

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 виробництва з виготовлення валу насосу електричного
для подачі води за умов річної програми»

КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 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
КОЗИРЬОВ Максим

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Відцентрові водяні насоси перевершують за популярністю більшість насосних приладів подібного призначення. Це пояснюється не тільки їх експлуатаційними характеристиками, але й універсальністю. Використання відцентрових насосів для перекачування води дозволяє забезпечити ефективне функціонування різних систем, до яких відносяться системи автономного водопостачання, водовідведення, зрошування, пожежогасіння, а також дренажні, каналізаційні системи.

Саме тому розробка та удосконалення деталей та вузлів відцентрових насосів для зрошування сільськогосподарських угідь є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме вал, є складовою частиною насосу відцентрового водяного, що призначений для подачі води.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос електричний для перекачування води, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

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

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

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

- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки фрезеруванням, а також здійснити його розрахунок на точність, визначити зусилля затиску, розрахувати слабку ланку;

- 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 електричний для подачі води (рисунок 1.1). Даний насос (БЦ-1,1-18У-1,1М) забезпечує перекачування, циркуляцію, відкачування води, підвищення тиску.

Конструкція являє собою єдиний блок, що містить електричний двигун, насосну частину (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу електричного БЦ-1,1-18У-1,1М

№ з.п.	Найменування параметру	Розмірність	Значення
1	Номінальний натиск	м	18
2	Максимальний натиск	м	22
3	Номінальна об'ємна подача	м ³ /год	4
4	Вакууметрична висота всмоктування	м	8
5	Номінальна споживана потужність	кВт	0,72
6	Діаметр роз'єму з'єднання	дюйм	1,25
7	Номінальна напруга	В	220
8	Коефіцієнт корисної дії	%	27
9	Температура води, що перекачується	°С	1...35
10	Габаритні розміри	мм	370×205×223
11	Маса	кг	11

Силовий кабель забезпечує поєднання насосу із мережею електричного струму. Наявний заземлюючий контакт. До складу комплекту входить розетка.

Рисунок 1.1 – Насос електричний для перекачування води:

1 – сальник; 2 – робоче колесо; 3 – статор; 4 – ротор; 5 – кришка; 6 – вал; 7 – щит підшипниковий; 8, 9 – корпус; 10 – пружина; 11 – кільце; 12 – болт; 13 – гвинт; 14 – гайка; 15 – шайба; 16 – прокладка; 17 – хомутик; 18 – шайба; 19 – болт; 20 – гвинт; 21-24 – шайба; 25-28 – кільце; 29 – болт; 30 – підшипник; 31 – дріт; 32 – вилка; 33 – конденсатор; 34 – реле; 35 – мастика

Переваги насосу наступні:

- підвищений пусковий момент;
- надійний тепловий захист;
- графітно-керамічне ущільнення;
- вал та робоче колесо виконані із корозійностійкого матеріалу;
- покриття виконано порошковими фарбами та емалями МЛ.

Конструктивні особливості:

- корпус насосу та двигуна виконуються із алюмінію;
- зовнішня вентиляція;
- робоче колесо із алюмінію;
- механічне торцеве ущільнення виконується з графіту.

Основними елементами конструкції насосу є корпус, приводний електричний двигун, вал, робоче колесо із лопатями (фіксується на приводному валі), підшипниковий вузол та ущільнювальні елементи.

Основним робочим органом насосу є крильчатка (робоче колесо, вентилятор), яка і взаємодіє із водою, що перекачується. На зовнішній поверхні крильчатки під кутом фіксуються лопаті. Їх напрям спрямований у сторону, що протилежна напрямку обертання даного конструктивного елемента. Це забезпечує суттєву ефективність роботи насосного обладнання. Конструктивно робоче колесо відцентрового насосу може складатися із одного диску, на якому зафіксовані лопаті, або двох дисків, що рознесені на певну відстань та поєднуються між собою лопатками.

