5 \ln(17/7)) = 179,95 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо число заземлень, шт., по формулі:

$$n = R_B / (R_3 \cdot \eta), \quad (4.6)$$

де R_3 – найбільший припустимий опір пристрою, що заземлює, Ом;

η – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів без обліку впливу сполучної смуги = 0,63 (електроди розміщені по контурі).

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$n = 179,75 / (4 \cdot 0,63) = 71,32 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо $n = 64$ шт.

Визначимо опір розтіканню струму горизонтальної сполучної смуги, Ом:

$$R_n = \rho / (2 \cdot \pi \cdot l_1) \cdot \ln(2 \cdot l_1^2 / (b \cdot t_1)) \text{ Ом,} \quad (4.7)$$

де t_1 – глибина закладення смуги, м;

b – ширина смуги, м;

l_1 – довжина смуги, визначається як:

$$l_1 = 1,05 \cdot a \cdot n \text{ м}, \quad (4.8)$$

де a – відстань між вертикальними заземленнями, м:

$$a = 3 \cdot 1 = 3 \cdot 5 = 15 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$l_1 = 1.05 \cdot 15 \cdot 64 = 1008 \text{ (м)}.$$

Підставляючи відомі величини у формулу (4.7), одержимо:

$$R_n = 650 / (2 \cdot 3,14 \cdot 1008) \cdot \ln(2 \cdot 1008^2 / (0,012 \cdot 3)) = 1,8 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо опір розтіканню струму пристрою, що заземлює,

$$R_o = R_B \cdot R_n / (R_B \cdot R_n + R_n \cdot n \cdot \eta_B) \text{ Ом}, \quad (4.9)$$

де η_y – коефіцієнт використання горизонтального смугового заземлювача, що з'єднує вертикальні заземлювачі, м.

Підставляючи відомі величини у формулу, одержимо:

$$R_o = 179,95 \cdot 1,8 / (179,5 \cdot 0,35 + 1,8 \cdot 0,71 \cdot 64) = 2,23.$$

R_o не перевищує припустимого опору захисного заземлення: $2,23 < 4$.

4.3 Екологічний моніторинг відходів та його рівні

Екологічний моніторинг – відслідковування за якістю усіх складових довкілля та станом біологічних відходів. Екосистема – це спільнота живих істот та неживої природи у визначеному просторі. Усі частини екосистеми взаємодіють між собою, використовуючи потік енергії, створюючи кругообіг речовин. Сама найбільша екосистема – біосфера.

Основною задачею екологічного моніторингу відходів є надання державним органам влади та організаціям своєчасної, регулярної та достовірної інформації про стан відходів, їх впливу на здоров'я населення, а також прогнози зміни екологічної обстановки для розробки та реалізації заходів із оздоровлення довкілля від відходів та забезпечення екологічної безпеки у випадку природних та техногенних надзвичайних ситуацій.

Система екологічного моніторингу являє собою сукупність взаємопов'язаних нормативно-правових актів, структур менеджменту, наукових організацій та підприємств, технічних та інформаційних систем.

Відомо, що моніторинг відходів здійснюється на 3 рівнях:

- глобальному, державному – на усій території України;
- територіальному – у межах окремих територій;
- локальному – у межах природно-техногенних систем.

Отже, екологічний моніторинг відходів – це комплексна система заходів, що виконуються за науково обґрунтованими програмами аналізу стану довкілля: від утворення, транспортування, переробки та випуску продукції з відходів. Включає у себе повний цикл спостережень, збирання інформації про відходи та їх впливі на довкілля.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення поршня дизельного двигуна внутрішнього згоряння. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною поршня, а саме вставки. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь циліндра вставки. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 100d8$ мм розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки вставки. Здійснено розрахунок зусилля затиску, а також параметрів силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки вставки поршня. Річний економічний ефект для програми випуску 1000 шт. склав 25600 грн. Окрім того, здійснено розрахунок захисного заземлення. Приділено увагу екологічному моніторингу відходів та його рівням.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик поршня, кресленик вставки, кресленик заготовки вставки, складальний кресленик пристосування для виконання операції механічної обробки на металорізальному верстаті.