

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Поршень дизельного генератора автономного
електропостачання об'єктів сільського господарства»

КРБ.133ГМбд_21[1].05.00.00.000 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]
ГОЛОВНЯ Вадим

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Машинобудівне підприємство є складною організацією, структура і діяльність якої знаходиться в безпосередній залежності від складності конструкції та різноманіття продукції, що випускається, характеру технологічного процесу її виготовлення, об'єктів виробництва [3-7].

Як об'єкт управління виробництво є системою, що динамічно розвивається, елементи якої взаємопов'язані та взаємозалежні. При проектуванні підприємства одночасно розробляють і вирішують економічні, технічні та організаційні задачі, які тісно пов'язані між собою. кожне технічне рішення повинне бути економічно обгрунтовано та здійснено при певній організаційній формі.

Для підвищення ефективності виробництва та якості продукції, створення сучасних промислових підприємств для машинобудівників зазвичай правильно організувати виробництво, тобто координувати та оптимізувати всі матеріальні та трудові елементи виробництва для виконання державних та інших замовлень з найкращими показниками [13].

Поршень у зборі, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, є частиною двигуна, що використовується у складі дизельного генератора. Генератор забезпечує безперебійний процес подачі електричного струму для живлення об'єктів сільського господарства, наприклад тваринницької ферми.

Тому мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є поршень дизельного генератора автономного електропостачання об'єктів сільського господарства, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення головки та тронка поршня.

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 спеціальний різальний інструмент та здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки головки поршня, здійснити інженерний розрахунок захисного заземлення, запропонувати заходи із охорони довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній кваліфікаційній роботі ми розглянемо дві деталі (головка, тронк) вузла дизель-генератора (поршень) для автономного електропостачання об'єктів сільського господарства, наприклад тваринницький комплекс, на базі двигуна 1А-5Д49.

Робочий процес дизеля відрізняється високою економічністю. При його створенні особлива увага приділялась забезпеченню високої надійності та технологічності конструкції. Так канали системи змащування дизеля розміщені в деталях блока циліндра і лотку розподільчого вала, що усуває необхідність в трубопроводах, що йдуть зовні дизеля. При конструюванні застосовані різноманітні, сучасні методи зміцнення деталей. Дизель працює за 4-х тактним циклом, має двоциліндрне розміщення циліндрів $2 \times 8(16)$, з газотурбінним наддувом і охолодженням повітря після нагнітання. Резервна потужність – 440 кВт. Номінальна потужність – 400 кВт. Кількість фаз – 3 (380 В). Напруга – 220/380 В. Частота – 50 Гц. Об'єм паливного бака – 1000 л. Витрата палива при 60% навантаженні – 50 л/год. Частота обертання – 1500 об/хв. Габаритні розміри – $4800 \times 1900 \times 2300$ мм. Маса – 5040 кг. Рівень шуму – 68 дБА.

Застосування поршня (рис. 1.1) зі сталлюю головою і мастином охолодженням, рідинних силіконових демпферів крутильних коливань, сталевих хромованих поршневих кілець і т.п. створює передумови для досягнення високих значень ефективного тиску при збереженні тривалого моторесурсу (20-25 тис. год) і високої надійності експлуатації.

Паливні насоси золотникового типу, розміщені кожен проти свого циліндра. Форсунки звичайного закритого типу і трубопроводи до них високого тиску винесені з під ковпаків закритого привода впускних і випускних клапанів.

Це виключає потрапляння пального в масло у разі протікання в трубопроводах високого тиску і полегшує обслуговування паливної апаратури в експлуатації.

Рисунок 1.1 - Поршень у зборі

На рисунку 1.1 наведено поршень дизеля генератора автономного електропостачання об'єктів сільського господарства. Він складається: 1 – головка; 2 – тронк поршня; 3 – гайка; 4 – трубка; 5 – шпилька; 6 – втулка; 7 – кільце; 8 – шплінт.

Поршень – один із високонавантажених вузлів дизеля. Працездатність поршня сумісно з кришкою циліндра і шатунним вкладишем визначає ресурс

дизеля до ремонту, пов'язаного з розбиранням дизеля. Поршень збірної конструкції. Відносно малої маси. Це створює помірні інерційні навантаження на деталі шатунно-кривошитного механізму.

Першою деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде головка (рисунок 1.2). Вона виготовлена зі сталі 20Х3МВФ ГОСТ 2590-2006 [16, 36]. Працює в робочій зоні з підвищеною температурою.

Рисунок 1.2 – Головка

Головка поршня для зниження температури охолоджується мастилом. Мастило на охолодження головки поршня надходить із шатунів в середню частину, а потім отворами – в периферійну частину, з якої за зливними трубками, запресованими в тронк поршня, зливається в картер дизеля. Помірні температури,

використання якісних жароміцних сталей забезпечують підвищену механічну і термічну міцність головки і зносостійкість канавок компресорних кілець. На голівці встановлюються три компресорних кільця, виготовлених із високоміцного чавуну з глобулярним графітом. Трапецієподібний переріз кілець підвищує їх рухомість і зніщує опір займанню в канавках. Робоча поверхня кілець покрита хромом товщиною 0,15-0,25 мм. На глибині 0,05-0,07 мм хром пористий. Прискорення припрацювання кілець по втулці циліндра досягається покриттям поверхні тертя кілець гальванічним методом, шаром міді товщиною 0,01-0,015 мм і олова товщиною 0,006-0,01 мм.

Другою деталлю, що виводиться на розгляд у кваліфікаційній роботі, є тронк (рисунок 1.3). Його виготовлено із ковкого алюмінієвого сплаву марки АК4 ГОСТ 4784-97 [16, 36]. Для покращення припрацювання з втулкою циліндра робоча поверхня тронка покрита шаром дисульфиду молибдену.

