

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-технологічні аспекти виготовлення порожнистого шліцьового валу для передачі обертового моменту»

КРБ.133ГМбд_41.05.00.00.000 ПЗ

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

Керівник: докт. техн. наук, професор
ХАРЧЕНКО Сергій

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Вал – це циліндричний елемент, що використовується у механізмах для передачі обертового руху або зусилля. Він може бути частиною різних машин та пристроїв, включаючи двигуни, насоси, трансмісії, конвеєри та інші механізми.

Вали можуть виконувати різні функції.

Передача обертового моменту. Вали передають крутний момент від одного механізму до іншого. Наприклад, у трансмісії автомобіля вал з'єднує двигун із колесами.

Опора для інших елементів. Вали можуть бути частиною системи опор, де обертаються інші елементи, такі як шестерні або колеса.

Рівномірне розподілення навантаження. Вали можуть бути використані для того, щоб рівномірно розподіляти механічне навантаження по системі.

Вали бувають різних типів: прямі (звичайні циліндричні вали), шліцьові (із шліцями для передачі моменту через зачеплення з іншим елементом), кардані (для передачі обертового моменту із кутковими відхиленнями).

Вал може бути виготовлений з різних матеріалів, залежно від його призначення та умов роботи, наприклад, зі сталі, чавуну або композитних матеріалів.

Саме тому розробка та удосконалення деталей даного виду для високоефективної роботи машин і обладнання, що широко використовуються на об'єктах сільськогосподарського виробництва та для їх виготовлення, є важливою науково-технічною задачею.

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною бабки, що призначена встановлення та обертання шпинделя.

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

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкторський 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 затискове 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 з 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

Шпиндельна бабка – це частина верстата, призначена для встановлення та підтримки шпинделя (рисунок 1.1). Вона є важливим елементом механізму верстатів, таких як токарні, фрезерні, свердлильні та інші види обладнання. Шпиндельна бабка забезпечує точність обертання шпинделя, в якому можуть бути встановлені різні інструменти, а також може змінювати положення та кут інструменту відносно деталі, що обробляється.

Залежно від типу верстата та його призначення, шпиндельна бабка може мати різні конструкції та способи регулювання, забезпечуючи необхідну жорсткість та точність обробки. На ній часто встановлені механізми для подачі та закріплення заготовки або інструменту, а також регулювання швидкості обертання шпинделя.

Технічна характеристика шпиндельної бабки подана у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані бабки

Назва параметра	Величина
Обертний момент на валу, Н·м	500
Частота обертання, об/хв.	500...3600
Шумовий діапазон, дБ	40...60
Зусилля затиску, кН	7,5
Габаритні розміри	1550×410×650
Маса, кг	556

До складу бабки входять такі складові: 1 – люнет; 2 – гайка регульована; 3 – цанга; 4 – шпиндель; 6 – корпус; 7 – гільза; 8 – втулка спеціальна; 9 – важіль; 10 – втулка спеціальна; 11 – муфта; 12 – шайба спеціальна; 15 – шків; 16 – фланець; 18 – втулка перехідна; 19 – корпус бабки; 21 – шайба спеціальна; 22 – напівмуфта; 23, 25, 28, 30 – гайка спеціальна; 24 – заглушка спеціальна;

26 – вал; порожнистий шліцьовий; 27 – кришка; 31, 32, 33, 34 – втулка; 40 – вал; 43 – заглушка спеціальна; 44 – гільза; 45 – втулка, а також стандартні вироби (зазначені у специфікації).

Шпindelьна бабка містить у собі шпindelь 4, механізм затискача прутка 3, й приводний шків пасової передачі 15. Шпindelьна бабка разом із затиснутим прутком може мати або не мати робочої подачі залежно від форми оброблюваної поверхні. Шпindelьні бабки переміщуються в напрямках станини від важеля 9, пов'язаного з кулачком розподільного валу. Вузол шпindelьної бабки експлуатується у закритому корпусі. Працює при середніх температурах. Змащення валу здійснюється під тиском через централізовану систему змащення. Через певний проміжок часу необхідно проводити технічний огляд даного вузла, тобто перевірка закріплення з'єднань, очищення системи змащення, стан шліців валу та різьб.

Рисунок 1.1 – Бабка

Деталлю, що виносить на детальний розгляд, є вал порожнистий шліцьовий (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Вал порожнистий шліцьовий

Деталі «Вал порожнистий шліцьовий» призначений для передачі обертового руху від нього до цанги. На валу виточені шліци (D-8×60H7×52×10H9) для передачі обертового моменту, а також є різьби для кріплення деталей між собою (M80×2g6, M64×2g6, M42×2g6). Вал виготовлений зі сталі 40Х ДСТУ 7806:2015. Він має сумарну довжину 550 мм, підлягає обов'язковій термообробці, так як працює в складних умовах скручування та зсуву.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (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 1.2 – Аналіз точності деталі «Вал порожнистий шліцьовий»

Номер повні деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність положення	Шорсткість, Ra
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	φ65	k6	-		0,63

2	Циліндрична	φ45	к6	-		0,63
3	Циліндрична	φ52	к6	-	-	0,4
4	Циліндрична	φ25	H7	-	-	0,4
5	Різьба	M42×2,5	g6	-	-	20
6	Різьба	M64×3	g6	-	-	20
7	Різьба	M80×3	g6	-	-	20
8	Шліцьове з'єднання	D- 8×60g6×5 2×10×8	-	-		1,25

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхонь відповідають вимогам точності. Найточніший розмір мають поверхні 1-3. Найнижча шорсткість $R_a=0,4$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі заміник

Для виготовлення валу шліцьового застосовується легована сталь 40Х ДСТУ 7809-2015.

Сталі – це залізо-вуглецеві сплави з концентрацією вуглецю від 0,02 до 2,14%. Легованими називають сталі, в яких поряд з вуглецем додаються інші хімічні елементи, з метою одержання особливих властивостей: кислотостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості.

Конструкційна легована сталь марки 40Х є флокеночутлива і схильна до відпускнуї крихкості. Має наступні характеристики: щільність – 7850 кг/м.куб., модуль пружності $E = 214000$ МПа, модуль зрушення $G=85000$ МПа. Температура кування – початку 1250, кінця 800⁰С [24, 37].

Хімічний склад і властивості матеріалу наведені нижче в таблиці 1.3. Також у цій таблиці приведено марку, хімічний склад та властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу деталі

Сталь	C	Mn	Si	σ_b , МПа	Твердість НВ	P	Cr	Ni	Cu	S
						не більше				
40X	0,36-	0,5-	0,17-	470-980	143-248	0,035	0,5-	0,3	0,3	0,035
	0,44	0,8	0,37				1,1			
45X	0,41-	0,5-	0,17-	570-1030	167-293	0,035	0,8-	0,3	0,3	0,035
	0,49	0,8	0,37				1,1			

Отже, обраний замінник матеріалу повністю відповідає технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла у кількості 100 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

$k_{бр}$ – коефіцієнт, що враховує технологічні витрати, які неможливо уникнути.

Приймаємо рівним 2-3% від сумарної кількості виробів, що формують програму випуску та йдуть на запчастини.

$$N_{зан} = (100 + 0,04 \cdot 100) \cdot (1 + 0,025) = 107 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його по ряду факторів, які відповідають технологічності виробу [23]. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності.

1. При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи пригонки відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, які компенсують похибку при встановленні.

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

3. 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.

4. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

5. У конструкції вузла передбачені елементи, що забезпечують задану точність розташування її складових частин. Фаски та радіуси заокруглень, виконані на поверхнях складальних одиниць забезпечують гарне центрування при складанні та спрощують його. Роль компенсаторів і регуляторів відіграють прокладки.

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{M}{n} \quad (2.1)$$

де n – загальна кількість деталей;

$N_{ун}$ – кількість уніфікованих деталей.

$$Y = \frac{18}{53} = 0,34.$$

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

Коефіцієнт стандартизації

:

$$C = \frac{N_{ст}}{n}, \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість деталей;

$N_{ст}$ – кількість стандартних деталей.

$$C = \frac{22}{53} = 0,42.$$

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 крупносерійного типу виробництва, оскільки затрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу та часу.

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

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п	Показники і вимоги до технологічності	Висновки за показниками технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
1	Необхідна наявність зручних технологічних баз.	Деталь має зручні технологічні бази.	Не потрібні.
2	В деталях необхідно уникати отворів $L > 8 \dots 10D$.	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
3	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристроями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями: пневматичними або ручними лещатами.	Не потрібні.
4	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь не має сліпих отворів.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
5	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між полями допусків і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
6	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні.
7	Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelну обробку.	Не потрібні.
8	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори	У конструкції деталі відсутні дрібні різьбові отвори	Не потрібні.

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

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і до нього важко зробити які-небудь значні доповнення. В технологічному процесі використовуються переважно ЧПК верстати, що мають значну вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію. Використання верстатів с ЧПК з одного боку дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоdnішній нестабільності в економіці і виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих затрат.

