

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Підготовка машинобудівного виробництва
для виготовлення подрібнювача силового»

КРБ.133ГМбд_31[2].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_31[2]
БУРДА Данило

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ПОПОВ Станіслав

Полтава – 2024 року

ВСТУП

Як відомо, подрібнювачі кісток тварин потрібні для подрібнення м'ясо-кісткової сировини та тваринницьких фермах, а також м'ясокомбінатах. Обладнання такого типу може встановлюватися у цехах із переробки м'яса, а також на підприємствах, що спеціалізуються на виготовленні кормів.

Саме тому розробка та удосконалення деталей силових подрібнювачів для високоефективної роботи, пов'язаної із переробкою продукції тваринництва на об'єктах агропромислового комплексу нашої країни, є важливою науково-технічною задачею [32].

Отже деталі, винесені на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною корпусу та робочого органу, що входить до складу силового подрібнювача.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є подрібнювач силовий, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу та ножа.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та деталей, запропонувати маршрути обробки поверхонь деталей, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та табличним методами;
- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці, приділити увагу техногенним екологічним ризикам;

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Подрібнювач силовий марки К7-ФІ2-С (рисунок 1.1, графічна частина кваліфікаційної роботи) призначений для подрібнення кісток, що залишаються під час переробки скоту. Встановлюється він на м'ясокомбінатах у складі обладнання з виробництва харчового кісткового жиру, а також сухих тваринних кормів і технічного жиру.

Рисунок 1.1 – Подрібнювач силовий К7-ФІ2-С

Подрібнювач складається з різального механізму та привода.

Різальний механізм представляє собою чавунний корпус із закріпленими у ньому за допомогою болтів нерухомими ножами, в підшипникових опорах якого обертається вал ножового ротора. Зовнішні кромки ножів на валу створюють суцільну гвинтову лінію. Проміжок між ріжучими крайками складає 1...5 мм і регулюється шляхом підтискання гайок на кінцях ножового валу. На верхній частині корпусу над завантажувальною горловиною розміщений люк.

Привід подрібнювача складається з електродвигуна і редуктора, з'єднаних між собою пружною муфтою. З ножовим валом редуктор з'єднаний кулачково-дисковою муфтою.

Завантажувальний лоток і кришка вивантажувального лотка заблоковані з пусковим пристроєм, що забезпечує зупинку двигуна при знятті завантажувального лотка чи відкриванні кришки люка.

Основні технічні дані подрібнювача силового занесені до таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Основні технічні дані подрібнювача силового К7-ФІ2-С

Назва параметра	Величина
Продуктивність, кг/год	6500
Максимальний розмір кусків завантаження, м	0,725×0,725×0,2
Розмір подрібнених кусків, м	0,05×0,05
Редуктор	1Ц2У-31,5Н-25-11
Передатне число редуктора	31,5
Електродвигун	4АМ180S4У3
Потужність електродвигуна, кВт	22
Габаритні розміри, мм	2800×1395×1445
Маса, кг	2785

Сировина, що завантажується, потрапляє між нерухомими і рухомими ножами різального механізму подрібнювача і, у процесі подрібнення, подається до вивантажувального люка машини.

Деталлями, що виносяться на розгляд, є корпус (рисунок 1.2), а також ніж (рисунок 1.3).

Корпус має такі функції: закріплення підшипників і валу, на якому розміщені ножі; закріплення верхнього корпусу, проводів, а також забезпечує схід продукту в процесі переробки по внутрішній поверхні.

Рисунок 1.2 – Корпус

Рисунок 1.3 – Ніж

У відповідності до цього у корпусі оброблюються: бокові, нижня, торцеві і площа роз'єму, що виконують функції бази для закріплення на машині і з'єднання з іншими деталями, а також отвори для приєднання кришок, фаски та ін. Вимоги щодо точності обробки представляються для діаметрів посадочних місць під підшипники (за 7-им квалітетом), інші поверхні оброблюються менш точно, тому що при складанні похибки будуть компенсуватися наявністю прокладок. Виготовляється із сірого чавуну марки СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019.

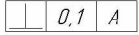
Ніж призначений безпосередньо для подрібнення сировини і входить до складу робочого органу подрібнювача. Виготовляється зі сталі 3 ДСТУ 2651:2005.

1.2 Аналіз параметрів точності

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

Рисунок 1.4 – Аналіз параметрів точності корпусу

Таблиця 1.2 – Аналіз точності деталі «Корпус»

Номер пов. деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість, R_a
1	2	3	4	5	6	7
1-10	Площини	-	-	-	-	6,3
11	Отвір	$\varnothing 20^{+0,52}$	H14	-	-	12,5
12	Отвір	$\varnothing 16^{+0,043}$	H9	-		1,6
13,17	Різь	M20-7H	7H	-	-	3,2
14	Проточка	$\varnothing 137^{+0,04}$	H7	-	-	1,25
15	Проточка	$\varnothing 134^{+0,14}$	H9			1,6
16	Паз	$R12,5^{+0,14}$	14			6,3
18	Паз	$R15^{+0,14}$	14			6,3

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 14 з розмірами $\varnothing 137^{+0,04}$. Найнижча шорсткість $R_a=1,25$ мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталей, замінник

Для виготовлення корпусу застосовується СЧ 20 за ДСТУ 8833:2019, а ножа – сталь 3 за ДСТУ 2651:2005 [24, 37].

Сірий чавун – це технологічний матеріал, має гарну рідкоплинність, малу схильність до утворення усадочних дефектів у порівнянні з чавунами інших типів. З нього можна виготовляти відливки самих складних конфігурацій з товщиною стінки від 2 до 500 мм.

Сталь 3 являє собою конструкційну вуглецеву сталь звичайної якості. Вона доволі широко використовується в усіх сферах промисловості.

Хімічний склад і властивості матеріалів деталей наведені нижче у 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 деталей

Марка матеріалу	Хімічний склад, %	Механічні властивості
СЧ 20	3,3...3,5% C, 1,4...2,4% Si, 0,7..1,0% Mn, до 0,15% S, до 0,2% P	$\sigma_B = 200$ МПа, HB = 1430...2550 МПа
СЧ 15 (замінник)	3,3...3,7% C, 2,0...2,4% Si, 0,5..0,8% Mn, до 0,15% S, до 0,2% P	$\sigma_B = 150$ МПа, HB = 1300...2410 МПа
Сталь 3	0,14...0,22% C, 0,05...0,15% Si, 0,4..0,65% Mn, до 0,3% Ni, до 0,05% S, до 0,04% P, до 0,3% Cr, до 0,008 N, до 0,3% Cu, до 0,08% As	$\sigma_B = 370...480$ МПа, $\sigma_T = 205...245$ МПа, $\delta_5 = 23...26\%$, HB = 1310 МПа
Сталь 4 (замінник)	0,18...0,27% C, 0,15...0,3% Si, 0,4..0,7% Mn, до 0,3% Ni, до 0,05% S, до 0,04% P, до 0,3% Cr, до 0,008 N, до 0,3% Cu, до 0,08% As	$\sigma_B = 410...530$ МПа, $\sigma_T = 235...265$ МПа, $\delta_5 = 21...23\%$, HB = 1430 МПа

Отже обрані замінники матеріалу повністю відповідають технічним та технологічним вимогам.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях подрібнювача (корпус) у кількості 250 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.

$$N_{зан} = (250 + 0,04 \cdot 250) \cdot (1 + 0,025) = 267 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей вузла перевищує 300 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція машини, деталі технологічна, якщо вона задовольняє усім вимогам (технічним та експлуатаційним вимогам) і коли на неї витрачається мінімальна кількість праці.

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за яким-небудь параметром не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) вжити заходів щодо поліпшенню конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності [23].

1 При складанні вузла і встановленні його на машину, роботи підгонки повинні бути відсутні. Це пояснюється правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, простотою конструкції.

2 Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як у даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин.

3 Дана складальна одиниця піддається за умов 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.

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

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним, що приводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

Результати аналізу на технологічність корпусу наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність корпусу

№ з/п	Назва деталі	Показники вимог до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з поліпшення
1	2	3	4	5
1	Корпус	Необхідна наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію і надійне закріплення заготовки	Деталь має зручні технологічні бази: на першій та послі-дуючих операціях механічної обробки – бокові площини. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки	-
2		Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристосуваннями	Проста конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристосуваннями (пневматичними або ручними лещатами)	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
3	Корпус	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід	Деталь має глухі отвори	Задано конструкцією
4		У деталях необхідно уникати отворів $L > (8...10)D$	Отвори відсутні	-
5		Розміри розташування отворів повинні допускати багатошпindelьну обробку. Для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм	Розміри розташування отворів допускають багатошпindelьну обробку	-
6		Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори	У конструкції деталі застосовуються отвори М6, але збільшити діаметр не дозволяє конструкція	-
7		Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь	-
8		Припуски на заготовку повинні бути мінімальні	Виходячи із виробничої програми і методу отримання заготовки припуски мінімальні	-
9		Необхідна перевірка співвідношення між полями допусків та шорсткістю	Співвідношення задовільне	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
10	Корпус	Для автоматизованого складання необхідно застосувати елементи для самовстановлення і центрування поверхонь	Конструкція корпусу має елементи для самовстановлення і центрування поверхонь (фаски, радіуси закруглень)	-

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що конструкція корпусу є технологічною, так як забезпечуються основні експлуатаційні вимоги. При проведенні аналізу виявлено, що деталь відповідає основним показникам технологічності обробки в автоматизованому виробництві.

Аналіз на технологічність деталі «Ніж» не проводимо, так як вона досить проста і гарантовано підходить під усі вимоги, приведені вище.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу пропонується використовувати литво в земляні форми. Цей метод литва дозволяє отримувати заготовки досить точні та з малою шорсткістю поверхні (12 квалітет, шорсткість $R_z = 20 \dots 10$ мкм.). Це дає змогу зменшити обсяг очисних робіт, механічної обробки.

Існуючий технологічний процес написаний для одиничного типу виробництва, а перед нами поставлена задача розробити маршрут обробки для середньосерійного типу. Це значить, що необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. У базовому технологічному процесі використовуються переважно універсальні верстати, які мають надто великий операційний час. Тому при проектуванні нового маршруту обробки необхідно

замінити їх на верстати з ЧПК. З одного боку це дещо зменшить час на обробку деталей і збільшить час на налагодження верстатів, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва дасть значний економічний ефект.

При використанні універсальних верстатів застосовувався звичайний різальний інструмент.

Використання прогресивного різального інструмента дозволяє зменшити кількість переходів механічної обробки поверхонь, також зменшити шкідливий вплив на навколишнє середовище завдяки використанню екологічних мастил та мінімальному їх застосуванню при охолодженні зони різання.

У діючому технологічному процесі для контролю застосовуються універсальні прилади, що збільшує час вимірювання, а разом з тим і штучний час. Нами запропоновано використовувати спеціальний вимірювальний та контрольний інструмент.

Також потрібно відзначити, що у базовому технологічному процесі відсутні позначення баз, допусків та інших позначень.

2.3 Методи 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 поверхонь деталей подано у таблицях 2.2, 2.3.

Таблиця 2.2 – Методи обробки корпусу

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, мм (R_a)	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм (R_a)	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2, 3, 4, 5, 6, 8	14	-	6,3	3	15	6,3	1.	Фрезерування одноразове	14	6,3	6,3	6,3
1, 9, 10	14	-	6,3	3	17	12,5	1.	Фрезерування чорнове	14	6,3	6,3	12,5
								Фрезерування чистове	11	2	2	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
11	14	0,052	12,5	-	-	-	1.	Свердління	14	0,5	-	-
12	7	0,025	1,25	-	16	64	1.	Розсвердлювання	14	0,43	5,8	64
								Зенкерування	10	0,07	4,03	
								Розгортання	7	0,018	1,9	
13	12	-	12,5	-	-	-	1.	Свердління	14	0,5	-	-
	6Н	-	3,2	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	-	-	-
14	7	0,04	1,25	2,5	16	39,7	1.	Розточування чорнове	14	1,0	5,6	39,7
								Розточування напівчистове	10	0,16	4	
								Розточування чистове	7	0,04	1,58	
15	7	0,057	1,25	1,6	16	64	1.	Розточування чорнове	12	1,4	5,8	64
								Розточування напівчистове	9	0,23	4,03	
								Розточування чистове	7	0,057	1,9	
16	14	-	6,3	3	15	6,3	1.	Фрезерування одноразове	14	1	6,3	6,3
17	14	-	12,5	-	-	-	1.	Свердління	14	0,5	-	-
17	6Н	-	3,2	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6Н	-	-	-
18	14	-	6,3	3	15	6,3	1.	Фрезерування одноразове	14	1	6,3	6,3

Таблиця 2.3 – Методи обробки ножа

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, мм (R_a)	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм (R_a)	Коефіцієнт уточнень	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1,2	11	-	6,3	1	14	12,5	1.	Фрезерування чорнове	14	-	6,3	12,5
								Фрезерування чистове	11	0,5	2	
3	9	0,062	6,3	-	-	-	1.	Фрезерування одноразове	9	0,062	-	-
4	9	0,04	6,3	-	-	-	1.	Фрезерування одноразове	9	0,04	-	-

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будують на підставі обраних методів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів.

Технологічний маршрут обробки деталей наводимо у вигляді послідовності обробки зі стислим змістом операцій. Наприклад, після проведеного аналізу маємо такий маршрут обробки корпусу та ножа (таблиці 2.4, 2.5, рисунок 1.4, 2.1).

Таблиця 2.4 – Маршрут обробки корпусу

№ та назва операції	Склад операції
1	2
005 Заготівельна	Відлити заготовку.
010 Термічна	Низькотемпературне відпал.
015 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. 1. Фрезерувати площину пов.1 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.1 начисто. Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати площину пов.2 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.2 начисто. 3. Фрезерувати площину пов.3 начорно. 4. Фрезерувати площину пов.3 начисто. 5 Свердли 4 отвори пов.4.
020 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. 1. Фрезерувати площину пов.1 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.1 начисто. Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати площину пов.2 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.2 начисто. Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати площину пов.3 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.3 начисто. 3. Фрезерувати площину пов.4 начорно. 4. Фрезерувати площину пов.4 начисто. Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати площину пов.5 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.5 начисто.

Продовження таблиці 2.4

1	2
025 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. 1. Фрезерувати площину пов.1 начорно. 2. Фрезерувати площину пов.1 начисто. 3. Фрезерувати 8 пазів R12,5. 4. Свердлити 32 отв. 18. 5. Нарізати різьбу M20. Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати площину пов.2 начорно 2. Фрезерувати площину пов.2 начисто.. 3. Фрезерувати 8 пазів R12,5. 4. Свердлити 32 отв. 18. 5. Нарізати різьбу M20.
030 Свердлильна	Встановити та зняти деталь. 1. Свердлити 20 отворів пов.1. 2. Свердлити 4 отвори пов.2. 3. Нарізати різьбу в отворах пов.2.
035 Слюсарна	Зібрати корпус нижній і корпус верхній
040 Свердлильна	Встановити та зняти деталь. 1. Свердлити 4 отвори пов.1. 2. Розгорнути отвори пов.1.
045 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. 1. Розточити канавку пов.1. 2. Розточити канавку пов.2. 3. Розточити канавку пов.3. 4. Свердлити 6 отв. пов.5. 5. Нарізати різьбу в отв. пов.5.

Продовження таблиці 2.4

1	2
045 Фрезерна	Перевстановити 1. Розточити канавку пов.4. 2.Свердлити 4 отв. пов.6. 5.Нарізати різьбу в отв. пов.6.
050 Фрезерна	Встановити та зняти деталь 1. Фрезерувати паз пов.1

Рисунок 2.1 – Функціональні поверхні ножа

Таблиця 2.5 – Маршрут обробки ножа

№ та назва операції	Склад операції
1	2
005 Заготівельна	Вирізати заготовку.
010 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. 1. Фрезерувати скос пов.1 начорно. 2. Фрезерувати скос пов.1 начисто.

Продовження таблиці 2.5

1	2
010 Фрезерна	Перевстановити деталь. 1. Фрезерувати скос пов.2 начорно. 2. Фрезерувати скос пов.2 начисто.
015 Фрезерна	Встановити та зняти деталь. Фрезерувати скос пов.3.
020 Зварювальна	Наплавити на пов.1, 2 шар 1-3 мм.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 16H7^{(+0,018)}$ 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 2.6.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_{\text{з}} - \delta_{\text{д}}, \quad (2.5)$$

$$800 - 460 = 358 - 18;$$

$$340 = 340.$$

Розраховані таким чином припуски на обробку зручно зобразити графічно на рисунку 2.2.

Таблиця 2.6 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 16\text{H}7^{(+0,018)}$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Розсвердлювання	50	50	12	-	-	15,6	110	15,6	15,71	-	-

Продовження таблиці 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Зенкерування	20	20	7,2	-	300	15,9	43	15,9	15,943	600	300
Розгорт.	5	5	-	-	160	16,0	18	16,0	16,018	200	160
Усього										800	460

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниковими таблицями (таблиця 2.7 для корпусу, а таблиця 2.8 для ножа).

Таблиця 2.7 – Припуски і допуски на поверхні корпусу (табличний метод)

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм
1	2	3	4
2-6, 8, 16, 18	Площина	Фрезерування одноразове	8,0
1, 9, 10	Площина	Фрезерування чорнове	5,0
		Фрезерування чистове	2,0
11, 17	Отвір Ø20H14	Свердління	-
12	Отвір Ø16H7	Розсвердлювання	-
		Зенкерування	0,6
		Розгортання	0,2
13, 17	Отвір M20-7H	Свердління	-
		Нарізання різі	-
14	Отвір Ø34H9	Розточування чорнове	4,0
		Розточування напівчистове	1,5
		Розточування чистове	0,5

Продовження таблиці 2.7

1	2	3	4
15	Отвір Ø13H7	Розточування чорнове	3,0
		Розточування напівчистове	1,0
		Розточування чистове	0,3

Таблиця 2.8 – Припуски і допуски на поверхні ножа (табличний метод)

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм
1	2	3	4
1,2	Площина	Фрезерування одноразове	5,0
3,4	Площина	Фрезерування чорнове	2,0
		Фрезерування чистове	1,0

На рисунку 2.2 подаємо графічне зображення припусків та допусків на обробку поверхні валу Ø16H7(^{+0,018}) мм.

Рисунок 2.2 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку поверхні Ø16H7(^{+0,018}) мм

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (ніж) робочого органу подрібнювача силового 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 ножа

При проєктуванні були витримані наступні вимоги до пристосування:

- забезпечення необхідної точності деталі, що оброблюється;
- забезпечення необхідної продуктивності;
- економічна доцільність (затрати на виготовлення пристосування повинні окупитися зниженням собівартості обробки;
- забезпечення зручної експлуатації та ремонтпридатності;
- забезпечення безпеки праці.

Пристосовування складається із наступних елементів: 1 – плита нижня; 2 – плита верхня; 3, 4 – упор; 5 – важіль; 6 – косинка; 12 – гвинт; 13-16 – штифт; 18 – пневмоциліндр двосторонньої дії.

Пристосування універсальне. Його можна переналагодити на іншу деталь, для цього лише необхідно замінити упори 3, 4, і, якщо необхідно, важіль 5.

Принцип роботи пристосування наступний. Після встановлення деталі на упори стиснуте повітря подається у штокову порожнину пневмоциліндра 18. Шток останнього приводить у рух важіль 5, який, повертаючись, здійснює притискання. Після обробки повітря подається в іншу порожнину, що повертає важіль у попереднє положення.

3.2 Розрахунок зусиль затиску

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску W , використовуючи положення [12, 36, 38, 39].

На даній операції виникає максимальна сила різання P_z при чорновому фрезеруванні верхньої площини деталі. Вона намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iy}$:

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

де F_{TP} – сила тертя

$$F_{TP} = W \cdot f, \quad (3.2)$$

f – коефіцієнт тертя, що дорівнює 0,1.

Остаточно рівняння (3.1) виглядатиме:

$$W \cdot f - K \cdot P_z = 0. \quad (3.3)$$

З виразу (3.3) маємо, що

$$W = \frac{K \cdot P_z}{f}, \quad (3.4)$$

де K – коефіцієнт запасу

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

$K_0 = 1,5$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

$K_2 = 1,4$ – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

$K_3 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

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

$K_5 = 1,2$ – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань;

$K_6 = 1,0$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,6.$$

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

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де $t = 2,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,3$ мм/зуб – подача;

$B = 74$ мм – ширина фрезерування;

$z = 12$ – кількість зубів фрези;

$D = 120$ мм – діаметр фрези;

$n = 600$ хв⁻¹ – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$ – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 82,5$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $w = 0,2$ – коефіцієнти та показники степені.

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 2,0^{1,0} \cdot 0,3^{0,75} \cdot 74^{1,1} \cdot 12}{120^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 55,4 \text{ (Н)}.$$

Зусилля затискання заготовки:

$$Q = \frac{55,4 \cdot 3,6}{0,1} = 1994,4 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра (рисунок 3.2).

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W^1 \cdot \cos 30^\circ L_1}{L_2}; \quad (3.7)$$

де e – ексцентриситет, L_1, L_1, l – довжини плечей важелів.

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Отже, матимемо

$$Q = \frac{1994,4 \cdot 0,86 \cdot 67}{50} = 2298,3 \text{ (Н)}.$$

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta; \quad (3.8)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.9)$$

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока;

η – ККД пневмоциліндра;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

Отже, маємо $\eta = 0,8$; $p = 0,5$ МПа; $d = 15$ мм.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 2298,3}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,8} + 15^2} = 62,3 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 63$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Розрахунок проведемо для вісі, що з'єднує шток пневмоциліндра та важелі.
Розрахунок виконуємо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.10)$$

де $P_{\max}$ – максимальне зусилля зрізу, Н

$$P_{\max} = Q_{\max} = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (3.11)$$

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (63^2 - 15^2)}{4} \cdot 0,5 \cdot 0,8 = 1175,6 \text{ (Н)};$$

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

$F_{\min}$ – площа поперечного перерізу вісі, мм^2 ;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.12)$$

$$F_{\min} = \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ (мм)}.$$

Тоді, за формулою (3.10) маємо

$$\tau = \frac{1175,6}{78,5} = 14,98 \text{ (МПа)},$$

$$14,98 < 70.$$

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 корпусу: виготовлення литвом у піщано-земляні форми та в кокіль [1, 4, 5, 30, 34, 49].

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-земляні форми, розраховуємо за формулою:

$$C = \left(\frac{Q_3 \cdot S_3}{1000} \cdot k_T \cdot k_c \cdot k_B \cdot k_{M3} \cdot k_{B\delta} \right) - (Q_3 - q_q) \frac{S_{відх}}{1000}, \text{ грн.} \quad (4.1)$$

де S_3 – базова вартість 1 т заготовок, грн;

$k_T, k_c, k_B, k_{M3}, k_{B\delta}$ – коефіцієнт, який залежить відповідно від класу точності і класу складності, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва;

q_q – маса деталі, кг;

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

При розрахунку техніко-економічного аналізу рекомендовано базові ціни на чавун СЧ 20 брати по цінах з прейскурантів 2023 року в грн.

$$S_3 = 41000 \text{ грн.}$$

$$S_{відх} = 15000 \text{ грн.}$$

$$q_q = 514 \text{ кг.}$$

$$Q_3 = 730 \text{ кг.}$$

Відповідно до цього: $K_{T1}=1,00$; $K_{T2}=1,32$; $K_c=0,81$; $K_{M31}=1,04$; $K_{M32}=1,07$; $K_{B\delta1}=1,00$; $K_{B\delta2}=1,03$.

При групі серійності 4, коефіцієнт $K_B=0,94$.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-земляні форми:

$$C_1 = \left(\frac{730 \cdot 41000}{1000} \cdot 1,00 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,04 \cdot 1,00 \right) - (730 - 514) \frac{15000}{1000} = 20460 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у кокіль:

$$C_2 = \left(\frac{730 \cdot 41000}{1000} \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,07 \cdot 1,03 \right) - (730 - 514) \frac{15000}{1000} = 29912 \text{ (грн.)}$$

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

$$E = (29912 - 20460) \cdot 250 = 2363000 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення заготовок литвом у піщано-земляні форми, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 9452 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки у кокіль. Окрім того, виготовлення кокілю не є раціональним, враховуючи габарити заготовки.

4.2 Розрахунок загального освітлення виробничого приміщення

На виробництві застосовується комбінована система освітлення, тобто така, що поєднує у собі загальне і місцеве освітлення [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50]. У нашому випадку необхідно визначити параметри загального освітлення.

В цеху з розмірами 36×18×12 м необхідно отримати освітлення $E_H = 300$ лк, якщо коефіцієнт відбиття стелі – 70 %, коефіцієнт відбиття стін – 50 %.

Для освітлення використовуємо лампи типу ДРЛ.

Знаходимо індекс приміщення за формулою:

$$i = \frac{AB}{H_p(A+B)}, \quad (4.2)$$

$$i = \frac{36 \cdot 18}{12(36 + 18)} = 1.$$

У відповідності із знайденим індексом приймаємо: коефіцієнт використання світлового потоку $\eta=0,6$; коефіцієнт запасу $k_3 = 1,6$; коефіцієнт нерівномірності освітлення $z = 1,1$.

Світильники розміщуємо в 4 ряди. Потрібний світловий потік знайдемо за формулою:

$$\Phi_p = \frac{E_H \cdot S \cdot z \cdot k_3}{N_p \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

де S – площа, що освітлюється;

N_p – кількість рядів світильників.

$$\Phi_p = \frac{300 \cdot 648 \cdot 1,1 \cdot 1,6}{4 \cdot 0,6} = 142560 \text{ (лм)}.$$

У світильнику встановлюється одна лампа ДРЛ400 потужністю 400 Вт та світловим потоком 19000 лм, тоді кількість світильників в одному ряді буде становити:

$$N = 142560 / 19000 = 8 \text{ шт.}$$

4.3 Техногенні екологічні ризики

У загальному випадку ці ризики визначаються як умовна ймовірність тих чи інших уражень людей та об'єктів довкілля за умови, що відбудеться певна аварія (катастрофа) та сформується термобарична, дозове або інше навантаження у районі, що розглядається. При цьому можливість виникнення аварії (катастрофи) та формування відповідного навантаження оцінюється величиною ймовірності.

Відмітимо, що інколи окремий розгляд техногенного та екологічного ризику недоцільно. Наприклад, доволі часто це має місце при оцінюванні радіаційного ризику, що містить елементи техногенного та екологічного ризиків. Але далеко не завжди. У більшості випадків і тут екологічний ризик виділяють, називаючи його радіологічним.

У рамках єдиного підходу до опису ризиків, що супроводжують певний вид діяльності, доцільно разом із екологічними розглядати споріднені до них ризики виникнення цивільної відповідальності за нанесення під час виробництва шкоди третім особам, у якості яких можуть виступати як юридичні (організації), так і фізичні (населення) особи.

Найбільш ймовірними випадками, у результаті яких може відбутися цивільна відповідальність, є аварії, понаднормовані викиди та витoki шкідливих речовин на виробничих об'єктах, вплив яких зачепило територію, що оточує.

Наслідки аварії у даному випадку можна розділити на найближчі та віддалені. Під найближчими наслідками розуміється безпосередня шкода у вигляді руйнувань споруд та будівель, забруднення території, травм, загибелі людей тощо. Віддалені наслідки виникають у вигляді довготривалого забруднення ґрунту, водних та інших природних ресурсів та подальшого впливу такого забруднення на здоров'я людей. Вони проявляються у вигляді різних захворювань, причому доволі часто через кілька років після аварії. Окрім того, ознаками наявності окремих наслідків є загальне зниження якості життя на території, яку зачепила аварія,

підвищення рівня смертності та частоти хронічних захворювань, зростання дитячої смертності, збільшення кількості ослаблених дітей тощо.

Ризики аварій, катастроф та небезпечних явищ природних явищ прийнято ділити на два ієрархічно пов'язаних види – ризик безпосереднього впливу факторів ураження, що виникає при аваріях та небезпечних процесах, тобто ризик первинних явищ; і ризик, пов'язаний із довготривалими наслідками аварій (катастроф) та небезпечних природних явищ, що мають місце у результаті змін у довкіллі під впливом зазначених вище факторів ураження та небезпечних процесів, що несуть головним чином екологічний характер.

Стосовно до аварій та катастроф перший вид ризику зазвичай називають техногенним ризиком, підкреслюючи тим самим його безпосередній зв'язок із техногенними процесами, тобто процесами впливу на довкілля об'єктів техносфери, другий – екологічним.

Характерним прикладом наявності прямих та віддалених наслідків є аварія на Чорнобильській АЕС у 1986 році. За результатами аварійно-рятувальних робіт великі дози випромінювання отримали групи ліквідаторів. Внаслідок забруднення значної частини території постраждала велика кількість мирного населення. Прямі втрати у даному випадку виражаються у вигляді випадків захворювань променевою хворобою та загибелі людей, втрати сільськогосподарських угідь, витрат на відселення населення із заражених областей.

Віддалені наслідки проявилися понад усе в погіршенні загального стану здоров'я опромінених груп населення. Відомо, що у осіб, що потрапили до зони радіоактивного забруднення, підвищується рівень сприйняття звичайних інфекцій типу грипу та ГРЗ. Основні віддалені наслідки проявилися через 10 років після аварії у вигляді збільшення частоти ракових захворювань, особливо раку щитовидної залози.

Отже, неможливо недооцінювати можливість виникнення віддалених наслідків аварій на об'єктах промисловості, тим більше якщо вони у подальшому виражаються у вигляді збільшення захворюваності чи смертності населення.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення подрібнювача силового. Проведено аналіз деталі, що є його складовою, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, ножа та надано рекомендації стосовно заміни аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу та ножа. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 16H7^{(+0,018)}$ мм розрахунково-аналітичним методом та для решти поверхонь – табличним.

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

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу подрібнювача силового. Річний економічний ефект для програми випуску 250 шт. склав 2363000 грн. Окрім того, здійснено розрахунок загального виробничого приміщення. Приділено увагу техногенним екологічним ризикам.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик подрібнювача силового, кресленик корпусу, кресленик ножа, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі.