

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: «Підготовка машинобудівного виробництва тронка поршня
чотирьохтактного дизельного двигуна внутрішнього згорання»

КРБ.133ГМбд_41.09.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»
спеціальності 133 *«Галузеве*
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ЯРМОЛА Андрій

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Дизельні двигуни внутрішнього згорання широко використовуються під час сільськогосподарського виробництва та переробки. Вони забезпечують роботу різноманітної техніки і до сих пір вважається, що його замінити на інший доволі проблематично. Важливою перевагою таких двигунів є висока потужність та відносно низький рівень споживання палива.

Саме тому розробка та удосконалення деталей циліндро-поршневої групи для високоефективної роботи чотирьохтактних дизельних двигунів внутрішнього згорання, що широко використовуються на об'єктах сільськогосподарського виробництва, є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною поршня, що входить до складу дизельного двигуна внутрішнього згорання.

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

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 та табличним 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 захисту довкілля;

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Поршень – це вузол, що відноситься до деталей циліндро-поршневої групи. Він призначається для застосування на чотирьохтактному дизелі Д49, в якому робочий цикл здійснюється за 4 ходи поршня. Вузол, що розглядається, та його деталі відчують на собі не лише теплові, механічні навантаження та зусилля від дії газів, а й переміщуються із високою швидкістю.

Поршень (рисунок 1.1) складається з кільця, гайок, трубок, головки поршня, тронка поршня, шпильок, втулок, шплінтів, а також дротів.

Рисунок 1.1 – Поршень дизеля

Закручування шпильки поз. 6 у головку поршня поз. 2 та установка трубки поз.3 (натяг між трубкою та тронком у межах 0,01...0,032 мм) в тронк поз.1 виконується з епоксидним клеєм на основі смол ЄД-16, ЄД-20 за інструкцією. Шпилька поз. 6 завертається зусиллям з моментом 0,07...0,1 кН·м. Виступ різьби

шпильок над поверхнею тронку не дозволяється. Перед складанням гумові кільця поз.1 змазати маслом, що застосовується на двигуні.

До тронку поршня поз. 1 приєднуються шпильки поз. 6 за допомогою гайок поз. 5. Затягування їх виконується рівномірно в перехресному порядку в тричотири прийоми динамометричним ключем моментом 0,12 кН·м та далі до співпадіння отворів під шплінтування, та не більше 0,015 кН·м. При цьому поверхні що труться необхідно покрити маслом М12Б. Довжина плеча ключів повинна бути 250 мм та 100 мм. Гайка поз.2 закріплюється за допомогою шплінтів поз. 8 та дротів поз. 9 на тронці. Дроти поз.9 повинні бути натягнутими та не мати розривів, а розведення шплінтів поз. 8 виконуватися по осі шпильки поз. 6.

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

Рисунок 1.2 – Тронк, аркуш 1

Рисунок 1.2 – Тронк, аркуш 2

Тронк має циліндричну форму і за прийнятою класифікацією відноситься до класу порожнистих циліндрів. Бажання забезпечити високу надійність, міцність, легкість та зробити так, щоб поршень не потребував мастильного охолодження, призвело до того, що на дизелі дану деталь виготовляють з алюмінієвого сплаву АК 4-1 ДСТУ 2839-94. Після механічної та термічної обробки поверхонь тронк вкривають покриттям ВАП-2 (для покращення антифрикційних властивостей) товщиною 0,015...0,025 мм згідно з інструкцією на певних поверхнях.

Зовнішня циліндрична поверхня виконана ступінчатою. Крім цього деталь має ступінчатий осьовий отвір та карман. Деталь має циліндричні отвори, що знаходяться у різних перерізах. Креслення деталі виконане у відповідності зі стандартом, бо містить у собі всі необхідні відомості (розміри, відхилення взаємного розташування, відхилення від форми) та технічні вимоги, яким деталь повинна відповідати після виготовлення в умовах машинобудівного виробництва.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Тронк» заповнюємо таблицю 1.1 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.1 – Аналіз точності деталі «Тронк»

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри	Квалітет точності	Точність		Шор-ть, Ra, мкм
				Форми	Розміщення	

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок проте, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 10 (конічна) з розмірами $\varnothing 259,27_{(-0,05)}$, $\varnothing 259,4_{(-0,05)}$. Найнижча шорсткість $Ra=0,8$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замітник

Для виготовлення тронку поршня застосовується алюмінієвий сплав АК4-1 ДСТУ 2839-94, так як необхідно отримати високу міцність одночасно з легкістю.

Переваги даного сплаву в тому, що він добре проводить тепло та в декілька разів легше за чавун. Співвідношення заліза та кремнію в алюмінії повинно бути не менше одиниці, допускається заміна титану бором або іншими модифікованими добавками, що забезпечують дрібнозернисту структуру [24, 37].

Хімічний склад і властивості матеріалу наведені нижче в таблиці 1.2. Також у цій таблиці приведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад та механічні властивості тронка

Марка матеріалу	Хімічний склад, %									Механічні властивості		
	Fe	Cr	Zn	Mg	Ni	Si	Mn	Cu	Ti	σ_a , МПа	σ_m , МПа	δ , %
АК4-1												
АК4												

Враховуючи механічні властивості, можна зробити висновок, що як замітник обраного сплаву можна використовувати сплав АК4.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях поршня у кількості 300 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.

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

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 25 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція поршня чотирьохтактного дизеля Д49 відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам. Вузол складається з відносно невеликої кількості деталей, через що його конструкція є не дуже складною. У даному виробі широко застосовуються стандартні деталі, але основна частина деталей виготовляється безпосередньо. Конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих труднощів. При огляді поршень досить легко розбирається.

Нормальне функціонування вузла забезпечується точністю виконання основних поверхонь, що беруть участь у роботі даного вузла та дотикаються з поверхнями циліндрової втулки, в якій поршень здійснює рух. Це гарантує відсутність заклинювання даного вузла при його безпосередній роботі.

Визначеність базування поршня є задовільною завдяки точній обробці базових поверхонь складальних одиниць вузла, якими вони встановлюються у виріб. Регулювання та контроль роботи здійснюється без розбирання.

Загалом конструкція даного вузла вважається технологічною та придатною для виготовлення, застосування та експлуатації [23].

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

Коефіцієнт стандартизації:

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

де n – загальна кількість деталей,

N_{cm} – кількість стандартних деталей.

$$Cm = \frac{4}{23} = 0,17.$$

Коефіцієнт уніфікації:

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

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{19}{23} = 0,83.$$

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться з метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість не стандартизованих деталей, унікальних трудомістких деталей.

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.

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

Технологічність конструкції тронка суттєво впливає на характер технологічного процесу виготовлення даної деталі. Ця складальна одиниця повністю відпрацьована для виготовлення в умовах серійного виробництва, оскільки витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невисокі з економією матеріалу.

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

Конструкція деталі являється технологічною коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам і коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність тронка

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи по покращенню технологічності
1	2	3	4
1.	Чи є зручні бази?	Так, технологічно.	При обробці зовнішньої поверхні – встановлення в опорній втулці; при обробці внутрішньої поверхні – встановлення в пристосуванні в передню бабку верстату.
2.	Чи можна використовувати прості установчі елементи?	Так, технологічно.	Конструкція деталі дозволяє використовували прості пневматичні та механічні пристосування, оправки.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3.	Чи треба ввести нові ребра жорсткості?	Ні, технологічно.	-
4.	Чи є глухі отвори?	Ні, технологічно.	-
5.	Чи більша глибина отворів за $8d$?	Так, нетехнологічно.	У даному випадку виконання отворів, глибина яких є більшою за $8d$, є доцільним, так як зміна конфігурації отворів вплине на працездатність всього вузла.
6.	Чи можлива багатошпindelна або багато інструментальна обробка?	Так, технологічно.	Багатошпindelна обробка застосовується для отримання отворів в різних перерізах деталі.
7.	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Так, технологічно.	-
8.	Чи є кільцеві канавки в отворах?	Ні, технологічно.	-
9.	Чи необхідні для обробки розточувальні інструменти довжиною $l > (5 \dots 6)d_{\text{отв}}$?	Так, нетехнологічно.	Заміна неможлива.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10.	Яка точність заготовок для їх обробки на верстатах з ЧПК ?	-	Точність заготовки за 16 квалітетом.
11.	Чи від однієї технологічної бази проставлені розміри?	Так, технологічно.	-
12.	Чи є в конструкції деталі різьби, менші за М6?	Ні, технологічно.	-