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].

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

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

T_z, 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:

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

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 поверхонь

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	460	6,3	460	12	1	1.	Фрезерування	12	400	1	1

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	12	460	6,3	460	12	1	1.	Фрезерування	12	400	1	1
3	6	11	0,8	180	12	16,36	1.	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,36
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
								Шліфування	6	11	1,64	
4	6	11	0,63	180	12	16,36	1.	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,36
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
								Шліфування	6	11	1,64	
5	12	150	-	-	-	-	1.	Свердління	12	150	-	-
6	6	12	0,8	210	12	16,15	1.	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
								Точіння чистове	7	21	1,57	
								Шліфування	6	13	1,6	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
7	6	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	g6	-	-	-
8	6	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	g6	-	-	-
9	6	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	g6	-	-	-

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 деталі

Назва та № операції	Верстат та пристрої	Зміст переходів
005 Загострювальна	Штамповка	
010 Термічна	Муфельна пил ПМ-10-20	Покращення.
015 Фрезерно-центрувальна	Фрезерно-центрувальний верстат мод МП-71. Лещата спеціальні самоцентруючі.	1. Фрезерувати поверхню 1, 2. 2. Зацентрувати два торці.
020 Свердлильна	Універсальний токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20, трьохкулачковий патрон.	1. Свердлити отвір. 2. Зняти фаску 7. 3. Перевстановити. 4. Зняти фаску 8.

Продовження таблиці 2.3

Назва та № операції	Верстат та пристрої	Зміст переходів
025 Токарна	Універсальний токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20. поводковий патрон.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Начорно точити поверхню в розмір 81,3, точити в розмір 43,5, точити в розмір 66,4, точити в розмір 53,4. 2. Точити канавки в розмір 52. 3. Напівчисто точити поверхню в розмір 80,54, точити в розмір 65,37, точити в розмір 42,2, точити в розмір 52,1. 4. Начисто точити.
030 Шлицьово-фрезерна	Зубофрезерний верстат моделі 5319, центра жорсткі.	Нарізати шліци 9.
035 Нарізання різьби	Універсальний токарно-гвинторізний верстат мод. 16К20, поводковий патрон.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Точити різьбу на поверхні. 2. Точити різьбу на поверхні. 3. Точити різьбу на поверхні.
040 Шліфовочна	Круглошліфувальний верстат мод. 3М131, центра жорсткі.	Шліфувати поверхню.
055 Контрольна	Стіл ВТК.	Контролювати до кресленника.

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 $\varnothing 65k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм.

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

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

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, прямолинійності) 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.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 65k6^{(+0,021}_{+0,002)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{min}$ мкм	Розр. розмір p, d_p мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	Δ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$
Штампівка	600	650	750	-	-	71,6	2800	70,6	73,4	-	-
Чорнове точіння	125	120	80	-	$2 \cdot 2330$	66,4	466	65,94	66,4	7000	4660
Напівчистове точіння	40	40	30	-	$2 \cdot 345$	65,37	120	65,25	65,37	1030	690
Чистове точіння	15	15	10	-	$2 \cdot 95$	65,09	30	65,06	65,09	280	190
Поліфініш	5	15	-	-	$2 \cdot 29$	65,002	19	65,002	65,021	69	58
								Σ		8379	5598

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$8379 - 5598 = 2800 - 19;$$

$$2781 = 2781.$$

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 $\varnothing 65k6^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на інші поверхні

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3	4
1, 2	Горець	Фрезерування одноразове	3,0
3	Циліндрична	Точіння чорнове	3,1
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4
4	Циліндрична	Точіння чорнове	5,2
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2
5	Циліндрична	Точіння чорнове	5,5
		Точіння напівчистове	0,5
		Точіння чистове	0,2

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі 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 валу:

- 1 – циліндр пневматичний; 2 – рукав; 3 – планка; 4 – каретка;
5 – шток; 6 – наконечник тяги; 7 – ланка середня; 8 – ланка крайня;
9 – ланка вертикальна; 10 – шифт; 11 – губка затискна; 12 – корпус каретки;
13 – планка спеціальна; 15 – втулка спеціальна; 16 – гільза; 17 – гайка спеціальна;
18 – барабан; 19 – гайка спеціальна; 14 – підшипник; 20 – болт; 21 – палець

Затискання і розтискання ланок відбувається за рахунок каретки 4, що приводиться в рух за допомогою штоку 5. Він рухається в циліндрі 1, де його тягне наконечник тяги 6.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

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

Для розрахунку сили затиску заготовки (рисунок 3.2) скористаємося формулою, яка необхідна для втримання деталі у губках руки робота:

$$F = K1 \cdot K2 \cdot K3 \cdot m \cdot g \quad (3.1)$$

де $K1$ – коефіцієнт безпеки $K1 = 1,2-2,0$,

$K2$ – коефіцієнт сил, залежний від максимального прискорення з котрим робот переміщує заготовку $K2 = 2,01$,

$K3$ – коефіцієнт передачі, залежний від конструкції захвату $K3 = 2$.

Рисунок 3.2 – Схема дії сил затиску руки робота

Отже, сила затиску буде дорівнювати:

$$F = 1,2 \cdot 2,01 \cdot 2 \cdot 10 \cdot 9,81 = 473 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на витоці робота. Для даного механізму можна записати:

$$\frac{P}{F} \eta = \frac{2bc}{a(d+c)} \quad (3.2)$$

де P – сила приводу;

F – сила записку деталі або заготовки;

η – ККД;

a, b, c, d – відстані зображені на рисунку 3.2.

Знайдемо силу приводу:

$$P = \frac{2bc \cdot F}{\eta \cdot a(d+c)}$$

$$P = \frac{2 \cdot 0,175 \cdot 0,082 \cdot 1,73}{0,9 \cdot 0,1 \cdot (0,055 + 0,02)} = 2001,33 \text{ (Н)}$$

3.4 Розрахунок слабкої ланки

Розрахунок проведемо для вісі, що з'єднує шток та важелі. Розрахунок робиться на зріз по формулам опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{max}}{r_{min}} \leq [\tau] \quad (5.3)$$

де

$$P_{max} = Q_{max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p r$$

$$P_{max} = Q_{max} = \frac{3,14 \cdot (30^2 - 8^2)}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 1300 \text{ (Н)}$$

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

F_{\min} – площа поперечного перерізу вісі;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,25 \text{ (мм)}.$$

Тоді:

$$\tau = \frac{1300}{50,25} = 25,87 \text{ (МПа)};$$

$$25,87 < 70.$$

Отже робимо висновок, що міцність вісі 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: вільне кування та штампування кованок на молотах [1, 4, 34].

При об'ємному штампуванні формоутворення заготовки відбувається в порожнині спеціального інструменту – штампу. Штамповка може виконуватися в холодному та гарячому стані. Об'ємною штамповкою отримують заготовки різної форми, масою від декількох грам до однієї тони та більше.

Залежно від типу штампа розрізняють штамповку в відкритих, закритих штампах та в штампах для видавлювання.

Гаряча штамповка може виконуватися тільки в закритих штампах. Відсутність заусенців в закритих штампах зменшує використання металу, виключає необхідність в обробці заусенець.

Штампування кованок виконують за допомогою складних і стаціонарно закріплених до бойків молота штампів за 3-5 ударів. Для штампування кованок використовують такі молоти: пневматичні, пароповітряні, фрикційні, гвинтові, гідравлічні, безшоботні з рухомою нижньою бабобою тощо. Маса падаючих частин штампувальних молотів звичайно в 500 – 1000 разів більша від маси кованки та визначається залежно від потрібної потужності на виконання роботи деформування металу кованки. Виготовляють молоти з масою падаючих частин від 630 до 2500 кг.

Штампування на молотах дає змогу регулювати енергію ударів та їх частоту, деформувати кованки в кожному окремому рівчаку за один чи декілька ударів та забезпечує (порівняно зі штампуванням на кранах) кращі умови заповнення порожнини рівчаків штампів, що пояснюється великою швидкістю деформування металу.

Перевагами штампування, порівняно з вільним куванням, є більша точність форми, розмірів і якість поверхонь кованок, можливість виготовлення складних за формою заготовок, вищий коефіцієнт використання матеріалу та продуктивності праці, менші вимоги до кваліфікації робітників, ліпша придатність до механізації та автоматизації виробничих процесів.

Недоліками штампування на молотах є: малий коефіцієнт корисної дії, складність і висока вартість технологічного спорудження, швидке зношування штампів, недопустимість використання складних штампів, потреба в устаткуванні великої потужності, труднощі з використанням закритих штампів і штампів для висаджування. Крім цього, штампувальні молоти вимагають для їх установаження громіздких фундаментів, наявність котельних чи компресорних станцій, створюють сильний шум у процесі їх роботи.

