

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: «Конструкторсько-технологічне забезпечення
процесу виготовлення колеса насосу електровідцентрового»

КРБ.133ГМбд_31[2].14.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
ЧУХЛІБ Володимир

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Занурювальні насоси широко застосовуються у сільському господарстві. Вони використовуються за кількома напрямками.

1. Зрошення полів. Дозволяють ефективно перекачувати воду із водойм, свердловин або резервуарів на поля та ферми.
2. Водопостачання тварин. Забезпечують водою пасовища та ферми, забезпечуючи водою напувалки.
3. Дренаж. За їх допомогою відкачують зайву воду з полів, запобігаючи заболоченню та забезпечуючи оптимальні умови для росту рослин.
4. Свердловини. Ідеально підходять для роботи в глибоких свердловинах, звідки можна подавати воду для різних потреб на фермах.

Крім перелічених напрямків, занурювальні насоси у сільському господарстві використовуються також для: зберігання та перемішування рідких добрив вони допомагають перекачувати та перемішувати рідкі добрива, що важливо для рівномірного внесення поживних речовин на поля; управління водним балансом теплиць – занурювальні насоси допомагають контролювати рівень вологості та полив у теплицях, підтримуючи оптимальні умови для вирощування культур, рибництва та аквакультури (часто застосовуються для забезпечення циркуляції води та підтримки необхідного рівня кисню у ставках чи басейнах для риб); збирання дощової води (для відкачування дощової води з накопичувальних ємностей, що дозволяє ефективно використовувати природні ресурси для поливу або інших потреб на фермі).

Ці насоси мають високу надійність, стійкість до впливу різних хімічних речовин і не вимагають складного обслуговування, що робить їх незамінними в сільськогосподарських господарствах будь-якого масштабу.

Саме тому розробка та удосконалення деталей електровідцентрових насосів, що широко використовуються на об'єктах сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею [32].

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки

виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос електровідцентровий, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення колеса, 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 відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також здійснити його основні розрахунки;

- 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 насос електровідцентровий (рисунок 1.1, 1.2, таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Номінальна подача	м ³ /доба	200
2	Напір	м	795
3	Коефіцієнт корисної дії	%	50
4	Частота обертання	об/хв.	2850
5	Кількість ступенів		227
6	Габаритні розміри	мм	Ø92×9700
7	Маса	кг	238

До складу насосу входять (рисунок 1.1): 1 – заглушка транспортна; 2 – секція верхня; 3 – кільце ущільнююче; 4 – пята опорна; 5 – корпус підшипника; 6 – відбійник; 7 – апарат напрямний; 8 – колесо; 9 – вал; 10 – підшипник верхній; 11 – корпус; 12 – підшипник середній; 13 – втулка захисна; 14 – сітка; 15 – основа; 16 – фільтр сітчастий; 17 – секція опорна; 18 – підшипник нижній; 19 – муфта приводна.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.1 – Насос електровідцентровий

Принцип дії насосу наступний (рисунок 1.1). При обертанні п'яти, рідина рухається від центру до периферії по канавках, потрапляючи під скіс і нагнітається в зазор між плоскими частинами підп'ятника і п'яти. Таким чином, підп'ятник ковзає по шару рідини. Таке тертя підтримується тільки в робочому режимі, що забезпечує низький коефіцієнт тертя та незначні втрати енергії на тертя у п'яті, невелике зношування деталей п'яти при досить високому осьовому зусиллі, яке вона сприймає.

Робочим органом відцентрового насосу слугує ступінь (рисунок 1.2). Вона складається із колеса 2 і направляючого апарату 1, втулки 3 та шайб 4, 5. Колесо і апарат чавунні. Колесо зв'язане з валом шпонкою, яка передає обертовий момент. В осьовому напрямі робоче колесо на валу не закріплене – воно може пересуватись по ньому. Робоче колесо має у нижній і верхній частинах текстолітові опорні кільця. Нижнє кільце опирається на бурт направляючого апарата та сприймає вістові сили, які виникають при роботі колеса.

Частина осьових сил, що діють на робоче колесо може виникати і передаватись валу, внаслідок прихвату колеса до валу, при відкладеннях солей у зазорі між валом і колесом. В новому насосі, або при використанні засобів, які запобігають прихвату колеса до валу, основна осьова сила, що діє на вал, – це тиск відкачуваної рідини на його верхній торець (нижній кінець валу практично знаходиться в зоні прийому насосу).

Для збільшення строку служби насосу при відборі рідини з великим вмістом піску в конструкцію насосу внесені наступні зміни.

1. Чавунні робочі колеса замінені пластмасовими з поліамідної смоли, стійкої проти зносу абразивом, що вільно пересувається і не набухають у воді.
2. Текстолітова опора колеса замінена гумовою, а в направляючому апараті опорою для цієї гумової шайби слугує сталева термічно оброблена втулка.
3. Для зменшення зношування маточин робочих коліс і валу встановлюються додаткові гумово-металеві радіальні опори. Вони перешкоджають згину валу при його обертанні. Таким чином, знімаються зусилля біля радіальної опори колеса в направляючому апараті.

Рисунок 1.2 – Ступінь насосу

Деталлю, що виводиться на детальний розгляд, є колесо (рисунок 1.3).

Має циліндричну форму і за прийнятою класифікацією відноситься до класу «диски». На зовнішній циліндричній поверхні робиться глибока проточка. Внутрішня торцева поверхня має маточину з циліндричною виточкою та отвір під втулку. Внутрішній торець складний – має маточини з виточкою.

Рисунок 1.3 – Колесо

Колесо виготовляють з сірого чавуну СЧ 25 за ДСТУ 8833:2019.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Колесо» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.4), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Креслення деталі не виконане у відповідності до стандарту, бо не містить у собі всі необхідні відомості (розміри, відхилення, взаємного розташування, відхилення від форми) та технічні вимоги, яким вона повинна відповідати після виготовлення в умовах дрібносерійного виробництва.

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорсткість Ra, мкм
				Форми	Розташування	
1, 2	Торець	14	h14	-	-	1,6
3	Циліндрична	$\varnothing 35 \begin{smallmatrix} (+0,050 \\ +0,034 \end{smallmatrix}$	h6	-	-	1,6
4	Канавка торцева	$\varnothing 44 \begin{smallmatrix} (+0,025 \\ \end{smallmatrix}$	H7	-	-	1,6
5	Циліндрична	$\varnothing 48$	h14	-	-	1,6
6	Конусна	$\varnothing 68$	h14	-	-	3,2
7	Циліндрична	$\varnothing 17$	H14	-	-	1,6
8	Внутрішня торцева	r6	H14	-	-	1,6
9	Шпонковий паз	$1,5 \begin{smallmatrix} (+0,06 \\ +0,02 \end{smallmatrix}$	H14	-	-	1,25
10	Циліндрична	$\varnothing 21 \begin{smallmatrix} (+0,041 \\ +0,028 \end{smallmatrix}$	h6	-	-	1,6
11	Циліндрична	$\varnothing 31 \begin{smallmatrix} (+0,025 \\ \end{smallmatrix}$	H14	-	-	1,6
12	Циліндрична	$\varnothing 32 \begin{smallmatrix} (+0,025 \\ \end{smallmatrix}$	H7	-	-	1,6
13	Циліндрична	$\varnothing 36$	H14	-	-	1,6
14	Конусна	$\varnothing 68$	H14	-	-	1,6
15	Внутрішня торцева	$\varnothing 72$	H14	-	-	1,6

Рисунок 1.4 – Аналіз параметрів точності колеса

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 10, $\varnothing 21r6^{+0,041}_{+0,028}$. Найнижча шорсткість $Ra=1,25$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах серійного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Деталь виготовлено із сірого чавуну за ДСТУ 8833:2019 [24, 37]. Він має високі ливарні та антифрикційні властивості. Даний виливок в процесі експлуатації підлягає підвищеному зносу по спряженню $\varnothing 21H7/h6$, тому потребує підвищеної твердості робочих поверхонь по вказаному спряженню і певної мікроструктури чавуну (дисперсності цементу, розмірів і розміщення графітових включень і т.д.). Характер розташування включень, який у даному випадку представляє собою включення пластинчастого графіту, зменшує тертя.

При виготовленні чавунів високих марок використовують модифікування, легування та термообробку. Технологія виготовлення виливок із сірого чавуну відрізняється простотою, високими техніко-економічними показниками, не потребує дефіцитних матеріалів і високих енерговитрат.

Структура і властивості сірого чавуну визначається процесом графітизації, від якого залежить не лише кількість і характер графітових включень, але в значній мірі і структура матриці.

Високоміцний чавун з шароподібним графітом слід розглядати як найбільш перспективний ливарний сплав, за допомогою якого можна успішно вирішувати проблему зниження маси конструкцій при збереженні її високої надійності та довговічності.

У структурі сірого чавуну СЧ25 входять: C, Si, Mn, S, P.

C підвищує механічні та ливарні властивості. Si сприяє утворенню феритної структури, покращує ливарні властивості, при вмісті більш 2,3% зменшує ударну в'язкість і холодостійкість. Mn зменшує кількість фериту (при вмісті 0,4%), підвищує міцність, пластичність, знижує холодостійкість. S помітно гальмує процес сфероїзації графіту, знижує механічні і ливарні властивості. При вмісті більше 0,08% P різко зменшується пластичність і підвищується міцність і твердість.

Хімічний склад та властивості матеріалу, замінників заносимо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу деталі

Марка чавуну	Масова частка елементів, % (решта Fe)					Механічні властивості	
	C	Si	Mn	P	S	σ_b	HB
				не більше		МПа	
СЧ25	3,2-3,4	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15	250	1800-2500
СЧ20	3,3-3,5	1,4-2,4	0,7-1,0	0,2	0,15	200	1700-2410
СЧ30	3,0-3,2	1,3-1,9	0,7-1,0	0,2	0,12	300	1810-2550
СЧ35	2,9-3,0	1,2-1,5	0,7-1,1	0,2	0,12	350	1970-2690

Можливе використання інших марок сірого чавуну. Але у першу чергу, при приблизно однакових механічних властивостях, потрібно враховувати економічну доцільність вибору матеріалу для виготовлення деталі. Також нам не відомі умови роботи деталі у вузлі, тому залишаємо марку матеріалу, що призначив конструктор, тобто – СЧ25.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в колесах насосу електровідцентрового 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.

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

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [54] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічність вузла – це характеристика конструкції, що визначає його простоту та зручність при виготовленні, монтажі, експлуатації та ремонті. Вузол вважається технологічним, якщо його можна легко та економічно виробляти, використовуючи стандартні матеріали, інструменти та обладнання. Ключові аспекти технологічності вузла включають мінімізацію кількості деталей, простоту складання, надійність та довговічність, а також відповідність вимогам безпеки та екологічним стандартам.

Технологічність вузла охоплює низку факторів, що допомагають оптимізувати виробничий процес. До них відносяться наступні.

1. Спрощення конструкції – чим менше деталей та операцій потрібно для складання вузла, тим технологічнішим він є. Це знижує витрати на матеріали та робочу силу.

2. Стандартизація – використання стандартних комплектуючих та матеріалів спрощує закупівлю та виробництво. Стандартні деталі також забезпечують взаємозамінність, що полегшує ремонт.

3. Зручність складання та розбирання – технологічні вузли легко та швидко збираються та розбираються. Це важливо для оптимізації виробничих та ремонтних процесів.

4. Надійність – технологічність вузла включає довговічність і стійкість до зовнішніх впливів, що знижує потребу в частому обслуговуванні та ремонті.

5. Економічність – технологічні вузли мінімізують витрату матеріалів, забезпечують енергозбереження та зменшують відходи, що знижує собівартість.

6. Пристосованість до автоматизації. Вузол, розроблений з урахуванням технологічності, легко адаптується до масового або автоматизованого виробництва.

Таким чином, технологічність вузла не тільки спрощує процес його виготовлення та складання, а й значно знижує витрати, підвищуючи виробничу ефективність та покращуючи експлуатаційні якості продукції.

Вузол має у своєму складі багато уніфікованих деталей. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнту уніфікації. Коефіцієнт уніфікації – це показник, що відображає ступінь використання однотипних або взаємозамінних деталей, вузлів та агрегатів у виробничих виробках.

У промисловості та техніці коефіцієнт уніфікації розраховують як відношення числа уніфікованих елементів до загального числа елементів у виробі чи комплексі.

Коефіцієнт уніфікації:

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

де n – загальна кількість деталей;

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{12}{19} = 0,63$$

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

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

У процесі аналізу креслення деталі було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва, оскільки затрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу та часу.

Основні та спеціальні вимоги до технологічності деталі занесені до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність колеса

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення 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 трьохкулачковому патроні. При обробці внутрішньої поверхні – встановлення в кондукторі з центруванням на циліндричний палець.
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно.	Бажано уникати глухих отворів, але в даному випадку це неможливо.
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Ні, технологічно	Необхідно уникати глухих отворів, тому що їх виготовлення ускладнене за рахунок відведення стружки.
5	Чи можлива багатошпіндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	-
6	Чи є внутрішні торці, які необхідно оброблювати?	Так, нетехнологічно	Необхідно або уникати, або розробити конструкцію інструмента, який би дозволяв обробляти торці за мінімальну кількість переходів.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
7	Чи є скоси або пази під кутом, відмінним від 45°?	Так, нетехнологічно	Бажано змінити конструкцію деталі, необхідно погодити з конструктором.
8	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	-
9	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	Мітчики малих діаметрів при виготовленні деталей в умовах автоматизації схильні до помилок.
10	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки.
11	Чи є великі перепади діаметрів?	Ні, технологічно	-

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

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Аналіз технологічного процесу механічної обробки деталі включає розгляд кількох етапів:

1. Вивчення креслення та технічних вимог до деталі. Необхідно уважно вивчити креслення деталі, визначити точні розміри, допуски та шорсткість поверхонь. Визначаються матеріал деталі та вимоги до обробки (твердість, пластичність тощо).

2. Визначення необхідних операцій. З технічних вимог вибираються основні операції механічної обробки: точіння, фрезерування, свердління, шліфування тощо. Визначається послідовність виконання операцій з урахуванням вимог до точності та чистоти обробки.

3. Вибір обладнання та інструментів. Підбираються верстати та обладнання, що підходять для виконання кожної операції. Вибираються різальні інструменти (різці, фрези, свердла) з урахуванням матеріалу деталі та режимів обробки.

4. Розрахунок режимів різання. Визначаються оптимальні режими різання: швидкість різання, подача, глибина різання кожної операції. Це допомагає зменшити знос інструменту та знизити час обробки. Режими різання розраховуються на основі матеріалу заготовки, характеристик інструменту та обладнання.

5. Оптимізація процесу. Аналізуються можливості мінімізації холостих ходів та настановних операцій. Розглядаються способи поєднання операцій, якщо це не впливає на точність обробки, щоб підвищити ефективність.

6. Контроль якості. На кожному етапі технологічного процесу застосовується контроль якості. Використовуються вимірювальні інструменти та пристрої для перевірки розмірів, форми, шорсткості та інших параметрів. Якщо виявляється відхилення, процес коригується або переналаштовується.

7. Оцінка економічної ефективності. Розраховуються витрати на процес, включаючи амортизацію обладнання, витрати на інструменти та енергоресурси.

Порівнюються витрати на запропоновану технологію з альтернативними методами, оцінюється рентабельність процесу.

8. Документування процесу. Розробляється технологічна карта, де фіксуються послідовність операцій, режими обробки, обладнання та інструменти, контрольні точки та вимоги до якості.

Проведення аналізу існуючого процесу обробки дозволяє виявити слабкі місця, підвищити ефективність, покращити якість готової продукції та скоротити виробничі витрати.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

Маршрути обробки поверхонь – це послідовність операцій, які виконуються для досягнення необхідної чистоти, точності та якості поверхні деталі. Вони залежать від матеріалу заготовки, типу поверхні (плоска, циліндрична, фасонна і т.д.), вимог до допусків, шорсткості та інших параметрів.

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_i^n \varepsilon_i, \quad (2.2)$$

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 чистової обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.3)$$

Приклад для обробки отвору $\varnothing 17H7(-^{+0,021})$. Допуск за кресленням 0,018 мм, допуск заготовки 0,40 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,40}{0,018} = 22,22.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 22,22}{0,46} \approx 3.$$

Для першого ступеня приведений коефіцієнт уточнення дорівнює:

першого $\varepsilon_1 = 3,9$,

другого $\varepsilon_2 = 2,6$,

третього $\varepsilon_3 = 2,5$,

четвертого $\varepsilon_4 = 1,6$.

Орієнтуючись на маршрут обробки деталі в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання.

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Маршрути обробки деталі

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресл., мкм	Шорсткість Ra за кресл., мкм	Допуск за товщ., мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							№	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	360	1,6	420	14	1,19	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	2,39
								Точіння остаточне	9	43	2,6	10
2	14	360	1,6	430	14	1,19	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	2,39
								Точіння остаточне	9	43	2,6	10
3	14	320	3,2	430	14	1,34	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	2,39
								Точіння остаточне	9	43	2,6	10
4	14	320	3,2	320	14	1,61	1	Точіння остаточне	9	87	3,9	1,61
5	14	220	1,6	620	14	2,82	1	Точіння попереднє	12	250	3,9	2,48
								Точіння остаточне	9	62	2,6	10
6	14	250	3,2	620	14	2,48	1	Точіння попереднє	12	250	3,9	2,48
								Точіння остаточне	9	62	2,6	10
7	8	39	1,6	520	14	13,3 3	1	Розточування	12	250	3,9	2,08
								Розгортання	9	62	2,6	8,39
8	14	360	3,2	430	14	1,19	1	Точіння остаточне	9	43	3,9	10
9	7	21	1,6	520	14	24,76	1	Розточування	12	210	3,9	2,48
								Розгортання	9	52	2,6	10
10	14	520	1,6	620	14	1,19	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	3,44
								Точіння остаточне	9	43	2,6	14,4 2
11	14	620	1,6	620	14	1	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	3,44
								Точіння остаточне	9	43	2,6	14,4 2
12	14	360	3,2	430	14	1,19	1	Точіння попереднє	12	180	3,9	2,39
								Точіння остаточне	9	43	2,6	10
13	14	360	3,2	430	14	1,19	1	Точіння остаточне	9	43	3,9	10
14	6	13	3,2	520	14	40	1	Точіння попереднє	12	210	3,9	2,48
								Точіння остаточне	9	52	2,6	10