Рисунок 1.3 – тронк

На тронк встановлюються два маслоснімальні кільця, які виготовлені із легованого чавуну. Верхнє кільце має пружинний експандер, який забезпечує постійний тиск кільця на втулку циліндра і збільшує мастилознімальні властивості.

Гулове кільце 7 (рисунок 1.1) перешкоджає витіканню мастила між головкою і тронком. В отворі бобишки тронка встановлюється палець плаваючого типу, осьове переміщення якого обмежується стопорними кільцями. Головка і тронк з'єднані чотирма шпильками.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталей [17, 22, 47, 48] заповнюємо таблицю 1.1. У ній наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності форм поверхонь головки (рисунок 1.2) та відносного положення поверхонь. Головка має циліндричну форму і за прийнятою класифікацією відноситься до класу дисків. Вона має великий зовнішній діаметр. На зовнішній циліндричній поверхні виконується проточка. Одна із поверхонь має високу точність і низьку шорсткість. На торці деталі просвердлено 4 отвори із нарізаною на них метричною різьбою.

Таблиця 1.1 – Відомості щодо параметрів точності головки

№ з.п.	Назва поверхні (елементу)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra, мкм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Конічна	$\varnothing 258_{-0,01}$				2,5
2	Торець	$76_{-0,06}$	h9			2,5
3	Торець	$76_{-0,06}$	h9			0,32
4	Циліндрична	$\varnothing 232$	H7			2,5

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
5	Поверхня камери зчорювання	-	h8			0,32
6	Сферична	R40	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20
7	Торець	$21^{+0,05}$	H9			2,5
8	Торець	$13 \pm 0,5$	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
9	Отвір	$\varnothing 5$	H6			6,3
10	Канавка	$58^{+0,4}$	h14			Rz20
11	Різьба метрична	M14	6H			2,5
12	Бійка	16	H9			3,2
13	Циліндрична	$\varnothing 241$	h11			Rz20
14	Канавка	$5,07^{+0,05}$	H10			2,5
15	Канавка	$5,07^{+0,05}$	H10			2,5
16	Канавка	$5^{+0,025}$	H8			2,5
17	Канавка	R2,5	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20
18	Фаска	$2 \times 30^\circ$				Rz20

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхні головки відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня $\varnothing 232H7$. Найнижча шорсткість $Ra = 0,32 \mu\text{m}$.

До таблиці 1.2 заносимо дані щодо точності виготовлення тронка поршня (рисунок 1.3). Тронк має циліндричну форму і за прийнятою класифікацією відноситься до класу диски. Зовнішня поверхня має складну ступінчасту форму.

Деталь має наскрізний отвір, також в ній просвердлено 4 отвори під шпильки та декілька отворів під кутом. Внутрішня циліндрична поверхня має високу точність та низьку шорсткість.

Таблиця 1.2 – Відомості щодо параметрів точності тронка поршня

№ з п.	Назва поверхні (елементу)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість, Ra, мкм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Торець	206 _{-0,1}				2,5
2	Торець	9	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
3	Торець	5	$\pm \frac{IT14}{2}$			3,2
4	Торець	7	$\pm \frac{IT14}{2}$			3,2
5	Торець	16	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
6	Торець	21,8 \pm 0,05				2,5
7	Торець	27	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
8	Торець	8,5 \pm 0,03				2,5
9	Торець	36	$\pm \frac{IT14}{2}$			3,2
10	Торець	6 ^{+0,025}	H9			2,5
11	Торець	54 \pm 0,25				2,5
12	Торець	160	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
13	Торець	206,5 ^{+0,5}	H12			3,2
14	Циліндрична	Ø20,5	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
15	Циліндрична	Ø80	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
16	Циліндрична	Ø120 ^{+0,035}	H7			2,5
17	Циліндрична	Ø205	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
18	Циліндрична	Ø232 ^{-0,170 -0,335}	h10			2,5
19	Циліндрична	Ø226,5 _{-0,29}	H11			2,5
20	Циліндрична	Ø258,5	$\pm \frac{IT14}{2}$			2,5
21	Циліндрична	Ø235 _{-0,3}	h11			2,5
22	Циліндрична	Ø259,6 _{-0,05}	h7			2,5
23	Циліндрична	Ø241 _{-0,29}	h11			2,5
24	Циліндрична	Ø250 ±0,925				3,2
25	Циліндрична	Ø95 ^{+0,035}	H7			1,25
26	Циліндрична	Ø55 ^{+0,03}	H7			2,5
27	Циліндрична	Ø229 ^{+0,045}	H7			2,5
28	Площина	50,5 _{-0,3}				Rz20
29	Площина	110	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20
30	Отвір	Ø17 ^{+0,7}	H11			3,2
31	Отвір	Ø11,5 ^{+0,018}	H7			3,2
32	Циліндрична	Ø98,5 ^{+0,035}	H12			3,2
33	Отвір	Ø12	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20
34	Отвір	Ø5	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
35	Отвір	Ø4	$\pm \frac{IT14}{2}$			Rz20
36	Циліндрична	R90	10			6,3

Виконавши аналіз параметрів точності тронка поршня робимо висновок - шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня Ø11,5H7. Найнижча шорсткість Ra=1,25 мкм.

1.3 Характеристика матеріалу деталей, замінивши

При виготовленні деталей даного вузла в якості матеріалів застосовуються ковкий алюмінієвий сплав АК4 ГОСТ 4784-97 та сталь 20Х3М3Ф ГОСТ 2590-2006. Охарактеризуємо матеріал кожної деталі.

