

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Зубчастий насос сепараторної маслоочисної установки»

КРБ.133ГМбз_21[1].01.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбз_21[1]
КОЗАЧЕНКО Володимир

Керівник: докт. техн. наук, професор
САЙЧУК Олександр

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Мастило, що використовується у різноманітних змащувальних системах обладнання для забезпечення сталого сільськогосподарського виробництва, необхідно періодично очищувати. Це потрібно виконувати внаслідок появи у мастилі із часом повітря, вологи, різноманітних домішок. Це може призвести до виходу із ладу певних вузлів, а також усієї машини [5-7].

Для очищення мастила від вологи та механічних домішок раніше застосовувалися центрифуги та фільтри під тиском. Але таке обладнання є складним в експлуатації, має великий об'єм відходів мастил і матеріалів, низький рівень продуктивності.

На даний час широкого поширення набули маслоочисні установки. Вони складаються із кількох елементів: блок збирання домішок, блок фільтра та маслозбірник. Основною функцією маслоочисної установки є очищення мастила та збирання домішок. Базуючись на різниці ваги мастила і води, остання конденсується у краплини, осідає та стікає до водозбірника. Маслоочисні установки не лише ефективно видаляють вологу, газ, різні домішки та частинки, але й розщеплюють емульговані частинки.

Невід'ємною складовою маслоочисної установки є зубчастий насос (рисунок). Принцип його роботи полягає у наступному. Ведена шестірня із зовнішнім зачепленням обертається при постійному контактві із ведучою шестірнею. При цьому вони здійснюють обертання у протилежні сторони, у порожнині всмоктування при виході зубців із зачеплення створюється вакуум. За рахунок утворення останнього рідина потрапляє до порожнини всмоктування, де поступово переміщується до порожнини нагнітання. Потім виштовхується зубцями до нагнітального трубопроводу. Контакт між зубцями шестерень доволі щільний. Це робить зворотній рух рідини з камери нагнітання до камери всмоктування неможливим [13].

Корпус, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою

частиною зубчастого насосу, що використовується у складі маслоочисної установки.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є зубчастий насос, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу, 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, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання та технологічність вузла та його деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним та довідниковим методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу, а також зазначити санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та робочих місць, розглянути проблему відпрацьованих масел у фокусі довкілля, здоров'я людей та економії коштів;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Зубчастий насос, винесений на розгляд у кваліфікаційній роботі, використовується для нагнітання чистого мастила в сепаратор, та відкачування рідини (рисунок 1.1, таблиця 1.1).

Рисунок 1.1 – Насос зубчастий (фрагмент кресленника)

Насос складається із корпусу, в якому обертаються дві пари шестерень, із яких дві ведучих та дві ведені. Він приводиться до дії від горизонтального валу сепаратора за допомогою пружної муфти 16. Із сторони входу (див. графічну частину) зубці виходять із зачеплення та вивільняють місце у западинах шестерень. У результаті цього в камерах всмоктування здійснюється розрідження, під дією якого мастило всмоктується до насосу. Із камери всмоктування мастило, що заповнювало западини між зубами, переноситься шестернями внутрішньою поверхнею корпусу 2 до вихідної камери. Тут зубці шестерень входять у зачеплення і витісняють рідину із впадин. Потім із камери нагнітання робоча рідина потрапляє до нагнітального трубопроводу. Для того, щоб не було протікання мастила, передбачена наливка багат шарового плетіння 27. Хвостовик та пружна муфта знаходяться у кришці 7, що кріпиться до корпусу 2 болтами. У торці насосу розміщено кришку 3, яка кріпиться болтами. Ведуче зубчасте колесо 6 кріпиться до валу за допомогою шпонки 12. Ведучі колеса 1 обертаються навколо нерухомих осей за допомогою бронзових втулок.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика насосу зубчастого

№ з.п.	Найменування параметра	Значення
1	Тиск, МПа	0,4
2	Мастило, що застосовується	Індустріальне И20А
3	Продуктивність, л/хв.	4000
4	Робоча частота обертання, об/хв.	1440
5	Габаритні розміри, мм	319×170×208
6	Маса, кг	25

Насос зубчастий може бути використаний у складі установки ПСМ-2-4, що призначена для очищення мастил, відокремлення від води, стищення від

механічних домішок . Установка являє собою агрегат, у якому на загальній рамі поєднано сепаратор електропідігрівач із вакуум-баком, вакуум-насос, зубчастий насос та шафа керування (рисунок 1.2, таблиця 1.2).

Рисунок 1.2 – Сепараторна маслоочисна установка ПСМ-2-4

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика установки ПСМ-2-4

№ з.п.	Найменування параметра	Значення
1	Номінальна продуктивність, м ³ /год, при кларифікації (очищення від механічних домішок)	4,0
2	Номінальна продуктивність, м ³ /год, при пурифікації (відділення від води)	2,8
3	Встановлена потужність, кВт	54
4	Частота обертання барабану, об/хв.	6600
5	Габаритні розміри, мм	1900×1135×1240
6	Маса установки, кг	800

Деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде корпус (рисунок 1.3), виготовлений із сірого чавуну марки СЧ15 ДСТУ 8832:2019 [16, 36].

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.3 Кертус

1.2 Аналіз параметрів точності

За результатами проведення аналізу точності корпусу (рисунк 1.3) заповнюємо таблицю 1.3 [17, 22, 47, 48]. До неї заносимо відомості про основні відповідні параметри.

Таблиця 1.3 – Параметри точності корпусу

№ пов.	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	R _a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Плоска поверх.	120±0,025	±IT14/2		 	0,8
2	Плоска поверх.	120±0,035	±IT14/2			0,8
3	Плоска поверх.	120±0,035	±IT14/2	-	-	3,2
4	Плоска поверх.	120±0,035	±IT14/2	-	-	3,2
5	Отвір	∅35 ^{+0,046}	H8	-	-	1,6
6	Отвір	∅20 ^{+0,005} _{-0,01}	K7	-	-	0,8
7	Отвір	∅32 ^{+0,026}	H7	-	-	0,8
8	Отвір	∅65 ^{+0,046}	H8	-	-	1,6
9	Фаска	1±0,1	IT14/2	-	-	12,5
10, 11	Поверх. порожн.	∅25 ^{+0,21}	H12	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.3

1	2	3	4	5	6	7
12	Отвір	$\varnothing 65^{+0,046}$	H8	-	-	1,6
13	Отвір	$\varnothing 20^{+0,006}_{-0,015}$	H7	-	-	0,8
14	Отвір	$\varnothing 65^{+0,046}$	H8	-	-	1,6
15	Фаска	$1 \pm 0,1$	IT14/2	-	-	12,5
16, 17	Поверх. порожк.	$\varnothing 25(\pm 0,021)$	H12	-	-	12,5
18	Отвір	$\varnothing 7,8^{+0,15}$	H12	-	-	12,5
19	Різьба	M10	7H	-	-	6,3
20	Фаска	$1,6 \pm 0,25$	IT14/2	-	-	12,5
21	Фаска	$1,6 \pm 0,25$	IT14/2	-	-	12,5
22	Різьба	M8	7H	-	-	6,3

Провівши аналіз параметрів точності деталей можна зробити висновок, що взагалі вимоги до точності деталі та її поверхонь не завищені. Вони цілком відповідають службовому призначенню поверхонь. Найточніший квалітет 7, найнижча шорсткість поверхонь 0,5 мкм за параметром Ra.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замічник

Матеріал, який використовується для виготовлення повинен мати високі механічні властивості, високий комплекс механічних властивостей, чинити опір навантаженням і поряд з високою міцністю повинен мати належну в'язкість, щоб опиратися динамічним та ударним навантаженням. Отже, головними критеріями при виборі матеріалу, з якого виготовляються деталі, є задовільні властивості матеріалу та його вартість.

Корпус насоса виготовляється з чавуну СЧ15 за ДСТУ 8833:2019 [7, 34, 36] (таблиця 1.4).

Таблиця 1.4 – Хімічний склад та механічні властивості чавунів (основного та замітника)

Марка матеріалу	Механічні властивості		Хімічний склад, %				
	σ_b , МПа	HB	C	Si	Mn	P	S
СЧ15	147	163-220	3,5-3,7	2,0-2,4	0,5-0,8	0,2	0,15
СЧ12	206	170-241	3,2-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15

Чавун – багатокомпонентний залізовуглецевий сплав, з вмістом вуглецю більше 2%. Чим більше вуглецю у чавуні, тим більше утворюється графіту, тим нижче його механічні властивості. В той же час для забезпечення високих ливарних властивостей вуглецю повинно бути не більше 2,4%.

Сірі чавуни широко використовуються у верстатобудуванні, в хімічному машинобудуванні, електромашинобудуванні, при виробництві компресорів, насосів, для виготовлення санітарно-технічних виробів.

Для зняття ливарних напружень і стабілізації розмірів чавунні відливки піддають термобробці – це низькотемпературний відпал ($t=700^{\circ}\text{C}$). Залежно від форми та розмірів відливка витримка при температурі відпалу складає 3...10 год. Потім повільне охолодження, що відбувається разом з піччю. Після такої обробки механічні властивості змінюються мало, а внутрішні напруження зчужуються на 80...90%.

Густина рідкого чавуну при температурі плавлення дорівнює 7000 кг/м^3 та зменшується при збільшенні вмісту домішок та підвищенні температури. Коефіцієнт теплового розширення залежить головним чином від його структури. З

підвищенню температури цей коефіцієнт збільшується. При охолодженні в процесі переходу аустеніту до перліту відбувається збільшення об'єму чавуну.

Базовий чавун СЧ5 можна замінити чавуном СЧ12. Хімічний склад та механічні властивості цих чавунів заносимо до таблиці 1.4.

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у зубчастих насосах сепараторних масло очисних установок у кількості 2500 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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.

$$N_{зан} = (2500 + 0,04 \cdot 2500) \cdot (1 + 0,025) = 2665 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса сфоблюваних заготовок деталей вузла не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Під час аналізу вузла на технологічність перевіряємо його за рядом факторів [2]. Вони відповідають технологічності виробу. У випадку, якщо вузол не відповідає вимогам технологічності, вжити заходів щодо поліпшення конструкції.

Вузол є досить технологічним, що призводить до спрощення, скорочення трудомісткості складання, а також дозволяє зменшити вартість виробів, одночасно підвищити їх якість.

Основні вимоги до технологічності корпусу заносимо до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вимоги до технологічності корпусу

№ з/п	Показник технологічності	Висновки	Заходи, що треба вжити для поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Деталь має зручні технологічні бази поверхні, на які деталь зручно базувати та закріплювати	Заходи для покращення технологічності баз не потрібні
2	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можливо було обробити на прохід	Всі отвори в деталі виконані на прохід	Зміни по конструкції деталі не потрібні

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	Розміри, розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, відстані між їх осями повинні бути мінімум 30...40 мм.	Відстані між отворами Ø65 допускають проведення багатошпindelної обробки	-
4	В деталях необхідно виключати отвори довжиною 8..10d	В деталі відсутні глибокі отвори, більші за 8..10d	-
5	Для можливості автоматизованої обробки з впусних деталей не бажано використовувати отвори, які менші М6	Отворів, що менші за М6 немає	-
6	Припуски на заготовках повинні бути мінімальними	Заготовка має мінімально допустимі припуски, що забезпечують отримання деталей без браку	-
7	Необхідна перевірка співвідношень між квалітетами точності та шорсткістю поверхонь	Шорсткість поверхонь відповідає квалітетам точності	-

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу корпусу:

$$K_M = m/M, \quad (2.1)$$

де m – маса деталі, кг;

M – маса заготовки, кг.

Отже, маємо наступне значення

$$K_M^{kop} = 9,9/11,65 = 0,85.$$

Після проведення аналізу технологічності корпусу для виготовлення за умов середньосерійного виробництва можна зробити висновок: корпус має досить технологічну конструкцію, усі його поверхні доступні для обробки різальним інструментом та надають можливість до вимірювання.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При виготовленні заготовки корпусу використовується литво в земляні форми. Даний метод дозволяє отримати заготовки складної форми, але це дуже неточний метод. Литво в земляні форми вимагає призначення значних припусків на механічну обробку. Хоча даний метод дешевий, але подальша механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. Нами запропоновано отримати заготовку литвом у кокіль. Хоча кокілі коштують дорого, їх експлуатація окупиться за рахунок економії металу та зменшення операцій механічної обробки. Так як припуск, що знімається зменшиться, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це зменшує кількість верстатів необхідних для виготовлення корпусу.

Технологічні бази обрано вдало: на перших операціях отримуються зручні технологічні бази – плоскі поверхні корпусу, від яких у подальшому і планується

механічна обробка. Маршрути обробки окремих поверхонь деталей відповідають типовим схемам обробки.

Під час виготовлення корпусу на підприємстві використовуються універсальні верстати. Нами запропоновано застосувати на окремих операціях застосувати верстати із ЧПК. Це також значно підвищить точність розмірів, скоротить розмірні та слюсарні роботи, підвищить точність взаємного положення конструктивних елементів деталі.

2.3 Методи обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_3, T_D, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно враховувати типові рекомендації: для першого ступеня чорнової обробки досяжними є величини уточнення $\varepsilon < 6$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3 \dots 4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5 \dots 2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Можливі методи обробки усіх поверхонь корпусу подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки поверхонь корпусу

Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кресленням, $\sigma_{\text{кр}}$, мм	Шорсткість R_a за	Допуск заготовки, σ_3 , мм	Квалітет	Загальне уточнення $\varepsilon_{\text{зап}} = \sigma_3 / \sigma_6$	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, δ_i , мм	Приведений коефіцієнт уточнення $\varepsilon_i = \delta_i / \delta_i$	Загальне уточнення $\varepsilon = \Pi \varepsilon_i$
							Номер маршруту,	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	7	0,035	0,8	1,6	13	45,7	1	1. Фрезерування чорнове 2. Шліфування напівчистове 3. Шліфування чистове	11 8 7	0,12 0,054 0,035	13,3 2,2 1,5	45,68
2	11	0,22	3,2	1,6	13	7,2	1	1. Фрезерування чистове	11	0,22	7,2	7,2
3	8	0,046	1,6	1,4	13	30,4	1	1. Зенкерування чорнове 2. Розточування чистове	12 8	0,3 0,046	4,67 6,52	30,4

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
							1	1. Свердління 2. Розточування чистове 3. Розгортання точне	12 9 7	0,26 0,062 0,026	4,2 4,9 2,38	42
4	7	0,026	0,8	1,1	13	42	2	1. Свердління 2. Зенкерування чистове 3. Дворазове розгортання	12 8 7	0,26 0,039 0,026	4,2 6,6 1,5	41,3
							3	1. Свердління 2. Зенкерування чистове 3. Дворазове розгортання	12 8 7	0,21 0,02 0,021	4,76 1,6 6,19	47,1
5	12	0,1	12,5	0,64	13	6,4	1	1. Зенкування	12	0,1	6,4	6,4
6	12	0,01	12,5	1	13	4,76	1	1. Фрезерування	12	0,21	4,76	4
7	12	0,15	12,5	0,8	13	5,3	1	1. Свердління	12	0,21	5,3	5,3
8	7,4	0,018	6,3	1	13	55,5	1	1. Свердління 2. Нарізання різьби	12 7Н	0,15 0,018	6,66 8,13	55,5
9	12	0,1	12,5	0,64	13	6,4	1	1. Зенкування	12	0,1	6,4	6,4
10	7Н	0,015	6,3	1	13	66,7	1	1. Свердління 2. Нарізання різьби	12 7Н	0,15 0,015	6,67 10	66,7

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки корпусу

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)	Обладнання
1	2	3
005 Заготівельна	Виготовлення заготовки методом литва.	
010 Слюсарна	Зачистити виливок.	-
015 Фрезерна	Установити, зняти 1. Фрезерувати поверхню. Переустановити 2. Фрезерувати поверхню	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6М13П.
020 Шліфувальна	Установити, зняти. 1. Шліфувати поверхню. Переустановити. 2. Фрезерувати поверхню.	Плоскошліфувальний верстат моделі 372Б.
025 Фрезерна	Установити, зняти. 1. Фрезерувати поверхню. 2. Фрезерувати поверхню.	Вертикально-фрезерний верстат моделі 6М13П.

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>030</p> <p>Сверд- лильно- фрезер- но- розточна</p>	<p>Установити, зняти.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Свердлити отвір. 2. Розточити отвір. 3. Розгорнути отвір. 4. Зенкувати отвір. 5. Розточити отвір начисто. 6. Свердлити отвір. 7. Розточити отвір. 8. Розгорнути отвір. 9. Зенкувати отвір. 10. Розточити отвір начисто. 11. Зенкувати фаску. 12. Фрезерувати поверхню. 13. Фрезерувати поверхню. 	<p>Горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточний верстат із ЧПК моделі 6904Ф3.</p>
<p>035</p> <p>Шліфу- вальна</p>	<p>Установити, зняти.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Шліфувати поверхню начисто. 	<p>Плоскошліфувальний верстат моделі 372Б.</p>
<p>040</p> <p>Сверд- лильно- фрезер- но- розточна</p>	<p>Установити, зняти.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Зенкувати отвір. 2. Розточити отвір начисто. 3. Свердлити отвір. 4. Розточити отвір. 5. Розгорнути отвір. 6. Зенкерувати отвір. 7. Розточити отвір начисто. 8. Зенкувати фаску. 	<p>Горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ моделі 6904Ф3.</p>

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
<p>040 Сверд- лильно- фрезер- но- розточна</p>	<p>9. Фрезерувати по поверхню. 10. Фрезерувати по поверхню.</p>	<p>Горизонтальний свердлильно-фрезерно-розточний верстат з ЧПУ моделі 6904Ф3.</p>
<p>045 Шліфу- вальна</p>	<p>Установити, зняти. 1. Шліфувати поверхню.</p>	<p>Плоскошліфувальний верстат моделі 372Б.</p>
<p>050 Сверд- лильна</p>	<p>Установити, зняти. 1. Свердлити 4 отвори. 2. Зенкувати фаски. 3. Нарізати різьбу з 4 отворах. 4. Свердлити 2 отвори. Переустановити. 5. Свердлити 6 отворів. 6. Зенкувати фаски. 7. Нарізати різьбу. 8. Свердлити два отвори</p>	<p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-1.</p>
<p>055 Сверд- лильна</p>	<p>Установити, зняти. 1. Свердлити 6 отворів. 2. Зенкувати фаски. 3. Нарізати різьбу з 6 отворах. Переустановити. 4. Свердлити 6 отворів. 5. Зенкувати фаски. 6. Нарізати різьбу.</p>	<p>Вертикально-свердлильний верстат з ЧПК моделі 2P135Ф2-1.</p>

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проведено для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня $\varnothing 65H8$ мм.

Розрахунковий припуск при обробці внутрішньої циліндричної поверхні визначається:

$$2z_{i \max} = D_{i \min} - D_{i-1 \min}, \quad (2.4)$$

$$2z_{i \min} = D_{i \max} - D_{i-1 \max}, \quad (2.5)$$

де $2z_{i \max}$, $2z_{i \min}$ – максимальний та мінімальний припуск на діаметр відповідно;

$D_{i \min}$, $D_{i \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на переході, що виконується відповідно;

$D_{i-1 \min}$, $D_{i-1 \max}$ – мінімальний та максимальний розмір на попередньому переході відповідно.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.6)$$

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

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.7)$$

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 отвору $\varnothing 65H8$

Технол. перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розм., d_s , мм	Доп. δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z	Γ	ρ	ε				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Литве	200	300	208	-	-	63,206	460	62,746	63,21	-	-
Зенкерування	50	50	1,04	240	2,948	64,843	300	64,54	64,84	1,63	1,79
Розточування чистове	20	20	6,24	0	2,101	65,046	46	65	65,046	0,206	0,46
Усього	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,836	2,25

Зробимо перевірку розрахунків:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = \delta_s - \delta_g \quad (2.8)$$

$$2250 - 1836 = 460 - 46 .$$

Припуски розраховані вірно.

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці отвору $\varnothing 65H8$.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на $\varnothing 65H8$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідниками. Отримані результати по всіх поверхнях заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 - Припуски та допуски на інші поверхні

№ з.п.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min}	Квалітет	Технол. допуск
1	Плоска поверхня	Фрезерування чорнове	2	11	220
		Шліфування попереднє	0,15	8	54
		Шліфування чистове	0,005	7	35
2	Плоска поверхня	Фрезерування	2,2	11	220
3	Отвір	Зенкування	1,74	12	300
		Розточування чистове	0,46	8	46
4	Отвір	Свердління	-	12	250
		Розточування чистове	3,7	9	62
		Розточування тонке	0,3	7	25
5	Отвір	Свердління	-	12	210
		Розточування чистове	1,8	9	52
		Розточування тонке	0,2	7	21
6	Фаска	Зенкування	1	12	100
7	Поверхня ложини корпусу	Фрезерування напівчистове	2,2	12	210
8	Отвір	Свердління	-	12	150
9	Отвір різбовий	Свердління	-	12	150
		Нарізання різьби	1,5	7H	15
10	Фаска	Зенкування	1,6	12	100
11	Отвір різбовий	Свердління	-	12	150
		Нарізання різьби	1,3	7H	15

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення корпусу на операції 030 механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне:

1, 5 – призма; 2, 4 – планка; 3 – диск; 6, 10 – кронштейн;
7, 14, 16, 20, 21 – гвинт; 8 – скоба; 9, 17, 23 – болт; 11 – прихват; 12 – шпилька;
13, 15, 19 – штифт; 18, 25 – шайба; 22, 24 – гайка; 26 – дужина

Дане затискне пристосування встановлюється на столі верстата з ЧПК моделі 6940Ф3 і призначене для установаження та закріплення корпусу при виконанні.

Пристосування ставиться на стіл верстата в пази стола за допомогою болтів 23. Корпус насоса закріплюється в пристосування за допомогою двох прихватів 11, які кріпляться до диска 3 за допомогою шпильок 12. Фіксація положення корпусу відносно центра здійснюється за допомогою рухомої та нерухомої призм 1, 5. Гланки кріпляться до диска гвинтами, а фіксація положення планок здійснюється штифтами 13, 15, 19. Регулювання положення призми здійснюється гвинтами 7, 21.

До переваг даного пристосування можна віднести достатню простоту його конструкції, а також і простоту організації.

Складальне креслення пристосування подане в графічній частині роботи.

3.2. Визначення зусилля затискання

Розрахуємо силу різання, що виникає при свернуванні отвору $\varnothing 65$, за формулою:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.1)$$

Значення коефіцієнта C_p , показників степенів, K_p вибираємо за [9]: $C_p = 46$; $x = 1,2$; $y = 0,65$; $K_p = 1$.

Отже, маємо, що

$$P_o = 10 \cdot 46 \cdot 1,74^{1,2} \cdot 2^{0,65} \cdot 1 = 1403 \text{ (Н)}.$$

Визначаємо момент за формулою [9]:

$$M_{pis} = 10 \cdot C_m \cdot D^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.2)$$

де значення C_m, a, x, y становлять: $C_m=0,195$; $q=0,85$; $x=0,8$; $y=0,7$.

Отже, після підстановки до (3.2) маємо:

$$M_{sp} = 10 \cdot 0,196 \cdot 64,56^{0,85} \cdot 1,74^{0,8} \cdot 2^{0,7} \cdot 1 = 172 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Розрахуємо коефіцієнт запасу [3, 14, 26, 41]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5, \quad (3.3)$$

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

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через випадкові нерівності поверхні, $K_1=1,2$;

K_2 – коефіцієнт, що враховує притуплення ріжучого інструменту, $K_2=1,5$;

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання, $K_3=1,2$;

K_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сил закрплення, $K_4=1,3$;

K_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів, $K_5=1$.

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1 = 4,212.$$

Визначимо силу, що необхідна для затиску W [14, 41]. Складемо рівняння рівноваги у вигляді (рисунк 3.2):

$$K \cdot M_{piz} = M_{Tp.o} + M_{Tp.ц}; \quad (3.4)$$

де $M_{Tp.o}$ – момент сил тертя по основі зготовки;

$$M_{Tp.o} = \frac{1}{4} \cdot f_2 \cdot P_o \cdot \frac{(D - d^3)}{(D^2 - d^2)}; \quad (3.5)$$

$$M_{тр.ц} = \frac{1}{\pi} \cdot 0,2 \cdot 1403 \cdot \frac{(0,193^3 - 0,06454^3)}{(0,193^2 - 0,06454^2)} = 14,67 \text{ (Н}\cdot\text{м)};$$

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема пристосування

$M_{тр.ц}$ – момент сил тертя по циліндричній поверхні;

$$M_{тр.ц} = \frac{W \cdot D \cdot f_1}{\sin \alpha} + \frac{W \cdot D \cdot f_1}{2} \quad (3.6)$$

Підставивши значення $M_{Tr.o}$ та $M_{Tr.ч}$ в рівняння рівноваги (3.4) визначимо необхідну силу закріплення заготовки W :

$$172 \cdot 4,212 = 14,67 + \frac{0,193 \cdot 0,3 \cdot W}{\sin 45^\circ} + \frac{0,193 \cdot 0,3 \cdot W}{2}, \quad (3.7)$$

Розв'язавши рівняння (3.7), маємо, що зусилля затиску $W = 6395$ (Н).

3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Розрахунок виконаємо для різьби гвинтів, поз. 7, 21, що здійснюють регулювання положення призм. Розрахунок на зріз здійснюється за відомою формулою:

$$\tau = \frac{Q_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau], \quad (3.8)$$

де Q_{\max} – максимальна сила затиску, Н, що дорівнює половині значення, визначеного за формулою (2.7):

$[\tau] = 75$ МПа – допустиме напруження на зріз;

F_{\min} – площа поперечного перерізу гвинта М16 (внутрішній діаметр 14,0 мм при крокові 2,0 мм);

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 14^2}{4} = 153,9 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Тоді величина діючого напруження становитиме:

$$\tau = \frac{6395 \cdot 0,5}{153,9} = 20,8 \text{ (МПа)};$$

20,8 < 70.

Отже, робимо висновок, що міцність є достатньою.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Корпус виготовляється із сірого чавуну марки СЧ15. Його заготовка стримується методом литва. З урахуванням типу виробництва, властивостей заготовки для порівняння методів приймемо литво в піщано-глиняні форми при машинному формуванні та литво в кокіль.

Литвом отримують заготовки складної конфігурації. Основні способи виготовлення відливок – литво в піщані форми, за збиткованими моделями, кокільне та відцентрове литво, литво під тиском.

Розглянемо декілька методів, що відповідають нашому технічному завданню: литво у піщані форми, литво у кокіль.

Литво в піщані форми – найбільш універсальний та розповсюджений спосіб виготовлення заготовок. Він використовується в одиничному, серійному та, навіть, масовому виробництві. У машинобудуванні цим методом виготовляють 75..80% заготовок. У піщаних формах можна отримати відливки самої складної конфігурації із масою від декількох грам до декількох тон. Отримувані заготовки характеризуються низькою точністю, високими параметрами шорсткості та великими припусками на механічну обробку. Вартість виготовлення відливок мінімальна, але вартість їх механічної обробки більше, ніж заготовок, отриманих іншими способами литва. Литво у піщані форми потребує найбільших витрат металу.

Литво в кокіль є найбільшим дешевим способом серед спеціальних видів литва. Кокілі дозволяють отримувати виливки із стабільними та точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати $R_z=20$ мкм. У зв'язку із великою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості вилівка на 10..15% але у той же

час ускладнює отримання тонкостінних виливків. Основні переваги цього способу виготовлення заготовок: можливість багаторазового використання ливарної форми; висока точність форми, її розмірів, якісна поверхня заготовки; дрібнозерниста структура, висока продуктивність; низькі трудомісткість, вартість заготовок; відсутність необхідності в модельному, опорному спорядженні, формувальних сумішах; задовільні умови праці; економічність виробництва; низька кваліфікація робітників; незначні виробничі площі; відсутні операції очищення виливків від суміші, ливникові системи; придатність до механізації, автоматизації. До недоліків цього способу виготовлення виливків належать: висока вартість спорядження, можливість утворення тріщин у виливках; чавунні виливки відбілюють, вимагають додаткового відпалювання; неможливість виготовлення тонкостінних виливків внаслідок підвищеної швидкості їх охолодження, а також виливків зі значною масою. Тому кокільне литво, як правило, використовують для виготовлення нескладних за конфігурацією виливків із чавуну, сталі та кольорових металів у серійному та масовому виробництвах.

Під час техніко-економічного обґрунтування із двох варіантів вибираємо той спосіб виготовлення заготовки, що найбільш відповідає заданому критерію. У разі однакової продуктивності праці перевагу віддають варіанту із меншою вартістю, а за рівності – більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів [8, 31, 49].

Проведено економічну оцінку вибору способу виготовлення заготовки корпусу за методом порівняння собівартості варіантів одержання заготовок.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом, можна розрахувати за формулою [7]:

$$C_g = 0,001 \cdot [C_{\text{бб}} \cdot G_g \cdot K_{\text{ме}} \cdot K_{\text{св}} \cdot K_{\text{мб}} \cdot K_{\text{пмб}} \cdot K_{\text{ст}} - (G_g - G_0) \cdot C_{\text{вх}}], \quad (4.1)$$

де $C_g, C_{\text{бб}}$ – ціна виливка та базова ціна однієї тонни виливків, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю виливка, грн.;

$C_{\text{вх}}$ – ціна тонни металевих відходів, грн.;

G_e, G_o – маса відповідно виливка та деталі, кг;

$K_{тв}, K_{св}, K_{мв}, K_{пмс}, K_{ст}$ – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної точності виливка, марки матеріалу, програми річного замовлення (групи серійності та маси виливка й відносного потоншення основних стінок виливка порівняно з базовою товщиною. Значення базової ціни виливків згаданих коефіцієнтів приймаємо відповідно до [7].

Укрупнено масу виливка можна визначити за формулою:

$$G_e = \frac{G_o}{k_{в.м.}}, \quad (4.2)$$

де $G_o = 9,9$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення ([7]); для виливків, отриманих литвом у піщано-глиняні форми, $k_{в.м.} = 0,7$, а для литва у кокіль – $k_{в.м.} = 0,85$.

Тоді маса виливка становить:

– піщано-глиняні форми:

$$G_{тв.-гл.ф.} = \frac{9,9}{0,7} = 14,1 \text{ (кг)};$$

– КОКІЛЬ:

$$G_{кок} = \frac{9,9}{0,85} = 11,65 \text{ кг.}$$

Базова ціна однієї тони виливки за [1] $C_{об} = 45000$ грн.; ціна тонни відходів $C_{ох} = 1680$ грн.; $K_{тв} = 1,0$; $K_{св} = 1,0$; $K_{мв} = 1,0$; $K_{пмс} = 0,85$; $K_{ст} = 1,1$.

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у піщано-глиняні форми:

$$C_{\text{в.лиц.-гл.ф.}} = 0,001 \cdot (45000 \cdot 14,1 \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,1 - (14,1 - 9,9) \cdot 1680) = 873,5 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки, виготовленої литвом у кокіль:

$$C_{\text{кок}} = 0,001 \cdot (45000 \cdot 11,65 \cdot 1,32 \cdot 0,81 \cdot 1,0 \cdot 1,18 \cdot 1,1 - (11,65 - 9,9) \cdot 1680) = 724,6 \text{ (грн.)}$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість вилівка, отриманого литвом у піщано-глиняні форми вища на 148,9 грн., ніж у кокіль.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (873,5 - 724,6) \cdot 2500 = 372250 \text{ (грн.)}$$

4.2 Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та робочих місць

Вимоги до виробничої санітарії повинні обов'язково враховані при проектуванні виробничих приміщень, а також процесів та технологічного обладнання. Під час виробництва повинні бути відсутніми або мінімізовані наступні параметри [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50]:

- потрапляння до повітря приміщень, атмосфери, стічних вод шкідливих або речовин, що мають неприємний запах, виділення тепла чи вологи у робочих приміщеннях;

- герметизація та максимально можливе ущільнення стиків та з'єднань технологічного обладнання, трубопроводах;

- теплова ізоляція поверхонь технологічного обладнання, повітро- і трубопроводів, що нагріваються;

- вібрація, електромагнітні хвилі, шум, статична електрика, ультразвук, іонізуючі випромінювання. Під час розроблення технологічної частини необхідно

передбачити: заміну шкідливих речовин на нешкідливими чи менш шкідливими, суху переробку пилоподібних матеріалів на вологу; замінити у технологічних операціях процесів, що супроводжуються шумом, вібрацією, іншими шкідливими факторами, процесами, операціями, з яких відсутня чи суттєво знижена інтенсивність таких факторів; заміна нагрівання за допомогою полум'я – електричним, твердого й рідкого палива – газоподібним;

- безперервність технологічних процесів;
- комплексна механізація, автоматизація, сигналізація перебігу окремих процесів/операцій, пов'язаних із можливістю виділень шкідливих речовин;
- сховище механічного транспорту, а також застосування гідро- та пневмотранспорту для транспортування пилоподібних матеріалів;
- очищення викидів від технологічних процесів від шкідливих речовин;
- блокування (в автоматичному режимі) технологічного обладнання, санітарно-технічних пристроїв, застосування обладнання, що має умонтовані місцеві відсмоктувальні пристрої та світильники;
- надавати перевагу у застосуванні обладнання, що має технічний паспорт;
- шумоглушення, амортизація вібрації;
- застосування процесів, що характеризуються мінімальною кількістю стічних вод;
- раціональна організація місць робітників, захист від впливу електромагнітних хвиль радіочастот, а також іонізуючих випромінювань.

4.3 Машинні масла: довкілля, здоров'я, економіка

На теперішній час Україна, як держава, щорічно втрачає значні кошти на нафтопродукти. Серед основних факторів цього явища є неефективне використання відпрацьованих машинних масел. Ці відходи не залучені до економіки країни. Вони переважно зазнають спалювання або просто викидаються, що суттєво впливає на здоров'я людей, а також забруднення довкілля.

Відпрацьовані мастила являють собою серйозну екологічну проблему. Її вирішення повинно бути одним із пріоритетних завдань державної політики у сфері збереження навколишнього середовища.

Відпрацьоване масло являє собою відходи, що містять вуглець та водень. Вони утворюються за результатами втрати споживчих властивостей різних видів масел. Використані масла являють серйозну екологічну загрозу як здоров'ю людей, так і довкіллю. Вони є небезпечними забруднювачами практично усіх компонентів природного середовища: поверхневих та підземних вод; рослинного та ґрунтового покривів; атмосферного повітря. 1 літр відпрацьованого масла робить непридатним від 100 до 1000 л ґрунтових вод. Понад 40% поверхні світового водного басейну вкрито плівкою відпрацьованого масла.

Доволі гострою є проблема спалювання відпрацьованих масел, що завдає прямої шкоди здоров'ю людини. Пари, що утворилися внаслідок спалювання, впливають на серцево-судинну, центральну нервову системи. Вони можуть викликати отруєння, що можуть призвести до летальних випадків. Також можливий розвиток онкологічних захворювань, а саме легень, губ, кишківника, молочних залоз. Серед негативного впливу спалювання також подразнення слизових оболонок верхніх дихальних шляхів, зміна складу крові.

Згідно з міжнародним досвідом, кількість відходів, що утворилися за результатами використання масел, становить 80...85% від початкового обсягу. У країнах Європейського Союзу обсяг збирання та подальшої переробки масел сягає 70%, тоді як в Україні ця величина знаходиться на рівні 10%.

Слід зазначити, що відпрацьоване масло є важливою стратегічною сировиною. За результатами його переробки можливо отримати відновлений продукт, придатний для вторинного використання, а також інші нафтопродукти, наприклад, мазут.

Отже, сьогодні Україна втрачає використаних нафтопродуктів на мільйони гривень. Внаслідок їх регенерації та повторного використання ці кошти можуть

бути залучені на розвиток економіки, збереження довкілля та здоров'я людей, тому цей напрямок потребує подальшого розвитку.

Полтавський державний аграрний університет

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення зубчастого насосу, що застосовується у складі сепараторної маслоочисної установки. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності корпусу насоса. Охарактеризовано його конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно заміника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні корпусу $\varnothing 65H8$ мм розрахунково-аналітичним методом. На решту поверхонь припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки. Здійснено розрахунки зусилля затиску, а також слабкої ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу насоса зубчастого сепараторної маслоочисної установки. Річний економічний ефект для програми випуску 2500 шт. склав 372250 грн. Розглянуто санітарно-гігієнічні вимоги до виробничих приміщень та робочих місць, а також вплив машинних масел на довкілля, здоров'я та економіку.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення зубчастого насоса сепараторної маслоочисної установки, робоче креслення корпусу, креслення заготовки корпусу, а також складальне креслення затискного механічного пристосування.