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
15	14	620	3,2	620	14	1	1	Точіння попереднє	12	250	3,9	2,48
								Точіння остаточне	9	62	2,6	10
16	8	46	3,2	740	14	1	1	Точіння попереднє	12	350	3,9	2,11
								Точіння остаточне	9	74	2,6	10
17	14	740	3,2	740	14	1	1	Точіння попереднє	12	350	3,9	2,11
								Точіння остаточне	9	74	2,6	10
18	10	58	1,25	430	14	7,41	1	Протягування пазу	7	18	3,9	23,89

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі – це документ, який описує послідовність технологічних операцій, що необхідні для виготовлення деталі із заданими параметрами. У ньому вказано всі етапи обробки від початкової заготовки до готового виробу. Цей маршрут дозволяє раціонально організувати процес, забезпечити необхідну якість та знизити виробничі витрати.

Основні елементи маршруту обробки деталей:

1. Послідовність операцій – перелік операцій, необхідні обробки деталі, у тому логічної послідовності: від чорнових операцій (грубе видалення матеріалу) до чистових (точна обробка).

2. Вибір обладнання – для кожної операції вказується обладнання, на якому воно виконуватиметься (наприклад токарний, фрезерний, свердлильний верстати та ін.).

3. Інструменти та оснащення – опис різального інструменту та оснащення, необхідних для виконання кожної операції (різці, свердла, фрези тощо).

4. Технологічні бази та установки - інформація про те, як деталь буде закріплена на кожному етапі для забезпечення точності обробки.

5. Режими різання – параметри обробки, такі як швидкість різання, подача та глибина різання, які забезпечують оптимальні умови роботи.

6. Контрольні точки та вимоги до якості – проміжні та фінальні перевірки точності розмірів, форми та якості поверхні.

7. Технологічна документація – у маршруті наводяться посилання креслення, схеми та інші документи, необхідних точного виконання операцій.

Маршрут обробки служить важливим документом для робітників та інженерів, оскільки він забезпечує стандартизацію процесу, дозволяє оптимізувати використання ресурсів та гарантує виконання всіх вимог до готової 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 деталі

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 $\varnothing 17H7(^{+0,018})$ мм.

Розрахункова формула для визначення припуску на обробку зовнішньої чи внутрішньої поверхонь об'єкта

$$2z_{i \min} = 2(Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.4)$$

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:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.5)$$

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.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці Ø17H7(^{+0,018}) мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розрах. прип. 2Z _{min} , мкм	Розр. розм. d _p , мм	Доп. δ ₁ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничний припуск, мкм	
	Rz	T	ρ	ε _y				D _{min}	D _{max}	2Z _{min}	2Z _{max}
Заготовка	200	300	200	—	—	15	800	14,6	15,4	—	—
Розточування	6,3	80	2,4	300	1400	16,6	400	16,2	16,6	1,6	1,2
Розгоргання	1,6	40	1	30	200	17	18	17	17,018	0,8	0,418
									Σ	2,4	1,618

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_3 \cdot \delta_d; \quad (2.6)$$

$$2400 - 1618 = 800 - 18;$$

$$782 = 782.$$

Розраховані припуски зобразимо графічно (рисунок 2.1).

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

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків $\varnothing 17H7(+0,016)$ мм

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Допуск
1	2	3	4	5	6
1,2,3	Торець	Точіння	1	$\pm IT14/2$	$\pm 0,43$
4	Конічна	Точіння	1,1	$\pm IT14/2$	$\pm 0,43$
5	Циліндрична $\varnothing 36$	Точіння	2,4	h14	-0,62
6	Циліндрична $\varnothing 48$	Точіння	2,4	h14	-0,62
7	Циліндрична $\varnothing 31$	Розточування	2	H8	+0,039

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
8	Внутрішній торець	Точіння	1	$\pm IT14/2$	-0,62
9*	-	-	-	-	-
10,11, 12	Торці	Точіння	1,1	$\pm IT14/2$	$\pm 0,43$
12	Конічна	Точіння	1,1	$\pm IT14/2$	$\pm 0,43$
14	Циліндрична $\varnothing 21$	Точіння	-	r_6	+0,050 +0,034
15	Циліндрична $\varnothing 36$	Точіння	2,1	$h14$	-0,62
16	Циліндрична $\varnothing 72$	Точіння	2,8	h_8	-0,046
17	Циліндрична $\varnothing 11,2$	Точіння	3,6	$h14$	-0,74
18	Циліндрична $\varnothing 17$	Протягування	2	$H7$	+0,018

*Припуски на поверхню 9 визначені розрахунково-аналітичним методом.

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі розробляємо конструкцію затискного пристосування для операції токарної обробки на верстаті моделі 16K20T1, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленик пристосування представлено у графічній частині роботи та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається з таких основних елементів: 1 – важіль; 2 – втулка; 3 – конус; 4 – корпус; 5 – кулачок; 6 – повзун; 7 – шток; 8-11 – гвинт; 12 – штифт.

Принцип роботи пристосування наступний: після встановлення деталі в пристосування і притискання заготовки до кулачка, повзуном подається повітря в

ліву порожнину пневмокамери, шток якої переміщує важіль і розтискає кулачок, що затискає деталь. Після обробки, для розтиску деталі, важелем подається повітря у праву робочу порожнину пневмокамери, шток якої повертає кулачок у попереднє положення, тим самим дозволяючи пружині повернути в попереднє положення повзун, що дає змогу зняти деталь без ускладнень.

3.2 Розрахунок зусилля затиску деталі

Заготовка закріплюється в трьохкулачковому патроні при розточуванні отвору $\varnothing 17$ на глибину 10 мм (рисунок 3.2). При точінні маємо три сили тертя, що виникають на поверхні контакту заготовки з кулачками патрона, а також момент сил різання.

Рисунок 3.2 – Схема дії сил на заготовку

Сила затискання заготовки в кулачках буде дорівнювати:

$$P_3 = 2 \cdot M \cdot K / (D_3 \cdot n \cdot f), \quad (3.1)$$

$$P_3 = 2 \cdot 828,58 \cdot 4,67 / (17 \cdot 3 \cdot 0,18) = 843 \text{ Н},$$

де D_3 – діаметр заготовки, на якій встановлюється патрон;

K – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad (3.2)$$

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,5 = 4,67,$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу (1,5);

K_1 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання внаслідок випадкових нерівностей поверхні (1,2);

K_2 – коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту (1,2);

K_3 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання при переривному різанні (1,2);

K_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення (1,2);

K_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів (1);

K_6 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що повертають заготовку встановленою плоскою поверхнею на постійні опори (1,5);

$f = 0,18$ – тертя між заготовкою та затискним елементом, заготовкою та кулачками;

n – кількість сил, що діють на заготовку;

M – момент, що діє на заготовку:

$$M = Pz \cdot l, \quad (1.3)$$

$$M = 48,74 \cdot 17 = 828,58 \text{ Н} \cdot \text{мм},$$

де P_z – сила різання;

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

де

$$K_p = K_{\mu p} \cdot K_{\sigma p} \cdot K_{\eta p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp};$$

$$K_p = 2,51 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,7 \cdot 0,93 = 4,37;$$

$$P_z = 10 \cdot 92 \cdot 0,1^1 \cdot 0,06^{0,75} \cdot 150^0 \cdot 4,37 = 48,74 \text{ Н}.$$

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Колесо», що виготовляється з сірого чавуну марки СЧ25 способи: литво в піщано-земляні форми та литво у кокіль [1, 4, 34].

Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Точність розмірів при литві у піщані форми 15...19 кв., шорсткість поверхні за $R_z =$ до 80, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,7.

Точність розмірів при литві у кокіль 14...17 кв., шорсткість поверхні за $R_z = 85...40$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки 0,85.

При отриманні деталі методом литва у піщані форми маса заготовки буде становити:

$$m_{\text{заг}} = \frac{m_d}{k_i}; \quad (4.1)$$

де m_d – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{\text{заг}} = \frac{0,132}{0,7} = 0,189 \text{ кг.}$$

При литві у кокіль:

$$m_{\text{заг}} = \frac{0,132}{0,85} = 0,155 \text{ кг.}$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю

виготовлення.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C = \left(\frac{S_z}{1000} K_T K_C K_B K_{M3} K_{B6} \right) - (Q_z - q_d) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.2)$$

де S_z – базова вартість 1 т заготовок, 120000 грн.;

$K_T, K_C, K_B, K_{M3}, K_{B6}$ – коефіцієнти, які залежать відповідно від класу точності, класу складності, маси заготовки, марки матеріалу від обсягу виробництва;

q_d – маса деталі, кг;

$S_{відх}$ – вартість 1 т відходів, грн.

У піщані форми:

$$C = (120 \cdot 1,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06) - (0,189 - 0,132) \cdot 10 = 238,6 \text{ грн.}$$

У кокіль:

$$C = (120 \cdot 1,6 \cdot 1,88 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,06) - (0,155 - 0,132) \cdot 10 = 382,4 \text{ грн.}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати литво у піщано-земляні форми. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (382,4 - 238,6) \cdot 300 = 43140 \text{ (грн.)}.$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок литвом у піщано-земляні форми, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 143,8 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки у кокіль.

4.2 Розрахунок загального освітлення

Загальне освітлення механічного цеху відіграє важливу роль у забезпеченні безпеки, продуктивності праці та якості робіт, що виконуються. Правильний проект освітлення сприяє зменшенню втоми очей працюючих осіб, підвищенню точності операцій та зниженню аварійності [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

Вихідні дані для розрахунку: виробниче приміщення цеху з металорізальними верстатами, габарити приміщення – 12×36 м; типу лампи загального освітлення – ДРЛ; потужність лампи 1000 Вт, світловий потік лампи 55000 лм; норма освітленості при загальному висвітленні не менш 150 лк.

1. Визначаємо кількість світильників загального освітлення з лампами ДРЛ-1000:

$$\lambda = L / H_p, \quad (4.3)$$

звідси

$$L = \lambda \cdot H_p, \quad (4.4)$$

де L – відстань між світильниками, м;

H_p – висота підвису світильників, $H_p = 4$ м;

λ – коефіцієнт найвигіднішого розташування світильників, $\lambda = 1,8$.

$$L = 1,8 \cdot 4 = 7,2 \text{ м.}$$

Кількість ламп визначається:

$$N^2 = S/L, \quad (4.5)$$

де S – площа цеху,

$$S = A \cdot B, \quad (4.6)$$

$$S = 12 \cdot 36 = 432 \text{ м}^2;$$

$$N = \sqrt{432 / 7,2} = 7,7 \sim 8 \text{ шт.}$$

2. Визначаємо світловий потік ламп.

$$\Gamma_{\text{д.розр}} = (E \cdot S \cdot K \cdot Z) / (N \cdot \eta), \quad (4.7)$$

де E – нормована освітленість, $E = 150 \text{ лк}$;

S – площа цеху, $S = 432 \text{ м}^2$;

K – коефіцієнт запасу, $K = 1,7$ (для приміщень з великим виділенням пилу);

Z – поправочний коефіцієнт (відношення середньої освітленості до мінімальної горизонтальної), $Z = 1,1 \dots 1,5$, приймаємо $Z = 1,1$.

N – кількість світильників, причому в кожному світильнику знаходиться одна лампа ДРЛ-1000, $N = 8 \text{ шт}$;

η – коефіцієнт використання світлового потоку, залежить від індексу приміщення, типу світильника і коефіцієнта відображення стелі і стін.

Індекс приміщення визначається:

$$i = (A \cdot B) / (A + B) H P, \quad (4.8)$$

де A – ширина приміщення, $A = 16 \text{ м}$;

B – довжина приміщення, $B = 36 \text{ м}$;

$$i = 600 / (16 + 36) \cdot 4 = 2,88.$$

При коефіцієнті відбиття стелі 50% і стін 30% коефіцієнт використання світлового потоку для різних типів світильників має наступні значення:

I	2	3
η	0,34...0,57	0,37...0,62

Проводимо інтерполяцію, щоб визначити інтервал значень η при $i = 2,88$

Нижня межа:

$$(0,37-0,34) \cdot 88/100 + 0,34 = 0,03 \cdot 88/100 + 0,34 = 0,366.$$

Верхня межа:

$$(0,57-0,57) \cdot 88/100 + 0,57 = 0,05 \cdot 88/100 + 0,57 = 0,614.$$

Отримали: $i = 2,88$; $\eta = 0,366...0,614$. Приймаємо $\eta = 0,49$.

$$F_{\text{л.розр.}} = (150 \cdot 600 \cdot 1,7 \cdot 1,1) / (8 \cdot 0,49) = 168300 / 3,92 = 42934 \text{ лм}$$

$$F_{\text{л.розр.}} / F_{\text{л.табл.}} = 42934 / 55000 = 0,8.$$

Це задовольняє умові $F_{\text{л.розр.}} = (0,8...1,2) \cdot F_{\text{л.табл.}}$

3. Визначаємо споживану потужність ламп:

$$P = p \cdot N \cdot n \quad (4.9)$$

де p – потужність лампи, $p = 1000$ Вт;

n – кількість ламп у світильнику, 1.

$$P = 1000 \cdot 8 \cdot 1 = 8000 \text{ Вт.}$$

4. Тепер необхідно розташувати 8 ламп у два ряди на стелі площею 600 м^2 .

Відстань між світильниками (рисунок 4.1) дорівнює:

$$L = (S/N)^{0,5}, \quad (4.10)$$

$$L = (500/8)^{0,5} = (75)^{0,5} = 8,66 \text{ м.}$$

Рисунок 4.1 – Розташування світильників

Розташуємо світильники у два ряди.

4.3 Вплив зрошування полів на довкілля

Полив сільськогосподарських угідь значно впливає на екологію, як позитивно, так і негативно. Вплив залежить від типу зрошення, методів керування водними ресурсами та інших факторів. Розглянемо основні аспекти.

1. Використання водних ресурсів. Полив сільськогосподарських полів вимагає великих обсягів води, що може призводити до:

- виснаження водних ресурсів (у районах з обмеженими водними запасами надмірний полив може призвести до вичерпання місцевих річок, озер та підземних водних джерел. Це може спричинити проблеми для екосистем, які залежать від цих водойм);

- порушення водного балансу (надмірне використання води для поливу може змінити природні водообмінні процеси у природі, впливаючи на рівні водоносних шарів та протікання річок).

2. Забруднення води. Полив може сприяти забрудненню водних екосистем:

- хімічні добрива та пестициди. Коли вони потрапляють у воду через стік з полів, це може забруднювати річки та озера, що веде до евтрофікації (надмірного зростання водоростей), зниження якості води та загибелі водних організмів;

- сольові відкладення. У деяких випадках, наприклад, при використанні не зовсім чистої води для зрошення, може відбуватися накопичення солі у верхніх шарах ґрунту. Це погіршує якість ґрунту, що в свою чергу може негативно вплинути на рослинність та біорізноманіття.

3. Ерозія ґрунту. Інтенсивний полив може сприяти ерозії ґрунту, особливо якщо ґрунт перенасичений водою. Це може призвести до:

- втрати верхнього шару ґрунту, який багатий на органічні речовини, що шкодить не тільки самій ділянці, а й екосистемам загалом;

- зменшення біологічного різноманіття. Ерозія може порушувати місцеві екосистеми, зменшувати родючість ґрунту та погіршувати умови для багатьох видів рослин та тварин.

4. Зміна клімату. Сільське господарство, зокрема, полив, може впливати на кліматичні умови. Надлишковий полив у певних районах може:

- зволожувати повітря та збільшувати вологість, що може змінювати мікроклімат і навіть впливати на місцеві погодні умови;

- створити викиди парникових газів. Застосування копалин для насосів, що перекачують воду для зрошення, може призвести до викидів вуглекислого газу та інших парникових газів.

5. Біорізноманіття. Полив може як підтримувати, так і загрожувати біорізноманіттям:

- підтримка екосистем. У посушливих районах полив може сприяти підтримці життєдіяльності рослин та тварин, покращувати умови для вирощування сільськогосподарських культур та пасовищ;

- загрози екосистем. У деяких випадках надмірний полив призводить до зміни природних ландшафтів, перетворюючи природні екосистеми на аграрні, що знижує різноманітність флори та фауни.

6. Технології та стійкість. Сучасні методи поливу, такі як крапельне зрошення або системи керування водними потоками з використанням датчиків та автоматичних систем, можуть знизити негативний вплив на екологію:

- зниження втрат води та покращення її використання;
- зменшення забруднення води завдяки більш точному контролю за кількістю добрив, що застосовуються, і пестицидів.

Отже, зрошування сільськогосподарських полів має як позитивний, і негативний вплив на екологію. Важливим фактором є використання стійких та раціональних методів зрошення, що допомагають мінімізувати негативний вплив на водні ресурси, ґрунт та біорізноманіття.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення вузла, винесеного на розгляд. Проведено аналіз деталі, що є складовою насосу електровідцентрового, а саме колеса. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Випрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь колеса. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 17 \pm 0,018$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки колеса. Проведено розрахунок зусилля затиску деталі.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки колеса насоса. Річний економічний ефект для програми випуску 300 шт. склав 43140 грн. Окрім того, здійснено розрахунок системи загального освітлення. Висвітлено екологічну шкоду від поливу сільськогосподарських угідь. Запропоновано способи зменшення негативного впливу на довкілля.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насоса електровідцентрового, кресленик колеса, кресленик заготовки колеса, складальний кресленик пристосування для затиску деталі під час механічної обробки.