Кількість і послідовність переходів штампування кованок на молотах в основному визначається складністю їх форми. За конструктивно-технологічною складністю форми гарячештамовані кованки поділяють на чотири групи за зростанням їх складності. На молотах виготовляють кованки тільки перших трьох груп. В нашому випадку заготовка відноситься до першої групи складності.

Обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки можна виконувати виходячи з умов мінімізації ціни чи трудомісткості обробки заготовки та максимального коефіцієнту використання матеріалу або виходячи з умов мінімізації сумарної ціни чи трудомісткості виготовлення заготовки та подальшої її обробки.

Враховуючи, що визначення ціни деталей чи виробів є достатньо трудомістким процесом, яке вимагає детальної розробки технологічного процесу виготовлення заготовки та її подальшої обробки, нормування часу та значних розрахунків, часто для попереднього обґрунтування вибраних методів виготовлення заготовки користуються чинними цінниками на виливки, кованки, прокат тощо.

Процес кування полягає у деформуванні нагрітої заготовки між бойками молота або преса за допомогою універсального інструменту. Залежно від устаткування, яке застосовують розрізняють кування машинне, що виконується молотом або пресом, та ручне, яке здійснюють за допомогою молотка та ковадла. Куванням виготовляють звичайно прості за формою заготовки масою до 300 тон і здебільшого в умовах одиничного та серійного виробництва.

Перед куванням виготовляють початкові (вихідні) заготовки. Під час гарячого ОМГ завжди здійснюють нагрівання вихідних заготовок, інколи навіть декілька разів. Широко використовують полум'яний та електричний способи нагрівання. Часто нагрівання заготовок здійснюють у розтоплених солях і склі, у безкисневому середовищі та вакуумі. Внаслідок нагрівання заготовок у соляних ваннах і в склі на поверхні утворюється плівка, що захищає їх від окислення під час нагрівання, транспортування та кування. Захисна плівка має також змащувальні властивості, що полегшує роботу деформування заготовки.

Переваги виготовлення заготовок вільним куванням – висока якість металу, універсальність устаткування та інструменту, можливість виготовлення заготовок значних розмірів і мас на малопотужному устаткуванні.

До недоліків технологічних процесів вільного кування заготовок належать порівняно низька продуктивність праці, велика трудомісткість, невисока точність форми та розмірів заготовок, підвищені витрати металу на напуски, вигорання, уковування, збільшені припуски на механічне оброблення, потреба у високій кваліфікації робітників, важкі умови праці, труднощі з механізацією та автоматизацією виробничих процесів.

Ціну чи вартість подальшої обробки, у цьому випадку, визначають наближено.

Ціну кованки визначаємо:

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

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

$G_{\text{д}}$ – маса деталі, кг, $G_{\text{д}}=10$ кг;

$G_{\text{к}}$ – маса кованки, кг.

$$G_{\text{к(кув-я)}} = \frac{10}{0,6} = 17 \text{ кг.}$$

$$G_{\text{к(штам-я)}} = \frac{10}{0,8} = 12,5 \text{ кг.}$$

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

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

Основними ознаками класифікації штампованих кованок є: точність виготовлення, група сталі, конфігурація поверхні рознімання штампа, що використовується, ступінь складності.

Знаходимо для заготовки деталі вал:

ступінь складності С2; група сталі М2; клас точності Т4; група серійності 2.

Знаходимо значення коефіцієнтів:

$$K_{\text{ТК}}=1,23 ; K_{\text{СК}}=1,14 ; K_{\text{ВК(кув-я)}}=0,9 ; K_{\text{ВК(штам-я)}}=1,15 ; K_{\text{ТК}}=1,15 ; K_{\text{МК}}=1,23.$$

Визначаємо оптову ціну однієї тони сталі 40Х – 50000 грн, оптову ціну відходів сталі 40Х – 15000 грн.

Порівняємо ціни кованок двох методів отримання заготовок для вільного кування та штампування на молотах [1, 4, 5, 30, 34, 49]:

$$C_{\text{В.КУВ}} = 0,001 (50000 \cdot 17 \cdot 1,23 \cdot 1,14 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 0,9 - (17 - 10) \cdot 15000) = 1412 \text{ грн.};$$

$$C_{\text{ШТ}} = 0,001 (50000 \cdot 12,5 \cdot 1,23 \cdot 1,14 \cdot 1,23 \cdot 1,15 \cdot 1,15 - (12,5 - 10) \cdot 15000) = 1366 \text{ грн.}$$

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

$$E = (1412 - 1388) \cdot 100 = 2400 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок штампуванням на молотах, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 24 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки куванням.

4.2 Інженерний розрахунок захисного занулення

Занулення входить у з'єднання корпусів струмоприймача або іншого устаткування (яке може виявитися під напругою в результаті порушення ізоляції) з нульовим проводом за допомогою металевих провідників (рисунок 4.1) [2, 8, 10, 14, 17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]

Рисунок 4.1 – Принципова схема занулення: R_0 – заземлення нульової точки трансформатора; Z_T – опір обмотки трансформатора; R_n – опір нульового проводу; 1 – легкоплавкі вставки; 2 – електродвигун; КЗ – струм короткого замикання; R_Φ – опір фазного проводу; R_{II} – повторне заземлення нульового проводу

Завдання занулення те ж, що й захисного заземлення – ліквідація небезпеки ураження електричним струмом при порушенні ізоляції й появі на корпусах обладнання небезпечної напруги.

Принцип дії занулення – перетворення пробою на корпусі в однофазне коротке замикання, тобто утворення так названої ланки короткого замикання (корпус – нульовий провід – фазна обмотка трансформатора), що має малий опір – десяті частини Ом.

При пробі на корпусі у ланцюзі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання $I_{кз}$, що забезпечує швидке перегорання плавких вставок за 5...7 с або відключення uszkodжених фаз автоматичними пристроями, що реагують на струм короткого замикання за 1...2 с. Протягом короткого часу, що визначається швидкістю спрацювання захисту, людина, яка дотикається до uszkodженого обладнання, попадає під фазну напругу. Якщо захисне занулення не спрацює в встановлений час, то людина може бути вражена електричним струмом.

Для надійного спрацювання захисту необхідно виконання умови:

$$I_{кз} \geq 3 \cdot I_{пл.вст}^n \quad (4.2)$$

де $I_{пл.вст}^n$ – номінальний струм легкоплавкої вставки або

$$I_{кз} \geq 1,25 \cdot I_{авт}^n \quad (4.3)$$

де $I_{авт}^n$ – номінальний струм спрацювання автомату.

Легкоплавкі вставки запобіжника підбирають по величині пускового струму електродвигуна з урахуванням режиму його роботи:

$$I_{пл.вст}^n = \frac{I_{сл.дв.}^{пус}}{k} \quad (4.4)$$

де $I_{сл.дв.}^{пус}$ – пусковий струм електродвигуна;

α - коефіцієнт режиму роботи. Для асинхронних двигунів, $\alpha = 1,6 \dots 2,5$.

$$I_{\text{ст.дв}}^{\text{нвс}} = I^n \cdot \beta, \quad (4.5)$$

де I^n – номінальний робочий струм електродвигуна;

β – коефіцієнт перенавантаження, приймається по каталогу для електродвигунів, $\beta = 5 \dots 7$.

У схемі занулення необхідна наявність нульового проводу, заземлення нейтрального джерела струму, повторного заземлення нульового проводу.

Призначення нульового проводу – створення для струму короткого замикання замкненої ланки з малим опором і забезпечення $I_{\text{кз}}$ достатнього для спрацювання захисту. Нульовий провід повинен мати провідність не менше 0,5 провідності фазного опору.

Розраховуємо систему захисного занулення при потужності живильного трансформатора 700 кВа. Схема з'єднання обмоток трансформатора – зірка, Електродвигун асинхронний, серії 4А, $U = 380$ В, $n = 3000$ об⁻¹.

Перевіряємо умову забезпечення здатності відключення занулення:

$$I_{\text{кз}} \geq 3 \cdot I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}}; \quad I_{\text{кз}} = \frac{U_{\phi}}{\left(\frac{z_{\text{T}}}{3} + z_{\text{н}} \right)}, \quad (4.6)$$

де U_{ϕ} – фазна напруга, В;

z_{T} – опір трансформатора, Ом;

$z_{\text{н}}$ – опір петлі фаза-нуль, який визначається з залежності:

$$z_{\text{н}} = \sqrt{\left((R_{\phi} + R_{\text{н}})^2 + (X_{\phi} + X_{\text{н}} + X_{\text{н}})^2 \right)} \quad (4.7)$$

де $R_{\text{н}}$, R_{ϕ} – активний опір фазного та нульового провідників, Ом;

$X_{\text{н}}$, X_{ϕ} – внутрішній індукційний опір фазного та нульового провідників, Ом;

$X_{\text{и}}$ – зовнішній індукційний опір петлі фаза-нуль, Ом.

Визначаємо опір трансформатора z_{T} .

Визначаємо номінальний струм електродвигуна:

$$I_{\text{ел.дв}}^{\text{н}} = \frac{P \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{н}} \cdot \cos \alpha}, \quad (4.8)$$

де P – номінальна потужність двигуна, кВт,

$U_{\text{н}}$ – номінальна напруга, В,

$\cos \alpha$ – коефіцієнт потужності.

$$I_{\text{ел.дв}}^{\text{н}} = \frac{10 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9} = 17,1 \text{ (A)}.$$

Для розрахунку активних опорів $R_{\text{Ф}}$ та $R_{\text{Н}}$ задасмося перетином, довжиною, матеріалом нульового й фазного провідників. Опір провідників з кольорових металів визначається по наступній формулі:

$$R = \frac{\rho \cdot l}{S}, \quad (4.9)$$

де ρ – питомий опір провідника (для міді $\rho=0,018$, для алюмінію $\rho=0,028$ Ом мм²/м);

l – довжина провідника, м;

S – перетин, мм².

Значення $X_{\text{Ф}}$ та $X_{\text{П}}$ для мідних й алюмінієвих провідників малі (близько 0,0156 Ом/км) і, як правило, ними нехтують.

Активний й індуктивний опори провідників визначають задаючись довжиною провідника й профілем перетину. Визначають очікуване значення струму

короткого замикання. Величину зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль у практичних розрахунках приймають рівним 0,6 Ом/км.

4. За довідковими даними знаходимо основні технічні характеристики електродвигуна: $N = 10 \text{ кВт}$; $\cos \alpha = 0,9$; $\frac{I_{\text{ел.дв.}}^{\text{мвс}}}{I_n} = 7,5$.

Розраховуємо пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{ел.дв.}}^{\text{мвс}} = 7,5 \cdot 17,1 = 128,2 \text{ (А)}.$$

Обчислимо номінальний струм плавкої вставки

$$I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}} = I_{\text{ел.дв.}}^{\text{мвс}} / \alpha = 128,2 / 2 = 64,1 \text{ (А)}.$$

де α - коефіцієнт режиму роботи приймається для двигунів із частими включеннями, наприклад двигунів для кранів $\alpha = 1,6 \dots 1,8$; для двигунів, що приводять у дію механізми з рідкими пусками (конвеєрів, вентиляторів) $\alpha = 2 \dots 2,5$.

Визначаємо очікуване значення струму короткого замикання.

$$I_{\text{кз}} = 3 I_{\text{пл.вст}}^{\text{н}} = 3 \cdot 64,1 = 192,3 \text{ (А)}.$$

Задаємося стандартним перетином нульового провідника $4 \times 40 \text{ мм}^2$ і розраховуємо щільність струму δ :

$$\delta = I_{\text{кз}} / S = 192,3 / 4 \cdot 40 = 1,6 \text{ (А/мм}^2\text{)}.$$

Знаходимо активні й індуктивні опори сталевих провідників. Для цього задаємося перетином і довжиною кутового l_n і фазового l_ϕ провідників, виконаних зі сталі: $l_n = 50 \text{ м}$, перетином $4 \times 40 \text{ мм}^2$; $S = 160 \text{ мм}^2$; $l_\phi = 100 \text{ м}$; перетином $\varnothing = 8 \text{ мм}$; $S = 50,27 \text{ мм}^2$. Перетин нульового провідника і його матеріал вибираються

з умови, щоб повна провідність нульового проведення була не менш 50% повної провідності фазного проведення, тобто $1/(R_n + X_n) \geq 1/2(R_\phi + X_\phi)$. Активний опір фазного проведення береться залежно від площі перетину й щільності струму:

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 6,4 \cdot 0,1 = 0,64 \text{ (Ом)}.$$

Аналогічно визначаємо активний опір нульового провідника:

$$R_n = r \cdot l_n = 1,81 \cdot 0,05 = 0,09 \text{ (Ом)}.$$

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазного й нульового провідників X_ϕ і X_n :

$$X_\phi = X_\omega \cdot l_\phi = 3,84 \cdot 0,1 = 0,38 \text{ (Ом)}.$$

$$X_n = X_\omega \cdot l_n = 1,08 \cdot 0,05 = 0,054 \text{ (Ом)},$$

де X_ω – обираємо з довідника рівним 3,84 Ом/км;

l – довжина провідника, км.

Зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль $X_n = 0,6$ Ом/км. Загальна довжина петлі фаза-нуль $50 \times 100 = 150$ м = 0,15 км.