Розглянувши таблицю 2.1, зроблено висновок, що в цілому деталь за більшістю показників є технологічною, так як забезпечуються експлуатаційні вимоги та вимоги до найбільш економічного виготовлення.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Даний вузол відповідно до завдання повинен вироблятися за умов середньосерійного виробництва, тому діючі технологічні процеси будуть мати свою специфіку. Сюди відносяться і застосування універсального обладнання, і верстатів із ЧПК.

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений досить професійно. Суттєвим його недоліком є відсутність застосування обладнання, що зменшує техніко-економічні показники виготовлення деталей.

Таке зауваження призводить до необхідності вдосконалення технологічного обладнання. У базовому технологічному процесі використовуються переважно універсальні та агрегатні верстати, що мають велику вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію.

Тому при проектуванні даного технологічного процесу необхідно замінити по можливості 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 в економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

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:

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

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 «Тронк»

Позначення 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	Досягнутий допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
							8	Переходи МОП 9				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Продовження таблиці 2.2

											12	13

Більш економічним є 1-ий варіант обробки, бо задані параметри точності поверхні досягаються на найменшій кількості верстатів. Це дає змогу економити при формуванні верстатного парку підприємства.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

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

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки деталі «Тронк»

Операція	Верстат	Зміст переходів
1	2	3

Продовження таблиці 2.3

1	2	3

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\text{Ø}229^{+0,045}$ 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.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d; \quad (2.7)$$

$$5800 - 4045 = 1800 - 45;$$

$$1755 = 1755.$$

Розраховані таким чином припуски на обробку зручно зобразити графічно на рисунку 2.1.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 229^{+0,045}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розмір, ϕ_p , мм	Допуск σ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	Δ	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	850	850	700	-	-	223,2	1800	223,2	225	-	-
Чорнове точіння	240	220	60	-	2·2400	228	100	228	228,1	3100	4800
Чистове точіння	6,3	100	-	-	2·500	229	45	229	229,045	945	1000
Σ										4045	5800

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні $\varnothing 229^{+0,045}$ мм

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

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на поверхні тронка

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3	4
1	Торець	Чорнове підрізання	1,5
		Чистове підрізання	1
		Чорнове підрізання	0,5
2	Торець	Напівчистове підрізання	2
		Чистове підрізання	0,7
		Чорнове підрізання	0,3
3	Торець	Напівчистове підрізання	2
		Чистове підрізання	0,7
		Чорнове підрізання	0,3
4	Торець	Напівчистове підрізання	2
		Чистове підрізання	0,7
		Чорнове підрізання	0,3
5	Торець	Напівчистове підрізання	2
		Чистове підрізання	0,7
		Чорнове точіння	0,3
6	Циліндрична	Напівчистове точіння	1
		Чистове точіння	0,7
		Чорнове точіння	0,3
7	Циліндрична	Напівчистове точіння	1,5
		Чистове точіння	1
		Чорнове точіння	0,5
8	Циліндрична	Напівчистове точіння	2
		Чистове точіння	1
9	Циліндрична	Чорнове точіння	1,5
		Напівчистове точіння	1
		Чистове точіння	0,5

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
10	Поверхня	Чорнове точіння	1,5
		Напівчистове точіння	1
		Чистове точіння	0,5
11	Внутрішня циліндрична	Чорнове розточування	2
		Чистове розточування	1
12	Внутрішня циліндрична	Чорнове розточування	2
		Чистове розточування	1
13	Отвір циліндричний	Свердління чорнове	17,5
		Свердління напівчистове	18,75
		Розточування чистове	2,5
14	Отвір циліндричний	Свердління чорнове	17,5
		Свердління чистове	3
15	Отвір циліндричний	Свердління	12
16	Отвір циліндричний	Свердління	5
17	Отвір циліндричний	Свердління	3
18	Отвір	Чистове розточування	3
19	Отвір прямокутний	Чистове точіння	3
20	Отвір трапецеїдальний	Чистове фрезерування	3
21	Отвір циліндричний	Свердління чорнове	50
		Свердління чистове	19
		Чистове розточування	3,75
22	Кільцева канавка	Чистове розточування	2,5
23	Кільцева канавка	Чорнове розточування	18
		Чистове розточування	2
24	Кільцева канавка	Чорнове розточування	3
		Чистове розточування	0,5
25	Кільцева канавка	Чорнове розточування	12,25
		Чистове розточування	0,5

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
26	Кільцева канавка	Чорнове розточування	8
		Чистове розточування	0,5
27	Кільцева канавка	Чистове розточування	1,5
28	Отвір циліндричний	Свердління	10
		Зенкерування	0,6
		Розгортання	0,15
29	Отвір циліндричний	Свердління	15
		Зенкерування	1

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (тронк) поршня розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для механічної обробки тронка

Пристосування використовується на операції 045 (токарна багаторіцева із ЧПК).

Пристосування складається з таких основних елементів:

- планшайба спеціальна (поз.1);

- фланець спеціальний (поз.2);
- хомут спеціальний (поз.3);
- пальці спеціальні (поз.4, 6);
- штифти спеціальний та стандартні (поз.5, 10);
- тяга спеціальна (поз.7);
- гайка стандартна (поз.8);
- гвинти стандартні (поз.9).

До планшайби (поз.1) за допомогою гвинтів (поз.9) та штифтів (поз.10) приєднується фланець (поз.2), який у свою чергу приєднується шліцьовим з'єднанням до хомути (поз.3). Хомут поєднується з тягою (поз.7) різьбовим з'єднанням та фіксується гайкою (поз.8). Тяга в свою чергу має зв'язок з пневмоциліндром. На хомут насаджується деталь до упору з фланцем, в осьовий отвір деталі та хомути вставляється спеціальний палець (поз.4), який за допомогою іншого пальця (поз.6) фіксується в даному отворі. При включенні пневмоциліндра тяга рухається вліво та забезпечує щільне прилягання стінки тронка до фланця. Крім того базування йде ще й по осьовому отвору деталі, що забезпечує більш точну обробку.

3.2 Розрахунок та обґрунтування обраної конструкції

Складаємо схему діючих сил і визначаємо з неї силу, яка необхідна для затиску W [12, 36, 38, 39].

На даній операції (045) максимальна сила різання P_z при чорновому прорізанні канавки.

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

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

де $F_{TP} = W \cdot f$ – сила тертя (f – коефіцієнт тертя).

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.2)$$

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

$K_0 = 1,3$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

$K_2 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує затушення PI;

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

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

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

$K_6 = 1,0$.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 = 2,08 .$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Визначимо силу різання P_z із використанням [7, 28]. Розглядається послідовність розрахунку режимів різання для деталі тронк на прикладі прорізання канавки з геометричними розмірами $8,^{5+0,03}$ мм, $\varnothing 233_{-0,3}$ мм (операція 045). Спочатку обирається різальний інструмент – різець спеціальний канавочний із T15K6.

1) Призначається подача S : $s=0,4$ мм/об.

2) Розраховується швидкість різання за формулою:

$$V = \frac{C_v \cdot K_v}{T^m \cdot s^y} \quad (3.3)$$

де V – швидкість різання, м/хв.;

C_v, m, y – сталі коефіцієнти;

K_V – коефіцієнт, який знайдено за формулою як добуток коефіцієнтів, що враховують вплив матеріалу заготовки K_{MV} , стан поверхні $K_{ПV}$, матеріал інструменту K_{IV} ;

T – період стійкості;

S – подача, мм/об.

Отже, $C_V = 350$; $m = 0,2$; $y = 0,35$; $K_{MV} = 0,8$; $K_{ПV} = 0,9$; $K_{IV} = 1$; $T = 30$ хв.