Працює насос за рахунок відцентрового зусилля, що впливає на середовище, що перекачується (вода), під час її переміщення у внутрішній частині обладнання разом із лопатками крильчатки.

Принцип роботи більш детально полягає у наступному.

Вода, що знаходиться у внутрішній робочій камері, захоплюється лопатками крильчатки, що обертається, і починає рухатися разом із ними. При обертанні відцентрове зусилля відкидає воду до стінок робочої камери. Таким чином

відбувається формування надлишкового тиску воду біля стінок камери. Саме це сприяє її виштовхуванню через напірний патрубок. За рахунок того, що у стінок робочої камери насоса формується надлишковий тиск, то у її центральній частині створюється розрідження повітря. Це призводить до всмоктування нової порції води через вхідний патрубок.

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

Рисунок 1.2 – Вал

Вал має циліндричну форму і за прийнятою класифікацією відноситься до класу круглих стрижнів. Деталь виготовляють з нержавіючої сталі 20Х13 ДСТУ 7806:2015.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі «Вал» заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності валу

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Вал»

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндр. поверхня	$\varnothing 15_{-0,11}$	h12	–		6,3
2	Циліндр. поверхня	$\varnothing 20_{+0,015}^{+0,002}$	k6	–	–	0,8
3	Циліндр. поверхня	$\varnothing 25_{+0,010}^{+0,062}$	f7	–		1,6
4	Циліндр. поверхня	$\varnothing 20_{+0,002}^{+0,015}$	k6	–	–	0,8
5	Торець	$\varnothing 200_{-1,0}$	h14	–	–	12,5
6	Циліндр. поверхня	$\varnothing 11_{-0,11}$	h11	–	–	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
7	Метрична різьба	M10	6g	–	–	6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що найменшу шорсткість поверхні має циліндрична поверхня (цапфа) з розміром $\varnothing 20k6$. Найнижча шорсткість 0,8 мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, заміник

Для виготовлення деталі вал застосовується корозійно стійка, жароміцна сталь мартенситного класу 20X13 за ДСТУ 7806:2015. Цю сталь можна замінити рядом матеріалів, таких, як сталі 12X13 та 14X17H2 [24, 37].

Дану сталь використовують для виготовлення деталей з підвищеною пластичністю, що зазнають ударних навантажень та працюють при температурі 450-500°C, а також вироби, що зазнають дію слабого агресивного середовища при кімнатній температурі.

Властивості матеріалу заносимо у таблицю 1.3 де також наводимо марку, механічні властивості та хімічний склад матеріалу, на який можна замінити базовий.

Технологічні властивості сталі 20X13 наступні:

- температура кування, °C: початок – 1250, кінець – 850, переріз до 150 мм – охолоджувати на повітрі;

- зварювання – важкозварювана. Спосіб зварювання: РДЗ, ЕШЗ. Необхідне підігрівання і наступна термообробка, що залежать від методу зварювання, виду та призначення конструкції;

- оброблюваність різанням – у гарячекатаному стані при HB 241 $\sigma_B=730$ МПа, $K_{V_{TB.шп.}}=0,7$; $K_{V_{б.ст.}}=0,45$;
- флокеночутливість – нечутлива;
- схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу валу

Сталь	C	Mn	Si	σ_B , МПа	Твердість HB·10 ⁻¹ , МПа	Cr	Ni	Cu	S
						не більше			
20X13	0,16- 0,25	0,8	0,8	630-690	450-500	12- 14	0,6	0,3	0,025
12X13	0,9- 0,15	0,8	0,8	610-630	450-500	12- 14	0,6	0,3	0,025

Отже обраний замітник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях насосу водяного електричного у кількості 850 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;

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

$$N_{зан} = (850 + 0,04 \cdot 850) \cdot (1 + 0,025) = 906 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Технологічністю у машинобудуванні називають сукупність властивостей виробу, що визначають рівень пристосованості виробу стосовно досягнення оптимальних витрат ресурсів під час його виробництва, ремонту, а також утилізації.

Аналіз вузла не технологічність засвідчив, що насос електричний для подачі води є середнім за ступенем складності. До його складу входять понад 30 деталей. Характерною особливістю є застосування стандартних шайб, гайок та болтів. Можливе складання вузла без особливих складнощів. Для проведення технічних оглядів та ремонтів поміщено, що насос доволі легко розбирається та складається. Робочі поверхні складових деталей виконано із достатньою точністю. Це забезпечує належне функціонування виробу.

Загалом конструкцію насосу електричного можна вважати технологічною і придатною для виготовлення, а також експлуатації відповідно до технічних вимог [23].

Аналіз на технологічність деталі проводимо у відповідності до вимог на технологічність за умов автоматизованого виробництва, а результати аналізу заносимо до таблиці 2.1.

Конструкція деталі являється технологічною, якщо вона відповідає технічним, експлуатаційним вимогам, а також коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці.

Під час аналізу креслення деталі було виявлено, що вона практично повністю відпрацьована на технологічність для середньосерійного типу виробництва, так як затрати на наладку верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність валу

№ з.п.	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Ступінчасті вали повинні мати невеликі перепади, а довжини ступенів повинні бути однаковими або кратними для можливості обробки деталі на багато – різцевих верстатах.	Оскільки вал обробляється на верстаті з ЧПК, то дана умова нас повністю задовольняє.	-
2	Вали повинні мати центрувальні отвори для базування при обробці і контролі.	Дана умова повністю виконується.	-
3	При наявності на валу шпонкової канавки розмір від дна канавки необхідно проставляти від нижнього краю циліндра У випадку базування в призмі. При базуванні в центрах розмір проставляється до центра (осі).	Дана деталь не має шпонкової канавки, а отже, дана вимога повністю виконується.	-

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

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Спосіб отримання заготовки для валу ми пропонуємо штампуванням. Виготовлення валу з прокату вимагає значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевий, але подальша механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому й запропоновано отримувати заготовку штампуванням.

Оскільки припуск, що знімається зменшиться, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це зменшить кількість верстатів, необхідних для виготовлення валу.

Оскільки вал виготовляється в умовах одиничного виробництва, то при його виготовленні на підприємстві використовуються стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент. За умов серійного виробництва пропонується використовувати верстати з ЧПК, пристрої спеціальної конструкції. Застосування прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшує собівартість деталі у цілому.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

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

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 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:

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

Можливі методи обробки поверхні деталі подано у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Методи обробки валу

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, δ , мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, δ , мм	Припускаємий квалітет	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Проміжний ступень уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,6	11	0,11	6,3	2,5	16	7,5	1	Точіння попереднє	12	2,2	5,3	7,5
								Точіння чистове	11	0,11	2,2	
							2	Точіння одноразове	12	2,2	5,3	7,5
								Шліфування одноразове	11	0,11	2,2	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2,4	6	0,02	0,8	2,5	16	5,3	1	Точіння попереднє	12	1,5	3,21	5,3	
								Точіння чистове	9	0,9	1,5		
								Шліфування одноразове	6	0,02	1		
							2	Точіння попереднє	12	1,5	3,21		5,3
								Точіння чистове	9	0,9	1,5		
								Точіння тонке	6	0,02	1		
3	7	0,021	1,6	2,5	16	7,2	1	Точіння попереднє	12	1,5	4,5	7,2	
								Точіння чистове	9	0,9	2,5		
								Шліфування одноразове	7	0,021	1		
							2	Точіння попереднє	12	1,5	4,5		7,2
								Точіння чистове	9	0,9	2,5		
								Точіння тонке	7	0,021	1		
5	14	1,0	12,5	2,2	16	47,8	1	Фрезерування одноразове	14	1,0	47,8	47,8	

Більш економічним є 2-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 будуємо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки валу