Тоді

$$X_n = 0,6 \cdot 0,15 = 0,09 \text{ Ом}.$$

Використовуючи отримані дані, розраховуємо Z_n і визначаємо струм короткого замикання:

$$Z_n = \sqrt{(R_\phi + R_n)^2 + (X_\phi + X_n + X_u)^2} = 0,778 \text{ (Ом)},$$

$$I_{ka} = U_{\phi} / (Z_m / 3 + Z_n) = 380 / (0,129 / 3 + 0,778) = 462 \text{ (A)}.$$

Перевіримо умову надійного спрацьовування захисту:

$$I_{kz} \geq 3I_{nл.вст} ;$$

$$462 > 3 \cdot 64,1 = 192,3 \text{ (A)}.$$

Струм I_{kz} більш ніж у три рази перевищує номінальний струм плавкої вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить за 5...7 с і відключить ушкоджену фазу. За номінальним струмом приймаємо плавку вставку серії ПН2-100 з номінальним струмом 80 А при напрузі мережі 380 В.

4.3 Вплив машинобудівних виробництв на довкілля

Машинобудівні виробництва мають значний вплив на екологію, як на стадії виробництва, так і на стадії експлуатації продукції. Розглянемо основні екологічні наслідки.

1. Забруднення повітря. Машинобудівні підприємства використовують різні хімічні речовини та метали, що призводить до викидів в атмосферу. У процесі обробки металів, зварювання, фарбування та інших операцій утворюються токсичні речовини, такі як:

- пил металів (особливо важких);
- газоподібні забруднювачі (оксиди азоту, вуглецю, сірки);
- летючі органічні сполуки (розчинники, фарби та лакофарбові матеріали).

Ці забруднювачі можуть негативно впливати на здоров'я працівників та прилеглі екосистеми.

2. Забруднення водних ресурсів. Процес виробництва в машинобудуванні потребує значного обсягу води, яка може забруднюватись мастилами,

розчинниками, хімічними реагентами та металевими частинками. Стічні води від підприємств, якщо вони не проходять належного очищення, можуть потрапляти в річки та озера, що призводить до погіршення якості водних ресурсів, загрози для флори та фауни, а також проблем із водопостачанням для населення.

3. Відходи виробництва. Машинобудування генерує різноманітні відходи, включаючи:

- відходи металів (уламки, обрізки, стружки);
- хімічні відходи (мастильні рідини, розчинники);
- устаткування, що стає непридатним для використання та має бути утилізовано.

Більшість таких відходів потребує правильної утилізації, оскільки вони можуть забруднювати ґрунт і воду, якщо не бути перероблені.

4. Енерговитрати та викиди парникових газів. Машинобудівні підприємства є енергоємними, що призводить до значних викидів вуглекислого газу (CO₂) та інших парникових газів в атмосферу. Висока потреба енергії для роботи обладнання, наприклад, для плавки металів або обробки матеріалів, посилює проблему зміни клімату.

5. Шумове забруднення. Виробничі процеси, такі як обробка металів, складання, робота з важкими верстатами можуть створювати високий рівень шуму. Це не лише погіршує умови праці для працівників, а й шкодить довкіллю, порушуючи екологічну рівновагу у прилеглих районах.

6. Вплив на біологічну різноманітність. Машинобудівні підприємства можуть руйнувати природні ландшафти, вирубуючи ліси або осушуючи водойми для будівництва виробничих потужностей. Це може призвести до втрати житла для диких тварин і рослин.

Щоб знизити негативний вплив машинобудівних виробництв на екологію, необхідно вжити таких заходів:

- впровадження технологій замкнутого водопостачання та очищення стічних вод;

- розробка та використання екологічно чистих матеріалів та технологій;
- переробка відходів (наприклад, металобрухту) та зниження їх обсягу;
- перехід на енергоефективні джерела енергії (відновлювані джерела, електрифікація виробництва)
- будівництво зелених зон та використання екологічно безпечних технологій на території підприємств.

Таким чином, машинобудівні виробництва можуть суттєво вплинути на екологію, але за правильного підходу та впровадження екологічно безпечних технологій можна значно знизити цей негативний вплив.

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 її складовою частиною, а саме валу порожнистого шліцьового. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 65_{k6}^{(+0,021)}_{(+0,002)}$ мм розрахунково-аналітичним методом, на інші поверхні – табличним методом.

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

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу. Річний економічний ефект для програми випуску 100 шт. склав 2400 грн. Окрім того, здійснено розрахунок захисного занулення живильного трансформатора. Приділено увагу впливу машинобудівних виробництв на довкілля. Запропоновано заходи зниження негативного забруднення.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик бабки, кресленик валу порожнистого шліцьового, кресленик заготовки валу порожнистого шліцьового, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі.