

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: «Організація машинобудівного виробництва валу редуктора
приводу промислової м'ясорубки»

КРБ.133ГМбд_21[1].11.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_21[1]
ПЕТИЛЯК Назарій

Керівник: докт. техн. наук, професор
КОВБАСА Володимир

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, промислові м'ясорубки – це спеціальна техніка, яку використовують для перетворення м'яса на фарш, приготування ковбас та інших виробів. У переважній більшості обладнання працює від електричної мережі. Промислові м'ясорубки можливо використовувати в супермаркетах, магазинах, підприємствах галузі, столових, ресторанах. Від звичайної побутової техніки професійна м'ясорубка відрізняється габаритами, продуктивністю, масою, витратою електричної енергії.

Саме тому розробка та удосконалення конструкцій обладнання для подрібнення безкісткового м'яса та м'ясопродуктів під час виробництва фаршу для ковбасних та інших м'ясних виробів є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, а саме вал, є складовою частиною редуктора, що входить до складу приводу промислової м'ясорубки.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є привод промислової м'ясорубки, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу, 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 розрахунково-аналітичним та табличним методами;
- сконструювати затискне пристосування для механічної обробки, а також розрахувати зусилля затиску, параметри силового приводу, а також слабку ланку на міцність;

- 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 привод м'ясорубки промислової (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – М'ясорубка промислова

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика м'ясорубки промислової

№ з.п.	Найменування параметра	Єдність розмірності	Значення
1.	Продуктивність	кг/год	
2.	Діаметр ножових решіток	мм	
3.	Ємність завантажувального бункера	л	
4.	Встановлена потужність двигуна, не більше	кВт	
5.	Габаритні розміри	мм	
6.	Маса	кг	

М'ясорубка (зовчок) призначена для подрібнення безкісткового м'яса та м'ясопродуктів під час виробництва фаршу для ковбасних та інших м'ясних виробів, охолоджених за нормальних умов до температури навколишнього середовища від 10 до 12°C або спеціальним впливом низьких температур за певних режимів від +2 до 3°C. Має високий ступінь надійності, зручність обслуговування та санітарної обробки. Відповідає усім вимогам безпеки.

Редуктор (див. графічну частину) призначений для зменшення частоти обертання двигуна приводу м'ясорубки. Двигун із редуктором з'єднуються за допомогою клинопасової передачі. За допомогою фланця проміжний вал редуктора безпосередньо з'єднується зі шнеком. Від тихохідного валу через ланцюгову передачу обертання передається на допоміжний шнек.

Даний редуктор є нестандартним, оскільки осі трьох його валів знаходяться не на одній площині. Швидкохідний вал-шестерня розміщується нижче на 50 мм для покращення умов змащення. Отвори для кріплення, знаходяться не знизу, як у більшості редукторів (зумовлено конструктивними особливостями м'ясорубки), а на двох приливах, що розташовуються з боків корпусу на 45 мм вище за отвір для зливу масла – крайню нижню точку редуктора.

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

Рисунок 1.2 – Вал

Вал призначений для передачі обертового моменту від зубчатого колеса на зірочку ланцюгової передачі, змінюючи при цьому передаточне число. При обробці валу необхідно звернути особливу увагу на: посадкові поверхні під підшипники та обробку поверхні під посадку зубчатого колеса. Вказати необхідність обробки поверхонь під підшипники з одного установу. Це дозволяє виконати допуск співвісності. Вал виготовлений зі сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015.

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 поверхонь валу

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Вал»

Номер пов-ні деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри, мм	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорст- кість, R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндр.	$\varnothing 35^{+0,016}_{-0,002}$	k6	-	-	0,8
2	Циліндр.	$\varnothing 34,5_{-0,62}$	h14	-	-	1,6
3	Циліндр.	$\varnothing 40_{-0,062}$	h9	-	-	1,6
4	Циліндр.	$\varnothing 45_{-0,062}$	h9	-	-	1,6
5	Циліндр.	$\varnothing 25_{-0,062}$	h9	-	-	1,6
6	Циліндр.	$\varnothing 25^{+0,016}_{-0,002}$	k6	-	-	0,8
7	Циліндр.	$\varnothing 24,5_{-0,52}$	h14	-	-	1,6
8	Циліндр.	$\varnothing 35^{+0,016}_{-0,002}$	k6	-	-	0,8
9	Циліндр.	$\varnothing 34,5_{-0,62}$	h14	-	-	1,6
10, 11	Торець	$200_{-1,15}$	14	-	-	6,3
12	Торець	$23 \pm 0,2$	14	-	-	6,3
13	Торець	$45 \pm 0,3$	14	-	-	6,3
14	Торець	$15 \pm 0,2$	14	-	-	6,3
15	Торець	$17 \pm 0,2$	14	-	-	6,3
16	Отвір	$\varnothing 3,5$	H12	-	-	12,5
17	Поверхня шп. пазу	$36 \pm 0,3$	14	-	-	3,2
18	Поверхня шп. пазу	$32 \pm 0,3$	14	-	-	3,2

Виконавши аналіз параметрів точності деталі «Вал», робимо висновок – шорсткість поверхонь відповідає параметрам точності деталі. Найточніші розміри мають поверхні 1, 8 і 6 – $\varnothing 35k6^{(+0,018)}$, $\varnothing 35k6^{(+0,018)}$ і $\varnothing 25k6^{(+0,015)}$ відповідно.