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Заготівельна		Штампування.
010 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат моделі МР-71	Встановити, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати торці валу 1, 2 в розмір 3 з обох сторін одночасно. 2. Центрувати торці валу одночасно, центрові отвори 4, 5.
015 Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний з ЧПК верстат моделі 16К20РФ3	Встановити, закріпити, зняти. 1. Точити поверхні 1-4 начорно. 2. Точити канавку 3. 3. Точити поверхні 1-5 напівчисто.
020 Токарна з ЧПК	Токарно-гвинторізний з ЧПК верстат моделі 16К20РФ3	Встановити, закріпити, зняти. 1. Точити поверхні 1-5 начорно. 2. Точити канавку 8. 3. Точити поверхні 1-7, 9, 10 начисто.
025 Фрезерна	Універсально-фрезерний верстат моделі 675	Встановити, закріпити, зняти. 1. Фрезерувати поверхню 1. 2. Повернути деталь на 180°. 3. Фрезерувати поверхню 2.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
030 Токарна	Токарно-револьверний верстат моделі 1336	Встановити, закріпити, зняти. 1. Нарізати різьбу 1. 2. Контролювати різьбу 1.
035 токарна	Токарно-гвинторізний верстат моделі 16К20	Встановити, закріпити, зняти. 1. Накатати рифлення поверхні 1.
040 шліфувальна	Шліфувальний верстат моделі 1Б161	Встановити, закріпити, зняти. 1. Шліфувати поверхню 2 з переходом на конус 1.
045 слюсарна	Верстак слюсарний	Встановити, закріпити, зняти. 1. Зачистити заусенці та гострі крайки після механічної обробки.
050 контрольна	Стіл контролю	Перевірити геометричні параметри деталі відповідно до креслення.

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 валу $\varnothing 25f7 \left(\begin{smallmatrix} +0,062 \\ +0,041 \end{smallmatrix} \right)$ мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.4)$$

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:

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_z - \delta_d \quad (2.5)$$

$$3438 - 2159 = 1300 - 21;$$

$$1279 = 1279.$$

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

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 25f7^{(+0,062)}_{(+0,041)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм			Розр. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, $d_{p\min}$, мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
Заготовка	160	200	408	-	27,177	1300	27,2	28,5	-	-
Точіння чорнове	100	100	0	1536	25,641	520	25,6	26,12	1600	2380
Точіння чистове	50	50	0	400	25,241	210	25,2	25,41	400	710
Шліфування	5	15	0	200	25,041	21	25,041	25,062	159	348
Сума									2159	3438

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

Розмір деталі для механічної обробки, мм	Допуск на розмір, мм	Припуск на сторону, мм	Номинальний розмір заготовки, мм
$\varnothing 15$	0,11	1,5	$\varnothing 18^{+1,8}_{-0,9}$
$\varnothing 16,5$	0,2	1,75	$\varnothing 20^{+1,8}_{-0,9}$
$\varnothing 20$	0,025	2,0	$\varnothing 24^{+1,8}_{-0,9}$
$\varnothing 24,5$	0,2	1,25	$\varnothing 27^{+1,8}_{-0,9}$
$\varnothing 20$	0,025	2,0	$\varnothing 24^{+1,8}_{-0,9}$
$\varnothing 11$	0,11	1,5	$\varnothing 14^{+1,8}_{-0,9}$

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (вал) насосу електричного для подачі води 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

Затискання деталі відбувається механічно. Деталь базується на центровому отворі зі сторони різьби та по зовнішнім циліндричним поверхням за допомогою

центра зворотного поз.6 та призми поз.12, тим самим позбавляючи заготовку чотирьох ступенів вільності. В осьовому напрямку деталь затискається і тим самим підтискається центром поз.4, що є опорною базою. З іншого боку заготовка притискається центром поз.6.

3.2 Розрахунок пристосування на точність

Зробимо розрахунок похибки обробки. При цьому повинна виконуватися умова:

$$E_y < T_{23} \quad (3.1)$$

де E_y – похибка установки заготовки в пристосуванні;

T_{23} – допуск на виконуваний розмір.

На загальну похибку установки заготовки впливають відхилення і похибка, що мають вертикальний напрямок.

Похибку установки заготовки у пристосуванні визначаємо по формулі (3.2):

$$E_y = \sqrt{E_6^2 + E_3^2 + E_{пр}^2} \quad (3.2)$$

де E_6 – похибка базування мкм;

E_3 – похибка закріплення мкм;

$E_{пр}$ – похибка зв'язана з установкою заготовки в пристосуванні.

Похибка базування, що виникає в результаті відхилення осі заготовки, що є вимірювальною базою, визначається по формулі (3.3):

$$E_6 = T \quad (3.3)$$

де T – допуск на діаметр поверхні, що використовується як база. У нашому випадку $\varnothing 15_{-0,1}$ мм. $T = 100$ мкм. Отже, $E_{баз} = 10$ мкм. Похибка закріплення E_3 дорівнює нулю.

Визначаємо похибку пристосування по формулі (3.4):

$$E_{np} = \sqrt{E_{виг}^2 + E_{зн}^2 + E_{y.np}^2} \quad (3.4)$$

де $E_{виг}$ – похибка виготовлення пристосування;

$E_{зн}$ – похибка зносу пристосування;

$E_{y.n}$ – похибка установки пристосування.

Визначаємо похибку виготовлення пристосування:

$$E_{виг} = K \times T, \quad (3.5)$$

де K – коефіцієнт, що враховує точність виготовлення пристосування, $K=0,06$.

$$E_{виг} = 0,06 \times 100 = 6 \text{ мкм.}$$

Загальний знос на програму визначаємо по формулі (3.6):

$$E_{зн} = \beta \times \sqrt{N}; \quad (3.6)$$

де β – постійна, залежна від форми опор і умов контакту, $\beta=0,8$;

N – кількість контактів заготовки з опорою; $N=850$.

$$E_{зн} = 0,8 \times \sqrt{850} = 23,3 \text{ мкм};$$

Визначаємо похибку пристосування і похибку установки:

$$E_{np} = \sqrt{6^2 + 23,3^2 + 0} = 24,1 \text{ мкм};$$

$$E_y = \sqrt{24,1^2 + 10^2} = 26,1 \text{ мкм};$$

$$26,1 < 100.$$

Умова точності виконана.

3.3 Розрахунок зусилля затиску

Дане пристосування призначено для установки заготовки відповідно до теоретичної схеми базування з наступним закріпленням на фрезерному верстаті при обробці лисок. Для запобігання можливості розкріплення заготовки у процесі фрезування лисок її необхідно надійно закріпити. Зробимо розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки. Схема базування заготовки і сил, діючих на неї, представлені на рисунку 3.2 [12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.2 – Загальна схема сил, що діють на заготовку

У нашому випадку необхідно розглянути повертання заготовки навколо осі під дією головної складової сили різання P_z . При роботі двозубою кінцевою фрезою такий варіант можливий. Силу затиску при цьому позначимо як Q .

Розрахуємо необхідні зусилля затиску заготовки.

Напишемо рівняння рівноваги заготовки (рівняння моментів):

$$M_{piz} \cdot K \leq M_{on} \quad (3.7)$$

Коефіцієнт запасу визначаємо по формулі:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.8)$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 – коефіцієнт стану поверхні заготовки;

K_2 – коефіцієнт, що враховує затуплення інструмента;

K_3 – коефіцієнт, що враховує переривчастість різання;

K_4 – коефіцієнт, що враховує сталість затиску;

K_5 – коефіцієнт, що враховує ергономічність ручних затискних механізмів;

K_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, що прагнуть повернути заготовку.

Слід зазначити, що якщо в результаті розрахунку $K < 2,5$, то при подальших обчисленнях необхідно приймати $K = 2,5$.

$$M_{\text{піз}} = Pz \cdot h, \text{ Н}\cdot\text{м}. \quad (3.9)$$

У свою чергу:

$$M_{\text{comp}} = \frac{F_{\text{TP}} \cdot d}{2} = \frac{(F_y + F_3) \cdot d}{2}, \quad (3.10)$$

де F_y, F_3 – сили тертя в місцях установки і затиску заготовки відповідно:

$$F_y = 2N \cdot f_y = Q_1 \cdot \cos \alpha \cdot f_y; \quad (3.11)$$

$$F_3 = Q_1 \cdot f_3, \quad (3.12)$$

де f_y і f_3 – коефіцієнти тертя.

Тоді маємо, що:

$$M_{\text{on}} = \frac{(Q_1 \cdot \cos(\alpha) \cdot f_y + Q_1 \cdot f_3) \cdot d}{2}. \quad (3.13)$$

У нашому випадку $f_y = f_z = f$, тоді:

$$M_{on} = \frac{Q_1 \cdot f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d}{2}. \quad (3.14)$$

Зрівнявши рівняння (3.9) і (3.14) одержимо:

$$P_z \cdot h \cdot K = \frac{Q_1 \cdot f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d}{2}, \quad (3.15)$$

$$Q_1 = \frac{2 \cdot P_z \cdot h \cdot K}{f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d}. \quad (3.16)$$

Розрахунок сили різання P_z , Н, проводимо за формулою [7, 28]:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.17)$$

де t – глибина різання, мм;

S = подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерування;

z – кількість зубів фрези;

D – діаметр фрези;

n – частота обертання фрези;

K_p – загальний поправочний коефіцієнт;

C_p, x, y, u, q, w – коефіцієнти та показники степені.

$$P_z = \frac{10 \cdot 82,5 \cdot 2,5^{0,95} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 16^{1,1} \cdot 2}{20^{1,1} \cdot 250^0} \cdot 1 = 488,6 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затискання заготовки:

$$Q = \frac{2 \cdot 488,6 \cdot 6 \cdot 2,7}{0,16 \cdot (\cos 45^\circ + 1) \cdot 15,3} = 3788 \text{ (Н)}.$$

3.4 Розрахунок слабкої ланки

Розрахунок проведемо для болта поз.16, що з'єднує призму із основою. Розрахунок робиться на зріз по формулам опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.18)$$

де P_{\max} – максимальне зусилля різання, Н

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

F_{\min} – площа поперечного перерізу болта:

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 6,8^2}{4} = 36,3 \text{ (мм)}.$$

Тоді:

$$\tau = \frac{488,6}{36,3} = 13,5 \text{ (МПа)}.$$

$$13,5 \text{ МПа} < 70 \text{ МПа}.$$

Отже робимо висновок, що міцність достатня.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проаналізуємо два найбільш прийнятних методи виготовлення заготовки валу електричного насосу для подачі води: вільне кування та штампування [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Собівартість заготовки, грн., виготовленої куванням, розраховуємо за формулою:

$$C_K = 0,001 (C_{\text{бк}} G_K K_{\text{ТК}} K_{\text{СК}} K_{\text{МК}} K_{\text{ПК}} K_{\text{ВК}} - (G_K - G_g) C_{\text{ВХ}}), \quad (4.1)$$

де $C_{\text{бк}}$ – базова ціна однієї тони матеріалу, грн.;

G_g – маса деталі, кг, $G_g = 0,5$ кг;

G_K – маса кованки, кг:

$$G_{K(\text{кув-я})} = \frac{0,5}{0,4} = 1,25 \text{ кг};$$

$$G_{K(\text{штам-я})} = \frac{0,5}{0,9} = 0,6 \text{ кг}.$$

$K_{\text{ТК}}$, $K_{\text{СК}}$, $K_{\text{МК}}$, $K_{\text{ПК}}$, $K_{\text{ВК}}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності, марки матеріалу, програми річного замовлення та виду обладнання;

$C_{\text{ВХ}}$ – ціна відходу матеріалу, грн.

У відповідності до стандарту основними ознаками класифікації штампованих кованок є: точність виготовлення, група сталі, конфігурація поверхні рознімання штампу, що використовується, ступінь складності.

Визначаємо для заготовки деталі вал: ступінь складності С2; група сталі М2; клас точності Т5; група серійності 2.

Значення коефіцієнтів: $K_{ТК}=1,23$; $K_{СК}=1,14$; $K_{ВК(кув-я)}=0,9$; $K_{ВК(штам-я)}=1,45$; $K_{ПК}=1,15$; $K_{МК}=1,23$.

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 20Х13 – 136000 грн., оптову ціну відходів сталі 20Х13 – 4000 грн.

Порівнюємо ціни кованок для двох методів отримання заготовок: для вільного кування та штампування на молотах:

$$C_{В.Куб} = 0,001(136000 \cdot 1,25 \cdot 1,23 \cdot 1,14 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 0,9 - (1,25 - 0,5) \cdot 4000) = 300,5 \text{ грн.};$$

$$C_{Шт} = 0,001(136000 \cdot 0,6 \cdot 1,23 \cdot 1,14 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,45 - (0,6 - 0,5) \cdot 4000) = 234,3 \text{ грн.}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосовувати штампування на молотах. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (300,5 - 234,3) \cdot 850 = 56270 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок штампуванням на молотах, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 66,2 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки куванням.

4.2 Розрахунок місцевого освітлення робочого місця робітника

Проведемо розрахунок робочого місця робітника (токаря) механічного цеху із використанням точкового методу [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

У загальному випадку світловий потік лампи дорівнює:

$$\Phi_{л} = \frac{1000 \cdot E_{н} \cdot k}{\mu \cdot \sum e_i \cdot \psi_i}, \quad (4.2)$$

де $E_{н}$ – нормативна освітленість, лк. Для токарних робіт приймаємо $E_{н}=50$ лк;

k – коефіцієнт запасу, приймаємо для світильника: $k=1,3$;

μ – коефіцієнт додаткової освітленості, яка створюється віддаленими світильниками та відбитим світлом, приймаємо $\mu=1,1$;

$\sum e_i \cdot \psi_i$ – умовна освітленість контрольної точки від сумарної дії «найближчих» світильників, лк;

e_i – умовна освітленість від i -го світильника, яка створюється лампою із світловим потоком 1000 лм, лк. При висоті, на якій знаходиться світильник від поверхні ($h=3$ м) та відстані від найбільш віддаленої точки робочого місця до світильника ($d=1,5$ м) умовна освітленість складатиме $e_i=20$ лк;

ψ_i – перехідний коефіцієнт, який для похилої площини розраховується за формулою:

$$\psi_i = \cos \alpha_i \pm (d_i \cdot \sin \alpha / h_i), \quad (4.3)$$

де α – кут нахилу світильника. $\alpha=30^\circ$.

Тоді:

$$\psi_i = \cos 30^\circ + (1,5 \cdot \sin 30^\circ / 3) = 1,12.$$

Після перетворення формули (4.2) фактична освітленість дорівнює:

$$E_n = \frac{\Phi_n \cdot \mu \cdot \sum e_i \cdot \psi_i}{1000 \cdot k}, \quad (4.4)$$

Якщо світловий потік ламп типу Г $\Phi=2500$ лк, то після підстановки значень, отримаємо:

$$E_n = \frac{2500 \cdot 1,1 \cdot 20 \cdot 1,12}{1000 \cdot 1,3} = 47,4 \text{ (лм)}.$$

Так як розраховане значення не перевищує нормативне (50 лк) з інших ламп, то світильник з таким розміщенням відносно робочого місця токаря та із лампою такого типу та потужності (200 Вт) підходить до використання.