Головка поршня виготовлена із сталі 20Х3М3Ф, що відноситься до перлітних [36]. Вона має достатньо високі механічні та антифрикційні властивості, низьку корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням. Ця сталь забезпечує високу міцність ударна в'язкість, стійкість при знакозмінному навантаженні, добре оброблюється різанням та має відносну жаростійкість (до 500-550°C), є незамінною при виготовленні поршнів, лопаток турбін та інших деталей, що працюють в умовах високих температур. Матеріал головки поршня відноситься до спеціальних жаростійких сталей. Вміст вуглецю складає 0,20%. Дана сталь добре деформуються в гарячому та холодному стані. Необхідна теплостійкість перлітних сталей досягається комплексним легуванням хромом, молібденом, ванадієм, ніобієм. Вміст цих елементів не перевищує 1% за винятком хрому, вміст якого для підвищення жаростійкості збільшують до 2,5-3,5% [7, 34]. Хімічний склад і механічні властивості матеріалу зводимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад, властивості матеріалу головки, матеріал-замічник

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
Сталь 20X3MBФ	0,18...0,22%С; 2,5...3,5%Cr; 0,2...0,3%Mo; 0,1...0,18%V; 0,3...0,4%W; 0,35...0,5%Mn; 0,17...0,37%Si	$\sigma_B = 900$ МПа, $\delta = 12\%$, $\sigma_T = 750$ МПа; $HB \times 10^{-1} = 360$ МПа $\Psi = 40\%$ КСУ=0,6МДж/м ²
Сталь 25X2M1Ф	0,22...0,3%С; 1,8...2,3% Cr; 1,0% Mo; 0,35...0,45%V Pb; 0,17...0,37%Si; 0,5...0,8%Mn;	$\sigma_B = 800$ МПа, $\delta = 12\%$, $\sigma_T = 680$ МПа; $HB \times 10^{-1} = 360$ МПа $\Psi = 50\%$ КСУ=0,5МДж/м ²

Як видно із таблиці 1.3, можливе використання і сталі 25X2M1Ф при відсутності сталі 20X3MBФ. Але в першу чергу, при приблизно однакових механічних властивостях, потрібно враховувати економічну доцільність вибору матеріалу для виготовлення деталі.

Тронк виготовлений із ковкого алюмінієвого сплаву АК4, що відноситься до алюмінієвих деформованих сплавів, що мають властивість зберігати механічні характеристики при підвищених температурах, стійкість проти окислюючої дії гарячих газів, малий коефіцієнт термічного розширення. За хімічним і фазовим складами сплав дуже близький до дюралюмінію, але замість марганцю в якості легуючого елемента містить залізо і нікель [7, 34, 36].

Сплав добре деформується в гарячому стані, тому з нього виготовляються деталі методом гарячої обробки тиском – куванням, штампуванням. Корозійна стійкість задовільна. Добре оброблюється різанням, відрізняється високою зносостійкістю (низький коефіцієнт тертя). Жароміцність досягається за рахунок легування сплавів нікелем, залізом і титаном. Вони гальмують дифузійні процеси і утворюють дрібнодисперсні зміцнюючі фази, стійкі до коагуляції при нагріванні.

Відрізняються пониженою корозійною стійкістю. Для захисту використовують анодування і лакофарбове покриття.

Порівняємо АК4 із матеріалом, яким можна замінити базовий матеріал. Таким матеріалом може бути Д20.

Хімічний склад сплаву АК4 та сплаву-замінника подано в таблиці 1.4.

Хімічний склад і властивості матеріалів для порівняння наведемо у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу тронка поршня

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
АК4	Cu 1,9...2,7%; Mg 1,2...1,8%; Mn до 0,2%; Ni 0,8...1,4%; Fe 0,8...1,4%; Si до 0,35%; Zn до 0,3%; Ti 0,02...0,1%; Cr до 0,1%	$\sigma_B = 380$ МПа, $\delta = 6\%$, $HB \times 10^{-1} = 110$ МПа
Д20	Cu 6,2...6,8%; Mn 0,4...0,8%; Ti 0,15%	$\sigma_B = 400$ МПа, $\delta = 12\%$, $HB \times 10^{-1} = 110$ МПа

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в поршнях дизель-генераторів у кількості 5600 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

$$N_{зан} = (N_{вип} + N_{зч}) \cdot (1 + k_{бр}), \quad (11)$$

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.

$$N_{зч} = (5600 + 0,04 \cdot 5600) \cdot (1 + 0,025) = 5970 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей дизель-генератора не перевищує 30 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійний.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталей

Аналіз технологічності вузла є одним з ключових моментів в кваліфікаційній роботі, так як саме цей пункт визначає, наскільки буде змінено процес складання та підгонки частин вузла. Крім того, аналіз технологічності є одним з найважливіших моментів у поліпшенні ергономічних, економічних та технічних якостей вузла [2].

Конструкція поршня для дизель-генератора є не дуже складною. Він складається з досить невеликої кількості деталей. В даному виробі досить широко застосовуються стандартні вироби (компресорні кільця, мастило знімальні кільця та ін.), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного приводу. Конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих зусиль. Точність виготовлення деталей, практично виключає підгінні операції. При проведенні поточних технічних оглядів та ремонтів поршень досить легко розбирається.

Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися в вузол, оброблені достатньо точно, з точки зору точності та визначеності базування. Будова поршня дозволяє проводити його складання без проміжних складань та розбирань складових частин. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність розташування їх в дизельному двигуні. Змащування здійснюється через централізовану систему під тиском.

В загальному конструкцію поршня для дизель-генератора можна вважати технологічною і придатною для виготовлення та експлуатації у відповідності до технічних вимог.