Тоді, $K_V = 0,8 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,72$.

Підраховуємо швидкість різання:

$$V = \frac{350 \cdot 0,72}{30^{0,2} \cdot 0,4^{0,35}} = 78 \text{ м/хв.}$$

3) Розраховується сила різання (основна складова):

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.4)$$

де V – швидкість різання, м/хв.;

C_p , x , y , n – сталі коефіцієнти;

K_p – поправочний коефіцієнт, що являє собою добуток коефіцієнтів, що враховують фактичні умови обробки.

Отже, $C_p = 50$; $x = 1$; $y = 14$; $n = 0$; $K_p = 0,85$.

Тоді основна складова сили різання:

$$P_z = 10 \cdot 50 \cdot 2,5^1 \cdot 0,4^1 \cdot 78^0 \cdot 0,85 = 425 \text{ (Н)}.$$

Визначається сила, необхідна для надійного закріплення деталі на верстаті:

$$W = \frac{425 \cdot 2,08}{0,1} = 8800 \text{ (Н)}.$$

Отже зусилля затиску деталі під час обробки становить 8,8 кН.

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 пневмоциліндру.

Для даного випадку можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.5)$$

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

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 8800$ Н.

Знаходиться діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.6)$$

З цієї формули виражається значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.7)$$

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока;

η – ККД пневмоциліндру;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

Маємо, що $\eta = 0,8$; $p = 0,5$ МПа; $d = 30$ мм.

Визначимо діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 8800}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,5}} + 30^2 = 122 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 125 \text{ мм}$.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Дане пристосування під час експлуатації піддається значним навантаженням. Особлива увага приділяється зусиллям, що діють на палець (поз.4), так як вони намагаються зігнути дану деталь. Це може призвести до неточного закріплення деталі та, як наслідок, до отримання бракованого виробу, що не відповідає вимогам креслення.

Саме тому на даному етапі проектування затискного пристосування розраховується стріла прогину пальця за умови діючих сил, що зображені на рисунку 3.2 при допустимій стрілі прогину $[f_{\text{доп}}] = 0,42 \text{ мм}$.

Рисунок 3.2 – Ескіз сил, діючих на палець

1 Знаходиться геометрична характеристика перерізу пальця.

$$W_x = \frac{\pi}{32} \cdot (D^3 - d^3), \quad (3.8)$$

де W_x – момент опору перерізу при згинанні;

D, d – діаметри пальця.

$$W_x = \frac{3,14}{32} \cdot (95^3 - 64^3) = 58410 \text{ мм}^3.$$

Визначається допустимий пластичний момент.

$$M_{\text{доп}} = [\sigma] \cdot W_x, \quad (3.9)$$

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

$$M_{\text{доп}} = 10 \cdot 10^6 \cdot 58,41 \cdot 10^{-6} = 0,58 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Розраховуємо зовнішнє навантаження.

$$M_{\text{доп}} = \frac{Q \cdot l^2}{8} + \frac{F \cdot l}{4}, \quad (3.10)$$

де Q – сила затиску;

l – довжина пальця.

$$580 = \frac{8825 \cdot 0,23^2}{8} + \frac{F \cdot 0,23}{4}.$$

Звідси маємо, що:

$$F = \frac{(580 - 58,36) \cdot 4}{0,23} = 9072 \text{ Н}.$$

Знаходимо стрілку прогину:

$$f = \frac{F \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I}, \quad (3.11)$$

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

$I=274450 \cdot 10^{-8}$ см⁴ – відцентровий момент інерції.

Отже,

$$f = \frac{9072 \cdot 0,23^3}{48 \cdot 2,1 \cdot 10^{12} \cdot 274450 \cdot 10^{-16}} = 0,4 \text{ мм.}$$

З вище отриманих розрахунків маємо те, що дійсний прогин не перевищує допустимий $f=0,4 \text{ мм} < [f_{\text{дон}}]=0,42 \text{ мм}$.