4.3 Промислове забруднення ґрунтів відходами

Ґрунти є головним надбанням українського народу, а також людства у цілому. Суттєвий вплив на ґрунти має їх забруднення відходами. Суперфосфатні та азотно-тукові підприємства, що покликані постачати сільське господарство високоякісними мінеральними добривами, супутньо забруднюють ґрунти фтором, миш'яком, залізом, цинком та міддю. Вміст цих елементів у ґрунті перевищує фон у 5...50 разів на відстані до 5 км від підприємства. Застосування калійних добрив, а особливо хлориду калію, призводить до накопичення у ґрунті іонів хлору.

Техногенне підкислення ґрунтів викликає випадіння кислотних дощів, зокрема, у промислових регіонах із осадками до них потрапляє сірка у кількості 25...30 кг/га, а у відносно чистих регіонах – 3...6 кг/га.

Забруднення ґрунтів важкими металами відбувається під час спалювання вугілля, нафти, горючих сланців. Як наслідок, відбувається забруднення продукції сільського господарства. Вміст важких металів у ній перевищує гранично допустимі концентрації та гігієнічні норми: за нікелем у 2...20 разів, за хромом 5...60 разів, за свинцем 2...10 разів, за цинком 2...5 разів, за кадмієм у 2...3 рази.

Продукти із таким вмістом токсичних речовин являють загрозу здоров'ю мешканців.

У результаті неповного згоряння вугілля та нафти ґрунти забруднюються бензопиреном, який є сильним канцерогеном. Ґрунт стає мертвим при вмісті у ньому 0,2...0,3% нафти.

Особливо небезпечним є забруднення ґрунтів свинцем та кадмієм. При цьому основним джерелом потрапляння свинцю є вихлопні гази автомобілів (щорічно потрапляє у ґрунт близько 250 тис. тон свинцю). Найбільш суттєво забруднені ділянки, що прилеглі до автострад, доріг крупних міст. Природньо, що свинець накопичується і в рослинах, що вирощуються вздовж узбічч.

Навколо підприємств чорної металургії вміст марганцю коливається у межах, що у 2...6 разів перевищують гранично допустимі норми. У місцях знаходження алюмінієвих заводів ґрунти зазнають забруднення фтором.

Джерелами забруднення ґрунтів слугують звалища, що займають сотні тисяч гектарів цінних угідь. Неудосконалені звалища опоясують міста. Сміття, що розпадається забруднює ґрунт, що викликає його деградацію, тобто погіршення властивостей, втрату гумусу. Усе це призводить до втрати родючості.

Чисельні забруднення, що потрапляють до ґрунтів, змінюють хід ґрунтообробних процесів, різко знижують врожайність, накопичуються у рослинах (особливо важкі метали), з яких безпосередньо потрапляють до людського організму. Слід також мати, що забруднення призводять до послаблення самоочищення ґрунтів від хвороботворних та інших небажаних мікроорганізмів. Це створює небезпеку масових захворювань. Встановлено, що збудники дизентерії, тифу та паротиту зберігаються у відносно чистих ґрунтах протягом 2...3 діб, а у забруднених ґрунтах збудники дизентерії зберігаються кілька місяців, тифу і паротиту – до 1,5 року.

Отже, беззаперечним є той факт, що відходи необхідно повністю переробляти, а не забруднювати ними ґрунти.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення насосу електричного для подачі води. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною насосу, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу насосу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 25f7$ мм розрахунково-аналітичним методом, а на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції фрезерної обробки валу. Здійснено розрахунок пристосування на точність. Визначено зусилля затиску. Розраховано слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу насосу електричного. Річний економічний ефект для програми випуску 850 шт. склав 56270 грн. Окрім того, здійснено розрахунок місцевого освітлення робочої зони верстатника із використанням точкового методу. Приділено увагу промисловим забрудненням ґрунтів відходами.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насосу електричного, кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик пристосування для виконання фрезерної операції механічної обробки.