Під час аналізу креслення головки було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва, оскільки затрати на налагодження верстатів порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Повні результати аналізу на технологічність головки приведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності головки

№ 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 патроні. При обробці пазових отворів – встановлення в спеціальному пристосуванні
2	Чи необхідні додаткові ресурси жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно	Багато уникати глухих отворів, але в даному випадку це неможливо
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	Деталь не має отворів глибиною більше 8d

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	Чи можлива багатопшпindelьна та багато інструментальна обробка?	Так, технологічно	–
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Ні, технологічно	–
7	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Так, не технологічно	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	–
10	Точність виготовлення заготовки		Бажано I-го класу точності
11	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому головка за більшістю показників є технологічна.

В процесі аналізу креслення тронка мною було виявлено, що деталі практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва, оскільки затрати на налагодження верстатів будуть порівняно

невеликі з економією матеріалу і часу. Повні результати аналізу на технологічність приведені у таблиці 2.2

Таблиця 2.2 – Аналіз технологічності тронка

№ 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 патроні При обробці пазових отворів – встановлення в спеціальному пристосуванні
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Ні, технологічно	
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Так, не технологічно	Слід уникати виготовлення отворів глибиною більше 8d. Але в цьому випадку це неможливо
5	Чи можлива багатошпіндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	–

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, не технологічно	–
7	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45°?	Так, не технологічно	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	
10	Точність виготовлення загостьки		Бажано I-го класу точності
11	Чи від однієї бази представлені розміри?	Ні, не технологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки.

Отже, є деякі нетехнологічні моменти у тронка поршня, пов'язані із специфікою його конструкції, але в цілому деталь технологічна.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Головку поршня виготовляють зі сталі 20Х3МБФ методом гарячого об'ємного штампування на молотах. Штамповані заготовки використовують у тих випадках, коли маса штампованої заготовки відрізняється від маси заготовки тієї ж

деталі з прокату більше ніж на 12..15%. У процесі об'ємного штампування відбувається вимушений перерозподіл металу в штампі молота. Гаряче об'ємне штампування застосовують для виготовлення кованок масою до 100 кг. Штампування головки поршня відбувається у відкритих штампах.

Оскільки головка поршня виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва, то при її виготовленні на підприємстві застосовуються стандартні та спеціальні пристрої, універсальні верстати та верстати з ЧПК, універсальний та спеціальний різальний інструмент. В умовах середньосерійного виробництва пропонується використання верстатів із ЧПК та токарних напівавтоматів і пристроїв спеціальної конструкції. Застосування прогресивного різального інструменту дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх використанні при охолодженні зони різання, дає можливість підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно і затрати енергії, інструменту і тому подібне, що також зменшує собівартість деталі.

Тронк поршня виготовляють з ковкого алюмінієвого сплаву АК4 методом гарячого об'ємного штампування на молотах. Обраний метод виготовлення заготовки вважаємо правильним, оскільки коефіцієнт використання металу низький. Штампування кованок виконують за допомогою підкладних штампів. В умовах середньосерійного виробництва пропонується виготовляти заготовки на КГШП, бо вони мають більшу продуктивність і точність. Штампування тронка поршня відбувається у закритих штампах. Характерно, що невеликий зазор між верхньою та нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаємозамінність і в процесі деформування маса залишається постійною. Відсутність заусенців в закритих штампах зменшує використання металу, виключає необхідність їх обробки. Тронк поршня виготовляється в умовах дрібносерійного виробництва. При виготовленні на підприємстві застосовуються стандартні та спеціальні пристрої, універсальні верстати та верстати з ЧПК, універсальний та спеціальний

різальний інструмент. В умовах середньосерійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК та токарні напівавтомати, пристрої спеціальної конструкції. Застосування прогресивного різального інструменту підвищить швидкість різання, що значно зменшить штучний час виготовлення деталі, а відповідно і затрати енергії, інструменту і тому подібне. Це також зменшує собівартість деталі.

В діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади, що збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Пропонується використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструменти.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

При розробці маршруту обробки поверхонь вирішуються завдання: вибрати з декількох варіантів обробки один, що забезпечує найбільш економічне рішення [48].

Складаючи маршрут обробки слід дотримуватись наступних правил:

- з метою економії праці і часу технологічної підготовки використовувати типові процеси обробки деталі та поверхонь;
- не проектувати обробку на унікальних верстатах;
- за можливістю використовувати стандартний різальний інструмент;
- обробляти найбільшу кількість поверхонь за один установ.

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.

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

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 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:

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

Приклад для обробки поверхні $\varnothing 232H7^{+0,046}$.

Допуск за кресленням 0,046 мм, допуск заготовки 0,72 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,72}{0,046} = 15,65.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg 15,65 / 0,46 = 2,6.$$

Будемо проводити обробку за три переходи:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,72}{0,185} = 3,89; \quad \varepsilon_2 = \frac{0,185}{0,072} = 2,56; \quad \varepsilon_3 = \frac{0,072}{0,046} = 1,56.$$

Для першого ступеня приведений коефіцієнт уточнення дорівнює $\varepsilon_1 = 3,89$, другого $\varepsilon_2 = 2,56$ третього $\varepsilon_3 = 1,56$.

Висновки. орієнтуючись на маршрут обробки деталі в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання. Чистову обробку проводимо тонким точінням твердосплавним інструментом або шліфуванням.

Розрахунки переходів для кожної поверхні приведені в таблицях 2.3, 2.4.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхонь головки

Розмір поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Ілореткість Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ø258,8	9	130	2,5	810	13	6,23	1	Точіння чорнове	11	320	2,35	6,19
								Точіння напівчистове	10	230	1,39	
								Точіння чистове	9	130	1,75	
							2	Точіння чорнове	12	320	2,35	6,19
								Точіння напівчистове	10	230	2,26	
								Шліфування чистове	9	130	1,76	
74	9	74	2,5	460	13	6,21	1	Точіння чорнове	11	190	2,42	6,18
								Точіння напівчистове	10	130	1,46	
								Точіння чистове	9	74	1,75	
							2	Фрезерування чорнове	11	190	2,42	6,18
								Фрезерування чистове	10	130	1,46	
								Фрезерування тонке	9	74	1,75	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
74	8	46	0,32	460	13	13	1	Точіння чорнове	10	130	3,53	9,96	
								Точіння чистове	9	74	1,75		
								Шліфування чистове	8	46	1,61		
								2	Фрезерування одноразове	11	190	2,42	9,97
									Шліфування попереднє	9	74	2,56	
									Шліфування чистове	8	46	1,61	
Ø232	7	46	2,5	720	13	15,6	1	Розточування чорнове	10	200	3,6	15,6	
								Розточування чистове	8	72	2,77		
								Розточування тонке	7	46	1,56		
								2	Розточування чорнове	11	290	2,48	15,5
									Розточування чистове	8	72	4	
									Шліфування чистове	7	46	1,56	
R40	8	72	0,5	720	13	10	1	Розточування чорнове	10	200	3,6	9,9	
								Розточування чистове	9	115	1,73		
								Шліфування чистове	8	72	1,59		
1	12	20	Rz20	540	13	2,45	1	Розточування чорнове	12	350	1,54	2,44	
								Розточування напівчистов	11	220	1,59		
21	9	52	2,5	330	13	6,34	1	Точіння чорнове	11	130	2,53	6,32	
								Точіння напівчистове	10	90	1,44		
								Фрезерування тонке	9	52	1,73		
								2	Фрезерування чорнове	11	130	4	6,32
									Фрезерування чистове	10	90	1,44	
									Фрезерування тонке	9	52	1,73	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
18	12	130	6,3	330	13	2,54	1	Підрізка торця	12	210	1,57	2,53
								Підрізка торця	11	130	1,61	
								Фрезерування чорнове	12	210	1,57	2,53
								Фрезерування напівчистове	11	130	1,61	
25	12	120	Rz80	180	13	1,5	1	Свердління	12	120	1,5	1,5
58	11	290	Rz20	720	13	2,48	1	Прорізати канавки	12	460	1,56	2,47
								Прорізати канавки начисте	11	290	1,58	
M14	6	11	2,5	270	13	24,5	1	Зацентрування	13	270	1	24,4
								Свердління отвору	12	210	1,28	
								Зенкування отвору	10	90	2,33	
								Зенкерування отвору	8	27	3,33	
								Нарізування різьби	6	11	2,45	
10	9	36	Rz20	220	13	6,11	1	Фрезерування чорнове	10	60	3,66	6,08
								Фрезерування чистове	9	36	1,66	
5,07	11	290	Rz20	720	13	2,48	1	Прорізати канавку	11	290	2,48	2,48

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки поверхонь тронка

Розмір поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість, Ra, мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Додатковий допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
							№ маршруту	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
206	9	115	2,5	460	12	4	1	Підрізка торця	10	200	2,3	3,98
								Підрізка торця	9	115	1,73	
							2	Фрезерування чорнове	11	290	1,58	3,98
								Підрізка торця	9	115	2,52	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
Ø20,5	12	210	6,3	520	14	2,47	1	Свердління	12	210	2,47	2,47	
								Розсвердлювання	12	210	1		
								2	Свердління	12	210	2,47	2,47
									Розточування	12	210	1	
Ø55	7	30	2,5	300	12	10	1	Розсвердлювання	11	190	1,57	9,88	
								Розточування напівчистове	9	74	2,56		
								Розточування чистове	7	30	2,46		
								2	Розточування чорнове	11	190	1,57	9,94
									Розточування напівчистове	8	46	4,13	
									Розточування чистове	7	30	1,53	
Ø95	7	35	12,5	350	12	10	1	Свердління	12	250	1	9,99	
								Розсвердлювання	12	350	1		
								Розточування чистове	9	87	4,02		
								Розточування тонке	7	35	2,48		
								2	Свердління	12	350	1	9,95
									Розточування напівчистове	10	150	2,33	
Розточування чистове	8	87	1,72										
Розточування тонке	7	35	2,48										
Ø12	12	180	12,5	180	12	2,38	1	Свердління	12	180	1	1	
Ø5	12	120	12,5	120	12	2,5	1	Свердління	12	120	1	1	
Ø4	12	120	12,5	120	12	2,5	1	Свердління	12	120	1	1	
Ø229	7	46	2,5	290	12	6,3	1	Розточування попереднє	9	115	2,52	6,3	
								Розточування остаточноє	7	46	2,5		
								2	Розточування чорнове	10	200	1,45	6,26
									Шліфування попереднє	8	72	2,77	
									Шліфування остаточноє	7	46	1,56	

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
101	12	520	R _z 40	520	12	1	1	Фрезерування одноразове	12	520	1	1
70	10	200	R _z 40	460	12	2,3	1	Розточування попереднє	11	290	1,58	2,29
								Розточування остаточне	10	200	1,45	
Ø17	11	110	2,5	180	12	1,63	1	Свердлити	12	180	1	1,63
								Зенкерувати	11	110	1,63	
Ø260	7	52	2,5	520	12	10	1	Обточування чорнове	10	230	2,26	9,96
								Обточування чистове	8	81	2,83	
								Обточування тонке	7	52	1,55	
								Точіння чорнове	10	230	2,26	
								Точіння чистове	8	81	2,83	
								Шліфування одноразове	7	52	1,55	
R90	10	200	6,3	460	12	2,3	1	Точити начорно	11	290	1,58	2,29
								Точити начисто	10	200	1,45	
Ø237	10	165	2,5	460	12	2,78	1	Точіння чорнове	11	290	1,58	2,77
								Точіння чистове	10	165	1,75	
							2	Точіння чорнове	11	290	1,58	2,77
								Шліфування одноразове	10	165	1,75	
Ø241	11	290	2,5	460	12	1,58	1	Точіння одноразове	11	290	1,58	1,58
Ø11,5	7	18	2,5	180	12	10	1	Зенкерувати	9	43	4,18	9,98
								Розвернути	7	18	2,38	
							2	Зенкерувати	10	80	2,25	9,99
								Розвернути попередньо	8	27	2,96	
Розвернути остаточно	7	18	1,5									
Ø98,5	12	350	2,5	350	12	1	1	Проточити канавки	12	350	1	1

Більш економічним являється 1 варіант обробки, так як задані параметри точності поверхні досягаються на найменшій кількості верстатів. Це дає змогу економії при організації верстатного парку підприємства.

2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Визначення припусків розрахунково-аналітичним методом здійснюється для однієї найбільш точної поверхні. В нашому випадку для $\varnothing 232H7(+0,046)$ мм. Методи розрахунку припусків наведені в [39]. При розрахунково-аналітичному методі користуються спеціальною розрахунковою картою. Приклад розрахунку припусків головки поршня із використанням розрахункової карти наведено в таблиці 2.5.

Як відомо, розрахунковий припуск при обробці зовнішньої 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 по діаметру

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

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

Мінімальний припуск для поверхонь обертання:

$$2Z_{i \min} = 2(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{y_i}}), \quad (2.4)$$

де $R_{Z_{i-1}}$ – висота мікро нерівностей [39];

T_{i-1} – глибина дефектного шару [39];

ρ_{i-1} – сумарне значення просторових відхилень [39];

ε_{y_i} – похибка встановлення на переході, що виконується.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків при розточуванні отвору

Ø232H7

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розрах. прип. $2Z_{\min}$, мкм	Розрах. розм. d_p , мм	Доп. δ_1 , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мм	
	Rz	T	ρ	ϵ_y				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
	Заготовка	750	1141,8	-	-	226,326	720	225,606	226,326	-	-
Розточування											
- чорнове	40	50	80	412	2·1891,8	230,11	185	229,925	230,11	3,784	4,319
- чистове	20	20	50	412	2·510	231,13	72	231,058	231,13	1,02	1,133
- тонке	5	5	20	412	2·455,3	232,046	46	232	232,046	0,916	0,942
Всього										5,72	6,394

Правильність розрахунків перевіряємо за формулою:

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

де $\delta_{\text{заг}}$ та $\delta_{\text{дет}}$ – допуски заготовки та деталі відповідно.

Отже,

$$6394 - 5720 = 720 - 46.$$

Розраховані таким чином припуски на обробку зобразимо графічно на рисунку 2.1.

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями [37-39].

Отримані результати по усіх поверхнях заносимо в таблицю 2.6.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків

Таблиця 2.6 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ зп.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
1	Колізна	Точіння чорнове	2,5	11	$\pm 0,07$
		Точіння напівчистове	1	10	$\pm 0,05$
		Точіння чистове	0,5	9	$\pm 0,03$
		Точіння чорнове	2,5	12	$\pm 0,1$
2	Торець	Точіння напівчистове	1	10	$\pm 0,05$
		Точіння чистове	0,5	9	$\pm 0,03$
		Точіння чорнове	2,5	12	$\pm 0,1$
		Точіння напівчистове	1	10	$\pm 0,05$

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6
3	Торець	Точіння чорнове			
		Точіння напівчистове	2,5	10	±0,05
		Шліфування чистове	1,3	9	±0,03
4*	Циліндрична Ø252	Розточування чорнове	0,2	8	±0,01
		Розточування чистове	2	10	±0,05
		Розточування тонке	0,55	8	±0,01
5	Поверхня камери згорання	Розточування чорнове	0,45	7	±0,005
		Розточування чистове	2,5	10	±0,05
		Шліфування чистове	1,3	9	±0,03
6	Сферична	Розточування чорнове	0,2	8	±0,01
		Розточування напівчистове	1,5	11	±0,07
		Точіння чорнове	2,5	12	±0,1
7	Торець	Точіння напівчистове	1,0	10	±0,05
		Точіння чистове	0,5	9	±0,03
		Підрізати торець	2,5	12	±0,1
8	Торець	Підрізати торець	1,5	11	±0,07

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції спеціального різального інструмента

У цьому розділі спробуємо та розробимо конструкцію спеціального різального інструмента – кінцевої фрези $\varnothing 64$ зі скосом при вершині кута в 13° . Фрезною оброблюють карман тронка поршня. Враховуючи те, що фрезерна операція із використанням спеціальної кінцевої фрези буде проводитись на вертикально фрезерному верстаті з ЧПК відповідно розробляємо конструкцію кінцевої фрези [3, 11, 14, 25, 26, 41].

На рисунку 3.1 та у графічній частині кваліфікаційної роботи наведено спеціальну кінцеву фрезу.

Рисунок 3.1— Спеціальна кінцева фреза

Фреза кінцева збірна складається зі спеціальної фрези 1, оправки 2 та гвинта 3.

Параметри фрези визначаємо виходячи з матеріалу оброблюваної деталі, швидкості різання з глибиною різання та подачею. Фреза $\varnothing 64$ виготовляється зі швидкорізальної сталі Р6М5. На відстані 66 мм від кінця фрези виконується скіс під кутом 13° , а при вершині фреза має округлення R12 мм. В задній частині вона має конічну поверхню, якою вставляється в оправку, та різьбовий отвір M12, куди вкручується гвинт. Також робиться два пази під виступи на оправці, для запобігання повертання. Фреза має три зуби, ширина стрічки становить 2 мм. Передній кут $\gamma=15^\circ$, задній кут $\alpha=20^\circ$. Затуплення зуба виконується окружністю радіусом 0,3-0,45 діаметра фрези. У дна впадини зуба робиться заокруглення радіусом $r=(0,4...0,6)H$, де H – висота зуба, різна 0,3-0,45 колового кроку. Фрезерування канавки при криволінійній поверхні форми зуба проводиться за один прохід спеціально спроектованою фрезою.

Криволінійна форма зуба забезпечує великий простір та кращі умови стружкоутворення. Зуб такої форми наближається до балки різного опору, навантаженої зусиллям різання. В результаті він може витримувати велике навантаження і дозволяє застосовувати підвищені режими різання.

Оправка $\varnothing 75$ мм виготовлена із сталі 45, має конусність 7:24. У задній частині знаходиться різьбовий отвір M23, а в передній – отвір $\varnothing 40$ мм з конусністю 1:10. Два виступи по 10 мм запобігають повертання фрези.

Оправка та фреза з'єднуються за допомогою гвинта з квадратною головкою.

3.2 Розрахунок на міцність

Силу різання при фрезеруванні визначаємо за формулою [9, 14, 15]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z_p \cdot K}{D^q \cdot n^w} \quad (3.1)$$

де B – ширина поверхні, що фрезерується;

z – кількість зубів фрези, 3;

D – діаметр фрези.

Оскільки фреза має конусну частину, тоді будемо проводити розрахунок як для двох фрез: $V_1=64$ мм; $V_2=66$ мм; $D_1=64$ мм $D_2=48,76$ мм.

Тоді сила різання фрези порівнює:

$$P_{z1} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 64 \cdot 3}{64^{0,86} \cdot 360^0} \cdot 0,25 \cdot 2,75 = 1915 \text{ (Н)};$$

$$P_{z2} = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 5^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 66 \cdot 3}{48,76^{0,86} \cdot 360^0} \cdot 0,25 \cdot 2,75 = 2495 \text{ (Н)}.$$

Сумарна сила

$$P_z = 1915 + 2495 = 4410 \text{ Н.}$$

Крутний момент на шпинделі, Н·м, визначаємо за формулою:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} \quad (3.2)$$

Тоді крутний момент для першої та другої фрез:

$$M_{кр1} = \frac{1915 \cdot 64}{2 \cdot 1000} = 61,28 \text{ (Н·м)};$$

$$M_{кр2} = \frac{2495 \cdot 48,76}{2 \cdot 1000} = 60,828 \text{ (Н·м)}.$$

Сумарний момент:

$$M_{кр} = 61,28 + 60,828 = 122,108 \text{ (Н·м)}.$$

Допустимий максимальний момент при крученні на зріз для виступів оправки проводимо за формулою

$$[M_{кр.маx}] = 2 \cdot 0,5 \cdot d \cdot h \cdot b \cdot [\tau_{зр}], \quad (3.3)$$

де d – середній діаметр;

h – висота виступу;

b – ширина виступу;

$[\tau_{зр}]$ – границя міцності, $2 \cdot 10^7$ Па.

Отже,

$$[M_{кр.маx}] = 2 \cdot 0,5 \cdot 0,051 \cdot 0,01 \cdot 0,02 \cdot 2 \cdot 10^7 = 204 \text{ (Н·м)}.$$

Перевірка:

$$M_{кр} < [M_{кр.маx}], \quad (3.4)$$

$$122,108 < [204].$$

Отже, умова міцності 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 вибору 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. 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 [8, 31, 49].

Заготовки, отримані штамповкою повинні бути більш простими по формі. Форма (група складності) і розміри впливають на собівартість продукції. Причому маса заготовок впливає активніше, так як з нею пов'язані витрати на обладнання, оснастку і т. п. Значне зниження вартості виготовлення заготовок відбувається при збільшенні їх маси. Точність геометричних форм і розмірів заготовок значно впливає на їх собівартість. Чим вище вимоги до точності заготовки, тим вища вартість їх виготовлення.

Заготовку головки поршня доцільно виготовляти методом гарячого об'ємного штампування. Найпоширенішими заготовками, що їх виготовляють гарячим штампуванням, є заготовки дисків і втулок. Більшість таких заготовок отримують на кривошипних гарячештампувальних пресах (КГШП), багатопозиційних гарячештампувальних автоматах, молотах і ГKM. Здебільшого на першому переході такі заготовки осаджують, а в наступних – штампують у заготівельних та остаточних закритих штампах.

Розглянемо два методи штампування головки поршня на КГШП і молотах. Проведемо порівняння за технологічною собівартістю заготовок.

Собівартість виготовлення заготовки на КГШП та на молотах визначається за формулою [1, 7]:

$$S_{\text{ар}} = 10^{-3} \cdot [(C_i \times Q_{\text{зг}} \times K_T \times K_{\text{П}} \times K_B \times K_C \times K_M) - (Q - q)S_{\text{відх}}], \quad (4.1)$$

де C_i – вартість однієї тони заготовок;

K_T – коефіцієнт точності;

$K_{\text{П}}$ – коефіцієнт програми випуску;

K_B – коефіцієнт маси вильяка;

K_C – коефіцієнт складності;

K_M – коефіцієнт матеріалу;

q – маса деталі;

Q – маса заготовки;

$S_{\text{відх}}$ – вартість відходів.

Підставивши значення у формулу (4.1) отримуємо, вартість заготовок головок поршня.

Штамповка на КГШП:

$$C_3^{\text{КГШП}} = 27 \cdot [(351 \times 18,3 \times 1,21 \times 0,23 \times 1,31 \times 1 \times 0,83) - (18,3 - 12) \cdot 35] \cdot 10^{-3} = 46,5 \text{ грн.}$$

Штамповка на молотах:

$$C_3^{\text{МОЛ}} = 27 \cdot [(348 \times 22 \times 1,21 \times 0,23 \times 1,31 \times 1 \times 0,83) - (22 - 12) \cdot 35] \cdot 10^{-3} = 53,1 \text{ грн.}$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах середньосерійного виробництва доцільніше використовувати штампування на КГШП.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для головки поршня з урахуванням програми випуску становитиме:

$$E = (53,1 - 46,5) \cdot 5600 = 36960 \text{ грн.}$$

Висновок. Проаналізувавши розрахунки двох методів, обираємо штампування на КШП адже собівартість виготовлення заготовки головки поршня за цим методом менша на 6,6 грн. на одиницю, а з урахуванням програми випуску - 36960 грн.

4.2 Розрахунок заземлення

Розрахуємо контурне заземлення для обладнання з нижче приведеними даними $\rho = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, довжина вертикальних електродів $l = 4,0 \text{ м}$ діаметр стержнів $d = 30 \text{ мм}$, горизонтальний електрод зі сталі 50 мм , відстань між вертикальними електродами $L = 8 \text{ м}$, траншея глибиною $G = 0,8 \text{ м}$, вертикальний електрод злімається над дном траншеї на $S = 0,2 \text{ м}$, вологість ґрунту середня. Під час розрахунків використовуватимемо джерела [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

1) розрахований питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi; \quad (4.2)$$

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

$$\rho_p = 200 \cdot 1,5 = 300 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_e = G - S + \frac{L_g}{2}, \quad (4.3)$$

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

3) опір розтікання струму одиничного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_B}{d_B} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) \quad (4.4)$$

$$R_B = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 4,0} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 4,0}{0,03} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,6 + 4}{4 \cdot 2,6 - 4} \right) = 71,55 \text{ Ом};$$

4) визначимо потрібну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_2 \cdot \eta_B}, \quad (4.5)$$

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

$$n = \frac{71,55}{10 \cdot 1,0} = 7,155 \approx 8 \text{ шт.};$$

5) визначимо довжину горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_T \cdot n \quad (4.6)$$

$$L = 8 \cdot 8 = 64 \text{ м},$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода буде становити:

$$t_r = G - S \quad (4.7)$$

$$t_r = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м};$$

7) визначимо опір розігнання струму від горизонтальних електродів:

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{l^2}{b \cdot t_r}; \quad (4.8)$$

$$R_r = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 64} \cdot \ln \frac{0,4^2}{0,05 \cdot 0,6} = 8,82 \text{ Ом};$$

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

$$\eta_B = 0,7;$$

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

$$\eta_r = 0,44;$$

10) утончений опір заземлюючого пристрою:

$$R_o = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n}; \quad (4.9)$$

$$R_o = \frac{71,55 \cdot 8,82}{71,55 \cdot 0,44 + 8,82 \cdot 0,7 \cdot 8} = 7,8 < R_3 = 10 \text{ Ом}.$$

Висновок $R_0=7,8$ – захист забезпечено.

4.3 Екологічна безпека на машинобудівному виробництві

За інтенсивністю впливу на навколишнє середовище промисловість займає провідне місце. Головними причинами є: недосконалі технології виробництва, надмірна концентрація, відсутність надійних природоохоронних споруд. Недосконалість сучасних технологій не дозволяє повністю переробляти мінеральну сировину. Велика частина цієї сировини повертається в природу у вигляді відходів [33, 42-46].

За ступенем і характером впливу таких показників, як об'єми промислових відходів, виділяють також машинобудівні комплекси. Серед усіх відходів маємо велике надходження до атмосфери викидів газоподібного діоксиду сірки. Це одна зі шкідливих забруднюючих речовин промислового походження. В умовах атмосфери перетворюється в кислоту і служить причиною виникнення кислотних дощів.

Машинобудівні підприємства є основними джерелами забруднення навколишнього середовища. Основними джерелами забруднення атмосфери машинобудівного підприємства є забруднення, пов'язані з обслуговуванням машин і установок, відходи, що утворюються при виробництві чавунів та сталей, газу, що виділяється в результаті зварювання та різання металів, а також хіміко-термічної обробки металів.

Поліпшення екологічної ситуації повинно здійснюватися за наступними напрямками.

- 1 Охорони атмосферного повітря.
- 2 Охорони водних ресурсів.
- 3 Охорона та раціональне використання земельних ресурсів.
- 4 Охорони та раціональне використання лісових ресурсів.
- 5 Забезпечення екологічної безпеки продуктів та процесів.

Для забезпечення екологічної безпеки підприємство має розробити комплекс відповідних документів. Крім обов'язкової документації, на

підприємствах повинні бути різні довідково-інформаційні дані, методичні рекомендації та інші допоміжні документи, необхідні для здійснення і правильного оформлення результатів діяльності з навколишнього середовища та раціонального природокористування.

Проблеми охорони навколишнього середовища від забруднень машинобудівних виробництв можуть бути вирішені тільки комплексним підходом, в тому числі законодавчими актами та їх виконанням.

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 поршня, що застосовується у складі дизельного генератора автономного електропостачання об'єктів сільського господарства. Наведено технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності двох деталей поршня, а саме головки і тронка. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталей вузла, надано рекомендації стосовно їх аналогів. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркування – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення головки, тронка поршня. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні головки $\varnothing 232H7^{(+0,046)}$ мм.

3 Запропоновано конструкцію спеціального різального інструмента для механічної обробки фрезеруванням та виконано його розрахунок.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки головки поршня. Річний економічний ефект для програми випуску 5600 шт. склав 36960 грн. Розраховано заземлення для захисту від ураження напругою електричної мережі під час виготовлення деталей поршня дизельного генератора. Висвітлено заходи, спрямовані на забезпечення охорони довкілля.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення поршня, робочі головки та тронка, креслення заготовок, а також складальне креслення спеціального різального інструмента.