Дане пристосування відповідає експлуатаційним нормам та забезпечує при затисканні необхідну точність обробки деталі.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки тронка поршня: виготовлення литвом у кокіль, литво під тиском [1, 4, 34].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена литвом у кокіль:

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

де Q_d – маса деталі, кг ($Q_d = 14,5$);

k_i – коефіцієнт використання матеріалу ($k_i = 0,85$ – при литві у кокіль; $k_i = 0,65$ – при литві під тиском).

$$Q_{заг} = \frac{14,5}{0,85} = 17,06 \text{ кг}.$$

При отриманні деталі відцентровим литвом маса заготовки буде становити:

$$Q_{заг} = \frac{Q_d}{k_i} = \frac{14,5}{0,65} = 22,3 \text{ кг}.$$

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

$$C_B = 0,001 [C_{бв} \cdot Q_{заг} \cdot K_{ТВ} \cdot K_{св} \cdot K_{МВ} \cdot K_{ПМВ} \cdot K_{ст} - (Q_{заг} - Q_{дет}) C_{ВХ}], \quad (4.2)$$

де $Q_{заг}$ – маса заготовки;

$C_{\text{об}}$ – базова вартість 1 т заготовок, $C_{\text{об}}=60000$ грн. [1];

$C_{\text{вх}}$ – вартість 1т відходів, $C_{\text{вх}}=15000$ грн. [1].

Коефіцієнти за [4, 34]:

а) залежно від точності: $K_{\text{ТВ}}=1,32$ та $1,64$;

б) залежно від маси виливка: $K_{\text{ПМВ}}=1,36$;

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

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

д) залежно від відносного потоншення основних стінок: $K_{\text{СТ}}=1,06$.

Визначаємо собівартість при литві у кокіль:

$$C_{\text{в}}=0,001(60000 \cdot 17,06 \cdot 1,32 \cdot 1,36 \cdot 0,65 \cdot 1,1 \cdot 1,06 - (17,06 - 14,5) \cdot 15000) = 1354,3(\text{грн.})$$

Визначаємо собівартість при відцентровому литві:

$$C_{\text{в}}=0,001(60000 \cdot 22,3 \cdot 1,64 \cdot 1,36 \cdot 0,65 \cdot 1,1 \cdot 1,06 - (22,3 - 14,5) \cdot 15000) = 2144,8(\text{грн.}).$$

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:

$$E = (2144,8 - 1354,3) \cdot 300 = 237150 \text{ (грн.)}.$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок литвом у кокіль, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 790,5 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки литвом під тиском. Одним із недоліків литва під тиском окрім цього є висока вартість виготовлення штампу, вартість обладнання, його ремонт та експлуатація.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення вимірюється у люксах залежно від категорії робіт за зоровою точністю і визначає мінімальну освітленість робочої поверхні. Воно призначається для освітлення робочих поверхонь у темний час доби, або при недостатньому їх освітленні. Можна проєктувати таке освітлення двох видів: загальне та місцеве. Загальне призначається для освітлення усього цеху в цілому, а місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця, умови роботи на якому не задовольняють загальному освітленню в цеху [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку. Необхідний світловий потік однієї лампи розраховується за формулою:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot N}, \quad (4.3)$$

звідки визначимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}, \quad (4.4)$$

де $E_n = 400$ – значення нормативного освітлення механоскладальних цехів, лк;

$k = 1,3$ – коефіцієнт запасу (для ламп ДРЛ);

$S = 1080 \text{ м}^2$ – площа приміщення, що освітлюється, приймаємо за вказівкою керівника;

$z = 1,15$ – коефіцієнт номінального освітлення;

η – коефіцієнт використання;

Φ – величина світлового потоку, лк.

Коефіцієнт використання η знаходять, попередньо визначивши індекс

приміщення i за формулою:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}, \quad (4.5)$$

де a, b – довжина та ширина цеху (за вказівкою керівника): $a = 30$ м, $b = 36$ м;

h – розрахункова висота

$$h = H - h_r. \quad (4.6)$$

де $H = 12$ – висота від підлоги до ферми, м;

$h_r = 1,2$ – висота від підлоги до робочого місця, м.

Тоді маємо, що

$$h = 12 - 1,2 = 10,8 \text{ (м)}.$$

Індекс приміщення:

$$i = \frac{30 \cdot 36}{10,8 \cdot (30 + 36)} = 1,52.$$

За довідником (зазначено вище) знаходимо коефіцієнт використання $\eta = 0,6$.

Світловий потік ламп ДРЛ-400 становить $\Phi = 19000$ лк.

Тоді знаходимо необхідну кількість ламп

$$N = \frac{400 \cdot 1,3 \cdot 1080 \cdot 1,15}{0,6 \cdot 19000} = 57 \text{ (шт.)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху 29 світильників по 2 лампи ДРЛ-400, які розташовуємо по сітці на всій території цеху.

4.3 Види виникнення надзвичайних ситуацій

Виникнення надзвичайної ситуації викликається наявністю джерел природної і техногенної небезпеки, які за певних умов (природні явища, аварії, катастрофи на об'єктах техносфери) у результаті впливу вражаючих факторів можуть завдати шкоди населенню, об'єктам техносфери та природньому середовищу.

Небезпека – центральне поняття сфери безпеки життєдіяльності у біо- та техносфері із утворенням різних відходів. Визначальними ознаками небезпеки є:

- можливість безпосереднього негативного впливу на об'єкт сил природи;
- можливість порушення нормального стану елементів виробничого процесу, у результаті якого можуть виникнути аварії, вибухи, пожежі, травми.

В Україні зустрічається понад 25 небезпечних природних явищ. За даними багаторічних спостережень, найбільшу небезпеку являють собою повені, зсуви ґрунту та обвали, землетруси. Саме з цими процесами часто пов'язаний значні соціально-економічні збитки.

Внаслідок активізації екзогенних процесів спостерігаються природні надзвичайні ситуації. Активізація зсувів та селей зумовлена аномаліями у режимі гідрометеорологічних факторів. Разом із тим оновлення та рухомість крупних зсувів та обвалів скальних порід на Західній Україні можуть свідчити про зростання геодинамічної активності. Активізація карстово-суффізійних процесів пов'язана із посиленням техногенним впливом на геологічне середовище і, можливо, із регіональною активізацією сучасних тектонічних рухів за скритим глибинним розломам.

Щорічно небезпечні гідрометеорологічні явища завдають суттєвої шкоди галузям економіки та населенню. Їх кількість має тенденцію до коливань в межах 250...300.

Найбільш часто повторюваними небезпечними явищами є сильний вітер, у тому числі шквал – сильний ливень, а також підвищення рівня води у результаті дощових паводків та весняної повені.

Існують потенційні небезпеки у промисловості. У зонах можливого впливу вражаючих факторів при виникненні надзвичайної ситуації на промислових об'єктах, враховуючи хімічно небезпечні, ядерно- радіаційно небезпечні проживає чимала кількість населення України.

Суттєву загрозу для населення являє нестабільна робота об'єктів енергопостачання. В електроенергетиці кількість обладнання, що відпрацювало свій ресурс, становить 60...65%.

На небезпечних виробничих об'єктах нафтохімічної та нафтопереробної промисловості щорічно відбувається від 12 до 20 аварій. Основною причиною їх є незадовільний стан технічних пристроїв, будівель, споруд.

В Україні функціонує чимала кількість ядерно- та радіаційно небезпечних об'єктів. Радіаційно небезпечний об'єкт – це об'єкт, на якому зберігають, перероблюють, використовують або транспортують радіоактивні речовини та радіоактивні відходи. До радіаційно небезпечних об'єктів відносять підприємства ядерного циклу, виготовлення ядерного палива, переробки відпрацьованого ядерного палива та його зберігання; науково-дослідні та проєктні організації; транспортні ядерні енергетичні установки.

Основну радіаційну небезпеку на АЕС та любій іншій ядерній енергетичній установці являє виток тієї чи іншої кількості радіоактивних речовин із реактора у навколишнє середовище.

Проблема забезпечення радіаційної безпеки в Україні на сьогодні є одним із пріоритетних завдань органів управління.

В Україні діє чимало хімічних об'єктів. У зоні підвищеної хімічної небезпеки розташовано міста із чисельністю понад 100 000 осіб у кожному. В технологічних процесах промисловості використовують такі аварійно-хімічні небезпечні речовини, як хлор, аміак, оксид етилену та вуглеводні.

Хімічно небезпечний об'єкт – об'єкт, на якому зберігають, перероблюють або транспортують небезпечні хімічні речовини, при аварії на якому або при

руйнуванні якого може відбутися загибель або хімічне зараження населення та довкілля.

Аварії на хімічних підприємствах при виробництві, зберіганні та транспортуванні аварійно-хімічних небезпечних речовин, що супроводжується їх викидом чи розливом, є джерелами можливих надзвичайних ситуацій, що пов'язані зі значними людськими жертвами, загибеллю тварин, рослин, забрудненням навколишнього середовища.

Пожежна небезпека являє собою вид небезпеки кризового характеру та відноситься у рівній частині і до природних, і до техногенних соціальних небезпек.

Пожежовибухонебезпечний об'єкт – це об'єкт, на якому виробляють, використовують, перероблюють, зберігають та транспортують легкозаймисті та пожежовибухонебезпечні речовини, які створюють загрозу виникнення техногенної надзвичайної ситуації. На даний час в Україні у різних галузях промисловості експлуатується кілька тисяч вибухопожежонебезпечних виробничих об'єктів.

Боротьба із пожежами стає однією із найбільш гострих соціальних та екологічних проблем. Основними причинами пожеж є порушення правил пожежної безпеки, використання несправного пічного опалення, електрообладнання, застарілих енергетичних мереж.

Пожежна безпека є необхідною умовою для вдалого вирішення важливих соціально-економічних проблем суспільства та країни.

В Україні до 70% теплового забруднення довкілля та близько 50% усіх шкідливих викидів припадає на частку енергетичного сектору. Зокрема, частка галузей паливно-енергетичного комплексу у викидах забруднюючих речовин у атмосферне повітря промисловістю становить близько 40%.

В мережі внутрішньопромислових трубопроводів щорічно відмічається близько 20 000 випадків розривів, свищів та інших аварій, що призводить до значних втрат та забруднення територій.

У важкому становищі знаходяться основні виробничі фонди угідь галузі, в якій експлуатується значна кількість потребуючих реконструкції та навіть закриття штолень із низькими техніко-економічними показниками. Прориви газу та порушення технологій виробничих робіт зумовлюють чималу аварійність у вугільній промисловості.

На території України експлуатується кілька тисяч водосховищ. У зонах затоплення внаслідок наявності цих гідротехнічних споруд при надзвичайних ситуаціях мешкає кілька мільйонів осіб. Основною причиною аварійності гребель, дамб, шлюзів та інших споруд є їх незадовільна експлуатація.

Гідродинамічні аварії – це прориви гідротехнічних споруд, що є гідродинамічно небезпечними об'єктами із утворенням хвиль прориву та катастрофічних затоплень. Прорив гребель призводить до миттєвого затоплення місцевості. При цьому масштаби наслідків гідродинамічних аварій залежать від параметрів та технічного стану гідровузла, обсягів запасу води у водосховищі, рельєфу місцевості, сезону та інших факторів. Важливо з метою зменшення шкоди при гідротехнічних аваріях мати передчасне прогнозування динаміки поширення хвиль прориву.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення поршня дизеля. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною поршня, а саме тронку. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-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 тронку. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 229^{+0,045}$ мм розрахунково-аналітичним методом. На решту поверхонь деталі припуски визначені за довідниковими таблицями.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки тронку. Визначені параметри силового приводу. Розраховано слабку ланку на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки тронку поршня. Річний економічний ефект для програми випуску 300 шт. склав 237150 грн. Окрім того, здійснено розрахунок загального освітлення виробничого приміщення за методом світлового потоку. Приділено увагу видам виникнення надзвичайних ситуацій та їх впливу на довкілля.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик поршня дизеля двигуна внутрішнього згоряння, кресленик тронка, кресленик заготовки тронка, складальний кресленик затискного пристосування для виконання токарної операції механічної обробки.