Найвища шорсткість $Ra=0,8$ мкм. Деталь легко виготовляється за умов машинобудівного підприємства.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Дана деталь, вал тихохідний, виготовлена з легованої сталі 40Х за ДСТУ 7809:2015. Вона має досить високі механічні властивості, добру оброблюваність різанням, тиском та піддається термічній обробці [24, 37].

Хромисті сталі відносяться до дешевих конструкційних матеріалів і використовуються для деталей невеликого перерізу. З підвищенням вмісту вуглецю у них підвищується міцність, але знижується пластичність і в'язкість. Ці сталі схильні до відпускнуї крихкості, усунення якої вимагає швидкого охолодження від температури високого відпускання.

Сталі прогартовуються на глибину 15-25 мм. У нашому випадку заготовку зі сталі 40Х необхідно піддати термічному покращенню – гартування та високому відпуску (600°C) на структуру сорбіт. Покращення сталі на відміну від нормалізації забезпечує підвищену границю текучості у сполученні із гарною пластичністю та в'язкістю, високим опором розвитку тріщин.

Крім цього, покращення помітно знижує межу холодноломкості. Високі механічні властивості під час покращення можливі лише при забезпеченні необхідної прогартуваності. Крім цього важливо отримати дрібне зерно і не допустити розвитку відпускнуї крихкості.

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

Як видно з таблиці 1.3 можливе використання сталі 45 при відсутності сталі 40Х. Але нам невідомі умови роботи деталі у вузлі, тому залишаємо марку матеріалу, що призначив конструктор, тобто – сталь 40Х.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу деталі

Марка матеріалу	Хімічний склад					Механічні властивості			
	C, %	Mn, %	Si, %	Ni, %	Cr, %	σ_B , МПа	σ_{02} , МПа	δ , %	HB, МПа
Сталь 40Х	0,36-0,44	0,5-0,8	0,17-0,37	0,3	0,8-1,1	570	315	12	167...207
Сталь 45	0,42...0,56	0,5-0,8	0,17-0,37	-	-	598	353	16	197

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла у кількості 1000 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 заготовки, 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 заготовки.

$$N_{зан} = (1000 + 0,04 \cdot 1000) \cdot (1 + 0,025) = 1066 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності деталей розпочинають після встановлення типу виробництва, оскільки кожному типу притаманні свої способи виготовлення заготовок і методи їх обробки. Якісну оцінку технологічності деталі проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за проставленням розмірів і можливим способом виготовлення заготовки. Кількісну оцінку проводять за абсолютними відносними показниками. У першу чергу встановлюють показники базової деталі та деталі, що розглядається: коефіцієнти використання матеріалу, точність обробки, шорсткість поверхонь, трудомісткість виготовлення, технологічну собівартість [23].

Аналізуючи технологічність деталі, необхідно перевірити:

- можливість спрощення деталі та залишки матеріалу, створення деталі більш раціональної форми з легкодоступними для обробки поверхнями, достатньою жорсткістю з метою зменшення металомісткості та трудомісткості (достатня жорсткість деталей дає змогу обробляти їх на верстаках з найбільш продуктивними режимами різання);
- можливість зменшення кількості та протяжності поверхонь деталей, що обробляються;
- наявність на деталях зручних базових поверхонь або можливість створення допоміжних технологічних баз у вигляді бобишок, поясків та ін.
- можливість технологічно пов'язати розміри, що забезпечують найкоротші технологічні розмірні ланцюги;
- можливість вибору раціонального методу виготовлення заготовки, що забезпечує найбільш високий коефіцієнт використання матеріалу та найменшу трудомісткість механічної обробки;
- наявність у конструкціях термічно оброблюваних деталей конструктивних елементів, що зменшують короблення при нагріванні та охолодженні.

Поняття «технологічність» також полягає у тому, що при конструюванні деталей необхідно забезпечувати вимоги експлуатації виробів та вимоги на більш раціональне та продуктивне їх виготовлення.

У процесі аналізу робочого кресленика валу нами було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для серійного типу виробництва. Витрати на налагодження верстатів будуть порівняно невеликі з економією матеріалу і часу.

Повні результати аналізу на технологічність деталі наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність валу

№ з.п.	Показники вимог до технологічності	Висновки по показникам	Заходи щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Так, технологічно.	-
2	Наявність глухих отворів.	Так, технологічно.	
3	Ступінчаті вали повинні мати невеликі переходи по діаметру, а їх довжини однаковими, або кратними.	Вал має значну довжину, дана вимога не дійсна, так як вона передбачає собою обробку на багатопрограмних інструментальних верстатах.	При обробці вал має бути закріплений в люнеті, для підвищення його жорсткості та точності обробки.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	Чи можлива багатошпіндельна та (або) багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно, можлива багатоінструментальна обробка.	-
5	Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Ні, технологічно.	-
6	Чи є скоси або пази під кутами відмінними від 45°?	Ні, технологічно.	-
7	Чи є в деталі різьби, менші за М6?	Ні, технологічно.	-
8	Точність штампування заготовки.		Бажана штампована поковка класу точності Т4.
9	Чи від однієї бази представлені розміри?	Ні, не технологічно.	Необхідний перерахунок розмірів, враховуючи методи обробки.
10	Чи є великі перепади ступінчастих валів?	Ні, не технологічно.	-
11	Вали повинні мати центрувальні отвори	Дана вимога виконується.	

Проаналізувавши таблицю 2.1, можна зробити висновок, що деталь є технологічною для даного виду виробництва за більшістю показників.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Вал виготовляли із прокату $\varnothing 48$ мм, що 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 запропоновано отримувати заготовку штампуванням. Так як припуск зменшиться, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це зменшує кількість верстатів, необхідних для виготовлення валу.

На підприємстві при виготовленні деталей використовувалися стандартні універсальні пристосування, універсальні верстати, різальний інструмент. В умовах серійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК та пристосування спеціальної конструкції. Використання прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання, що значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно і витрати енергії, інструменту і тому подібне. Це також зменшує собівартість деталі.

У цілому діючі технологічні процеси, документацію на які було взято на виробництві, складені вірно, але вони написані для дрібносерійного виробництва. Отже, для того щоб вивести на виробництво, яке на даний час є у нас середньосерійним, необхідно зробити зміни у вже існуючих технологічних процесах на подані деталі. Зокрема необхідно технологічне обладнання, що було застосовано при дрібносерійному виробництві (універсальне), замінити на верстати із ЧПК по можливості. Такі верстати за своїми можливостями можуть зменшити, у порівнянні з іншими, час налагодження та переналагодження на виготовлення інших деталей за сучасних умов нестійкої номенклатури виготовлення виробів.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_2, 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 деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість Ra, мкм	Допуск заготовки, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	14	1,15	6,3	5	—	4,35	1.	Фрезерування лівого і правого торця одночасно	14	1,15	4,35	4,35
2.	12	0,12	5	—	—	100	1.	Свердління лівого і правого центрального отвору одночасно	12	0,12	—	1
3.	6	0,016	0,8	1,6	16	100	1.	Точіння чорнове	12	0,016	6,4	100
							2.	Точіння напівчистове	9		4	
							3.	Точіння чистове	7		2,38	
							4.	Шліфування одноразове	6		1,6	
4.	9	0,062	1,6	2,0	16	32,3	1.	Точіння чорнове	13	0,062	5,1	32,3
							2.	Точіння напівчистове	10		3,9	
							3.	Точіння чистове	9		1,6	
5.	9	0,062	1,6	2,0	16	32,3	1.	Точіння чорнове	13	0,062	5,1	32,3
							2.	Точіння напівчистове	10		3,9	
							3.	Точіння чистове	9		1,6	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6.	6	0,013	0,8	1,6	16	123,1	1.	Точіння чорнове	12	0,013	7,6	123,1
							2.	Точіння напівчистове	9		4	
							3.	Точіння чистове	7		2,48	
							4.	Шліфування одноразове	6		1,6	
7.	6	0,016	0,8	1,6	16	100	1.	Точіння чорнове	12	0,016	6,4	100
							2.	Точіння напівчистове	9		4	
							3.	Точіння чистове	7		2,38	
							4.	Шліфування одноразове	6		1,63	
8.	9	0,2	3,2	0,052	-	-	1.	Фрезерування шпонкового пазу одноразове	9	0,2	-	-
9.	9	0,2	3,2	0,052	-	-	1.	Фрезерування шпонкового пазу одноразове	9	0,2	-	-

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки будуюмо на основі етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та базування (таблиця 2.3, рисунок 1.3).

Таблиця 2.3 – Принципова схема маршруту обробки деталі

№ операції	Обладнання	Зміст операції
1	2	3
005 Фрезерна		

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
010 Штампувальна		
015 Гермічна		
020 Фрезерно-центрувальна		
025 Токарна з ЧПК		

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
030 Токарна із ЧПК		
035 Шпонко- фрезерна		
040 Шпонко- фрезерна		
045 Термічна		
050 Кругло- шліфу- вальна		

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
055 Кругло- шліфу- вальна		
060 Кругло- шліфу- вальна		
065 Мийна		
070 Контроль на		

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 точної поверхні. У нашому випадку це поверхня $\varnothing 35k6^{(+0,018}_{-0,002)}$ мм.

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

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

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 2.3.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$4450 - 2866 = 1600 - 16;$$

$$1584 = 1584.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками.

Таблиця 2.2 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 35k6^{(+0,018}_{+0,002)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\text{прип}}$, мкм	Розр. розмір d_p , мм	Доп. δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R	T	ρ	ϵ				D_{min}	D_{max}	$2Z_{\text{min}}$	$2Z_{\text{max}}$
Заготовка	150	200	650	-	-	37,868	1600	37,868	39,468	-	-
Точіння чорнове	75	100	39	0	2×1000	35,868	250	35,868	36,118	2000	3100
Точіння напівчистове	50	60	33	0	2×214	35,44	62	35,44	35,502	428	624
Точіння чистове	25	25	26	0	2×143	35,154	25	35,154	35,179	286	470
Шліфування чистове	5	15	4	0	2×76	35,002	16	35,002	35,018	152	256
Усього										2866	4450

Отже, припуски та міжопераційні розміри розраховано вірно. Будуємо схему графічного розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 35k6^{(+0,018}_{+0,002)}$ мм на рисунку 2.1.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків
на обробку поверхні $\varnothing 35k6^{+0,018}_{+0,002}$ мм

У таблиці 2.4 надаємо результати визначення припусків табличним способом.

Таблиця 2.4 – Припуски на поверхні деталі „Вал”, що механічно оброблюються

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5	6
1	200 _{-1,15} мм; 14	Фрезерування лівого і правого торця одночасне	5	14	-
2		Свердління лівого і правого центрального отвору одночасне	-	12	-
3	Циліндрична Ø35k6(+0,018/-0,002)мм	Точіння чорнове	2,3	12	0,25
		Точіння напівчистове	0,5	9	0,062
		Точіння чистове	0,3	7	0,025
		Шліфування одноразове	0,1	6	0,016
4	Циліндрична Ø40h9(-0,062)мм	Точіння чорнове	2,3	13	0,39
		Точіння напівчистове	0,6	10	0,1
		Точіння чистове	0,3	9	0,062
5	Циліндрична Ø45h9(-0,062)мм	Точіння чорнове	2,3	13	0,39
		Точіння напівчистове	0,4	10	0,1
		Точіння чистове	0,3	9	0,062
6	Циліндрична Ø25k6(+0,015/+0,002)мм	Точіння чорнове	2,0	12	0,21
		Точіння напівчистове	0,8	9	0,052
		Точіння чистове	0,3	7	0,021
		Шліфування однораз.	0,1	6	0,013

Продовження таблиці 2.4

1	2	3	4	5	6
7	Циліндрична $35k6^{(+0,018}_{+0,002)}$	Точіння чорнове	2,3	12	0,25
		Точіння напівчистове	0,5	9	0,062
		Точіння чистове	0,3	7	0,025
		Шлифування одноразове	0,1	6	0,016
8	Шпонковий паз $12N9_{-0,043}^{mm}$	Фрезерування шпонкового пазу одноразове	5,5	N9	-0,043
9	Шпонковий паз $8N9_{-0,036}^{mm}$	Фрезерування шпонкового пазу одноразове	4	N9	-0,036

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки валу 035 шпонково-фрезерна розробляємо конструкцію затискного пристосування (рисунок 3.1), керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки валу:

- 1 – основа; 2 – основа циліндру; 3 – корпус; 4 – шток; 5 – кришка; 6 – прихват;
7 – призма; 8 – упор; 9 – упор; 10 – поршень; 11, 12 – болт; 13, 14 – гайка;
15, 16 – гвинт; 17-20 – кільце гумове; 21-23 – шайба пружинна;
24 – штифт; 25 – шпонка

Пристосування застосовується для базування і закріплення деталі у процесі обробки на шпонково-фрезерному верстаті моделі 692М. Базування деталі здійснюється по двох поверхнях. Деталь у пристосуванні розташовується горизонтально, затиск здійснюється прихватом, якому передається зусилля від гідроциліндра.

Гідропривод складається з електродвигуна, робочого гідроциліндра, насоса для подачі масла в циліндр, бака для масла, апаратури управління і регулювання, трубопроводів.

Масло під тиском потрапляє у верхню порожнину гідроциліндра і переміщує поршень зі штоком. Прихват, закріплений на штоку, здійснює закріплення деталі. При подачі масла у нижню порожнину гідроциліндра здійснюється розкріплення деталі.

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Дане пристосування призматичного типу призначене для установки заготовки відповідно до теоретичної схеми базування із наступним закріпленням на шпонково-фрезерному верстаті при обробці шпонкового паза. Для запобігання можливості розкріплення заготовки у процесі фрезування шпонкового паза її необхідно надійно закріпити. Зробимо розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки [12, 36, 38, 39]. Схеми базування заготовки і сил, діючих на неї, представлені на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 - Розрахункова схема

Розглянемо можливі гіпотези розкріплення заготовки.

Гіпотеза 1. Провертання заготовки навколо осі під дією головної складової сили різання P_z . При роботі двозубою шпонковою фрезою такий варіант можливий. Силу затиску при цьому позначимо як Q .

Гіпотеза 2. Перекидання заготовки під дією складової сили різання P_v . Оскільки заготовка в призмі встановлена не консольно, то така можливість відсутня.

Гіпотеза 3. Зрушення заготовки уздовж осі під дією складової сили різання P_{os} . Гіпотеза відкидається бо подача при фрезеруванні направлена на упор.

Таким чином, тільки перша гіпотеза є робочою і повинна бути прийнята до розгляду.

Розрахуємо необхідні зусилля затиску заготовки і зусилля на штоку циліндра.

Рівняння рівноваги заготовки (рівняння моментів):

$$M_{різ} \cdot K \leq M_{опр}. \quad (3.1)$$

Коефіцієнт запасу визначаємо за формулі:

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

де K_0 - гарантований коефіцієнт запасу;

K_1 - коефіцієнт стану поверхні заготівлі;

K_2 - коефіцієнт, що враховує зауплнення 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 $K_0 < 2,5$, то при подальших обчисленнях необхідно приймати $K_0 = 2,5$.

Гіпотеза 1. Момент різання (рисунок 3.3):

Рисунок 3.3 – Розрахункова схема

$$M_{\text{різ}} = Pz \cdot h, H \cdot m \quad (3.3)$$

У свою чергу:

$$M_{\text{сomp}} = \frac{F_{\text{ср}} \cdot d}{2} = \frac{(F_y + F_3) \cdot d}{2}, \quad (3.4)$$

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

$$F_y = 2N \cdot f_y = Q_1 \cdot \cos \alpha \cdot f_y, \quad (3.5)$$

$$F_3 = Q_1 \cdot f_3 \quad (3.6)$$

де f_y та f_3 – коефіцієнти тертя.

Тоді маємо, що:

$$M_{\text{опор}} = \frac{(Q_1 \cdot \cos(\alpha) \cdot f_y + Q_1 \cdot f_3) \cdot d}{2}. \quad (3.7)$$

У нашому випадку $f_y = f_3 = f$. Тоді:

$$M_{\text{comp}} = \frac{Q_1 \cdot f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d}{2}, \quad (3.8)$$

Прирівнюючи рівняння (3.3) і (3.8) одержимо:

$$P_z \cdot h \cdot K = \frac{Q_1 \cdot f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d}{2}, \quad (3.9)$$

або

$$Q = \frac{2 \cdot P_z \cdot h \cdot K}{f \cdot (\cos \alpha + 1) \cdot d} \quad (3.10)$$

Як видно з приведеного вище розрахунку варіювати значеннями Q можна шляхом зміни кута призми і коефіцієнтів тертя f_y і f_z .

Визначаємо головну складову сили різання P_z , Н, за формулою

$$P_z = \frac{9,81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z \cdot K_{mp}}{D^q \cdot n^w}, \quad (3.11)$$

де C_p , K_{mp} – коефіцієнти;

t – глибина, мм;

S_z – подача на зуб, мм/зуб;

B – ширина фрезерування, мм;

Z – кількість зубів;

D – діаметр фрези, мм;

n – частота обертання фрези, об/хв;

x, y, u, q, w – показники ступенів.

$$P_z = \frac{10 \cdot 825 \cdot 4^1 \cdot 0,026^{0,75} \cdot 5,5^{1,1} \cdot 2}{12^{1,3} \cdot 250^{0,2}} \cdot 1 = 364,2 \text{ Н}$$

Тоді

$$Q = \frac{2 \cdot 364,2 \cdot 12,5 \cdot 2,7}{0,16 \cdot (\cos 45^\circ + 1) \cdot 30} = 3000 (H).$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Діаметра циліндра розраховується за формулою:

$$d_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{max}}{P \cdot \pi \cdot K_{пер} \cdot \eta}}, \quad (3.12)$$

де P – тиск мастила, МПа;

η – коефіцієнт корисної дії гідроциліндра;

$K_{пер}$ – передаточне відношення сил.

Отже:

$$d_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3000}{2,5 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 0,85}} = 0,042 (м) \approx 42 (мм).$$

Приймаємо найближчий більший стандартний діаметр гідроциліндра, $d_{ц} = 42$ мм.

3.4 Розрахунок пристосування на точність

Проведемо розрахунок пристосування для шпонково-фрезерної операції на точність.

Для забезпечення необхідної точності оброблюваного отвору повинна дотримуватися умова точності:

$$[\varepsilon_y] \leq K \cdot T(a - R), \quad (3.13)$$

де ε_y – допустима похибка установки заготовки;

K – коефіцієнт жорсткості допуску, рівний 0,5;

$T(d-t)$ – допуск розміру, що виконується, рівний 0,2 мм.

Тоді:

$$[\varepsilon_y] = 0,5 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ (мм)}.$$

Складові похибки установки ε_b , ε_z , ε_{np} зображують поле розсіювання випадкових величин, розподіл яких з достойною достовірністю можливо прийняти підпорядкованим нормальному закону. Тоді похибка установки визначається як сумарне поле розсіювання та зображує випадкову величину, підкорюючись теж нормальному закону.

Визначаємо похибку установки заготовки в пристосуванні за формулою:

$$[\varepsilon_y] = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_z^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.14)$$

де ε_b – похибка базування;

ε_z – похибка закріплення заготовки в пристосуванні;

ε_{np} – погрішність, зв'язана з виготовленням і установкою пристосування.

Для випадку установки заготовки в призмі похибка базування визначається з рівняння (3.15)

$$\varepsilon_b = 0,5 \cdot T_d \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right), \quad (3.15)$$

де T_d – допуск на базовий діаметр валу, рівний 0,016 мм

Тоді:

$$\varepsilon_b = 0,5 \cdot 0,016 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,011 \text{ (мм)}.$$

Похибку пристосування визначаємо за формулою (3.16):

$$\varepsilon_{np.} = \sqrt{\varepsilon_{виг.}^2 + \varepsilon_{зн.}^2 + \varepsilon_{пол.}^2}, \quad (3.16)$$

де $\varepsilon_{виг.}$ – похибка виготовлення пристосування, мм;

$\varepsilon_{зн.}$ – похибка зносу пристосування, мм;

$\varepsilon_{пол.}$ – похибка положення пристосування, рівна 0,01 мм

Похибку виготовлення пристосування визначаємо за формулою (3.17):

$$\varepsilon_{виг.} = \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{5} \right) \cdot T_{дет.}, \quad (3.17)$$

де $T_{дет.}$ – допуск на виконуючий розмір, рівний 0,2 мм.

У нашому випадку приймаємо:

$$\varepsilon_{виг.} = \frac{1}{5} \cdot 0,2 = 0,04 \text{ (мм)}.$$

Допустимий знос приймають рівний величині виготовлення, то $\varepsilon_{зн.} \approx \varepsilon_{виг.}$

Тоді

$$\varepsilon_{np.} = \sqrt{0,04^2 + 0,04^2 + 0,01^2} = 0,087 \text{ (мм)}.$$

Похибка установки

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,011^2 + 0 + 0,087^2} = 0,088 \text{ (мм)}.$$

Таким чином, умова точності виконується, т. я. $0,088 < 0,1$.

3.5 Розрахунок слабкої ланки

Прихват з'єднаний зі штоком за допомогою гайки. При роботі пристосування деталь затискається прихватом за допомогою тягнучої сили штока. При цьому умова міцності різьбового з'єднання виражається за формулою:

$$\sigma_p = \frac{4F}{\pi \cdot d^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.18)$$

де σ_p – розрахункове напруження розтягу в поперечному перерізі нарізаної частини, МПа.

F – сила розтягу Н,

d – внутрішній діаметр різьби мм,

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу, МПа, $[\sigma_p] = 0,6\sigma_T$;

$$[\sigma_p] = 0,6 \times 540 = 324 \text{ (МПа)}.$$

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 3000}{3,14 \cdot 8,5^2} = 52,9 \text{ (МПа)}.$$

$$52,9 < 324.$$

Умова міцності виконується.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Вал», що виготовляється з вуглецевої конструкційної сталі 40Х найбільш доцільними буде два способи: прокат та штампування на ГKM [1, 4, 34].

Горизонтально-кувальні машини (ГKM) є горизонтальними кривошипними гарячештамповними пресами із зусиллями 63...125 МН. На ГKM штампують у відкритих, закритих штампах і в штампах для видавлювання. Типовим процесом є багатоструменева висадка в закритих двох роз'ємних штампах. Основною ознакою штампів ГKM є наявність двох взаємно перпендикулярних роз'ємів. Поковки, що виготовляються на ГKM, звичайно мають форму тіл обертання з прямою віссю, направленою по осі початкового прутка. Формою вони можуть бути віднесені до двох основних груп: до поковок типу стрижня суцільного перетину з одним або декількома потовщеннями; стрижнів із наскрізним отвором.

Недоліками ГKM є: обмежені номенклатура і маса (до 150 кг) штампованих поковок, необхідність застосування прокату, як правило, підвищеної точності, а іноді каліброваного.

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

Отже визначаємо:

S_3 – базова вартість 1 т заготовок, становить $S_3 = 43700$ грн. за 1 т; $S_{\text{відх}}$ – вартість 1 т відходів, становить $S_{\text{відх}} = 10000$ грн. за 1 т; k_T , k_C , k_B , k_{M3} , k_{B6} – коефіцієнт, що залежить відповідно від класу точності, класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва.

Для першого і другого методу виготовлення заготовки деталі ці коефіцієнти визначаємо для класу точності поковки – Т4, групи сталі – М2, ступеня складності – С1, вихідного індексу – 11.

Тоді отримаємо відповідно до першого і другого методу: $k_{T1}=1,25$, $k_{T2}=1,23$, $k_{C1}=1,25$, $k_{C2}=1,27$, $k_{M31}=0,83$, $k_{M32}=0,72$, $k_{B1}=1,0$, $k_{B2}=1,0$, $k_{BB1}=1,35$, $k_{BB2}=1,27$;

q_d – маса деталі, становить $q_d=1,6$ кг;

Масу заготовки визначаємо через об'єм заготовки, помножений на щільність сталі – 7850 кг/м³.

Об'єм знаходимо за геометричною формою та розмірами заготовки:

$$V_s = \frac{\pi}{4} (D_1^2 \cdot l_1 + D_2^2 \cdot l_2 + D_n^2 \cdot l_n). \quad (4.1)$$

Для першого способу об'єм становить:

$$V_s = \frac{\pi}{4} (0,048^2 \cdot 0,21) = 0,00038 \text{ м}^3.$$

Для другого способу об'єм становить:

$$V_s = \frac{\pi}{4} (0,000032 + 0,0000385 + 0,0000795 + 0,0000565) = 0,00025 \text{ м}^3.$$

Маючи щільність сталі 40% визначаємо масу заготовки:

$$G_{z1} = V_{z1} \cdot \gamma. \quad (4.2)$$

Для першого способу маса становить:

$$G_{z1} = 0,00038 \cdot 7850 = 2,98 \text{ кг}.$$

Для другого способу маса становить:

$$G_{32} = 0,00025 \cdot 7850 = 2,0 \text{ кг.}$$

Отже собівартість заготовки, виготовленої з прокату:

$$C_1 = \left(2,98 \cdot \frac{43700}{1000} \right) \cdot (1,25 \cdot 1,25 \cdot 0,83 \cdot 1 \cdot 1,35) - (2,98 - 1,6) \frac{10000}{1000} = 214,2 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки, виготовленої штампуванням на ГKM:

$$C_2 = \left(2,0 \cdot \frac{43700}{1000} \right) \cdot (1,23 \cdot 1,27 \cdot 0,72 \cdot 1 \cdot 1,27) - (2,0 - 1,6) \frac{10000}{1000} = 120,8 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (214,2 - 120,8) \cdot 1000 = 93400 \text{ (грн.)}$$

Отже, заготовка виготовлена штампуванням не тільки дешевша, але й має менший коефіцієнт використання матеріалу, що дає змогу скоротити час обробки і трудомісткість операції.

4.2 Розрахунок штучного заземлення

Розрахунок заземлюючого пристрою для круглошліфувального верстата моделі ЗБ161 полягає у визначенні кількості вертикальних і горизонтальних електродів за нормативним опором заземлення $K_3 = 12 \text{ Ом}$, питомим опором ґрунту $\rho_{\text{вим}} = 300 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. У якості вертикального заземлювача (електрода) використовуємо рівнобічні кутики з полицею 50 мм прийнятими розмірами електродів $0,070 \times 3 \text{ м}$ та в порівнянні розрахункового опору заземлення з нормативними значеннями [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

1. Обчислюємо розрахунковий питомий опір ґрунту для вертикальних електродів:

$$\rho_{\epsilon} = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi_{\epsilon}, \quad (4.3)$$

де ψ_{ϵ} – розрахунковий коефіцієнт сезонності для вертикальних електродів, $\psi_{\epsilon}=1,2$.

$$\rho_{\epsilon} = 300 \cdot 1,2 = 360 \text{ (Ом}\cdot\text{м)}.$$

2. Визначаємо опір розтіканню вертикальних електродів із круглої сталі:

$$R_{\epsilon} = \frac{\rho_{\epsilon}}{2 \cdot \pi \cdot l} \cdot \left[\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot l_{\epsilon} + l}{4 \cdot l_{\epsilon} - l} \right], \quad (4.4)$$

де d – зовнішній діаметр електрода, для вертикальних електродів із кутової сталі $d=0,95b$, де b – ширина полиці кута.

$$R_{\epsilon} = \frac{300}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left[\ln \frac{2 \cdot 3}{0,95 \cdot 0,05} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,1 + 3}{4 \cdot 2,1 - 3} \right] = 83 \text{ (Ом)}.$$

3. Попередньо встановлюємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлювачів:

$$n = \frac{R_{\epsilon}}{R_{\epsilon} \cdot \eta_{\epsilon}}, \quad (4.5)$$

де η_{ϵ} – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, для орієнтовного розрахунку приймається рівним 1.

$$n = \frac{83}{10 \cdot 1} = 8,3 \approx 9 \text{ шт.}$$

4. Обчислюємо довжину горизонтального електрода. При рядовому влаштуванні:

$$l_z = a \cdot (n - 1), \quad (4.6)$$

де a – відстань між вертикальними електродами, м;

$$l_z = 6 \cdot (9 - 1) = 48; \\ a = 2 \cdot l_z \quad (4.7)$$

n – прийнята кількість вертикальних електродів.

$$a = 2 \cdot 1 = 6 \text{ (м)}.$$

5. Визначаємо розрахунковий питомий опір ґрунту для горизонтального електрода:

$$\rho_z = \rho_{\text{вим}} \cdot \psi_z, \quad (4.8)$$

де ψ_z – розрахунковий коефіцієнт сезонності для горизонтальних електродів,
 $\psi_z = 1,6$

$$\rho_z = 300 \cdot 1,6 = 480 \text{ (Ом} \cdot \text{м)}$$

6. Установлюємо опір розтіканню струму для горизонтального електрода

$$R_z = \frac{\rho_z}{2 \cdot \pi \cdot l_z} \cdot l_n \frac{l_z^2}{b \cdot t_0} \quad (4.9)$$

де b_1 – ширина штаби, м.

$$R_z = \frac{480}{2 \cdot 3,14 \cdot 48} \cdot \ln \frac{48^2}{0,04 \cdot 0,6} = 17,4 \text{ (Ом)}.$$

7. Загальний опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_6 \cdot R_2}{R_6 \cdot \eta_2 + R_2 \cdot \eta_6 \cdot n} \leq R_3, \quad (4.10)$$

де η_r – коефіцієнт використання горизонтальних електродів з урахуванням вертикальних електродів.

$$R_0 = \frac{83 \cdot 17,4}{83 \cdot 0,89 + 17,4 \cdot 0,83 \cdot 4} = 10,97 \leq R_3 = 12 \text{ Ом.}$$

Отже параметри заземлення вибрані вірно.

4.3 Фізико-хімічні технології переробки відходів, біотехнології

Фізико-хімічні технології переробки відходів не володіють універсальністю. Вони дозволяють використовувати відходи як сировину для отримання корисного продукту, наприклад, з використаних автомобільних шин, полімерних матеріалів. Можлива переробка відходів на добрива, будівельні та дорожні матеріали, кераміку тощо. При цьому використовується індивідуальний підхід у виборі технології. На даний час гостро постає питання створення безвідходних та маловідходних технологій, а також тарних та пакувальних матеріалів, що легко розкладаються під впливом певних речовин.

Найбільш перспективним процесом знешчавлення та переробки відходів є біотехнологія. Живі компоненти біоти землі за мільярди років переробили неживу геосферу, гідросферу, атмосферу, перетворивши усе це на біосферу. Створені природою мікроорганізми методами генетичної біології прилаштовуються вченими для виконання нових функцій.

Значну перспективу має переробка побутових відходів після їх сортування. Переробка тони органічного залишку твердих побутових відходів може дати

500 м³ газу, що містить до 70% метану та закисі вуглецю із теплоутворюючою здатністю до 6000 ккал/м³. Живі компоненти біоти мають енергетичний ККД набагато вище, ніж у технічних системах, що виконують аналогічні функції. Наприклад, бактерія *Thiobacillus ferroxydans* вилуговує залізо, мідь, цинк, окислюючи їх сірчаною кислотою. Кислоту виробляє сама бактерія із сульфідів металу. Грибна біомаса може концентрувати із розчину свинець, цинк, ртуть, нікель, кобальт, золото. Є група бактерій, що очищують стічні води від нафтопродуктів.

Біотехнологія використовується під час виробництва білкових продуктів з деревини, нафтових парафінів, метилового та етилового спиртів, природного газу і навіть з водню.

До недоліків біотехнологій можливо віднести лише повільний перебіг процесів, що їх здорожує.

Отже, існуючі системи утилізації недостатньо відповідають сучасним вимогам епідеміологічної та екологічної безпеки, хоча обнадійливим є досвід Німеччини, де досягли успіхів у сортуванні відходів на ранньому етапі їх появи – у будинках та підвір'ях. Для збирання металобрухту, скла, одноразового пакування передбачені окремі спеціальні ємності.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення приводу промислової м'ясорубки. Проведено аналіз деталі, що є складовою вузла, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2. Випрацьовано 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 $\varnothing 35 \text{ k6}^{(+0,018}_{+0,002)}$ мм розрахунково-аналітичним та табличним методом, наведено їх графічне зображення.

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

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу. Річний економічний ефект для програми випуску 1000 шт. склав 93400 грн. Здійснено розрахунок штучного заземлюючого пристрою металорізального верстату. Окрім того, розглянуто особливості фізико-хімічних технологій переробки відходів, а також біотехнологія.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик приводу промислової м'ясорубки, кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик пристосування для виконання механічної операції на металорізальному верстаті.