

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 середньосерійного виробництва валу
вузла охолодження компресорної станції»

КРБ.133ГМбд_21[1].04.00.00.000 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]
ГРЕБ Артем

Керівник: канд. техн. наук, доцентка
БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2023 року

ВСТУП

Пневматичні компресорні системи досить широко застосовуються у сфері сільськогосподарського виробництва. Зокрема, у борошномельному виробництві, під час зберігання та транспортування збіжжя воно має відповідати саме найвищим стандартам якості. Компресори широко використовуються для пневматичних транспортерів. Вони дозволяють суттєво зменшити витрати, підвищити продуктивність праці саме для млинових комплексів. Значна роль компресорних станцій на пташиних фабриках для видалення бруду, пір'я, листя, сміття. Переробка, а також виробництво виробів із м'яса має певну специфіку. Тому на м'ясопереробних підприємствах повинні бути власні очисні споруди із компресорами низького тиску для реалізації циклу очищення стічних вод у цілодобовому режимі.

Як відомо, компресорному обладнанню притаманна властивість нагріватися під час роботи. Це потребує встановлення додаткової системи вентиляції та охолодження. Перегрівання обладнання є небажаним результатом, враховуючи високу вартість обладнання. Ефективне тепловідведення є важливим атрибутом для коректної роботи компресорної станції, тому що підвищена температура може спричинити негативний вплив на термін експлуатації повітряної установки, автоматичні, а також стати джерелом виникнення пожежі. Саме тому розробка та удосконалення вузлів охолодження компресорних станцій для підприємств сільськогосподарського виробництва є важливою науково-технічною задачею [5-7, 13].

Отже деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною вузла охолодження, що використовується у складі компресорної станції.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вузол охолодження компресорної станції, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення вилу.

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

- 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 на 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 деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із охорони праці та довкілля;

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

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У даній роботі на розгляд вноситься вузол охолодження компресорної станції. Він призначений для охолодження мастила систем впорскування та змащення (рисунок 1.1).

Рисунок 1.1 – Вузол охолодження компресорної станції:

1 – шків ведучий; 2 – дифузор; 3 – вентилятор; 4 – кріпштейн; 5 – теплообмінник; 6 – маслянка; 7 – шпилька натяжний; 8 – вал; 9 – корпус; 10 – пробка; 11 – пробка

Даний вузол складається з теплообмінника 5, на якому закріплено дифузор 2 з вентилятором 3, що обертається за рахунок обертання валу 8. Вал через шків 1 та клинопасову передачу з'єднаний з електродвигуном. Він встановлений на двох підшипниках у корпусі 9. Для змащення опор використовується маслянка 6.

Теплообмінник являє собою теплообмінний апарат нерозбірної зварної конструкції. Теплообмінна поверхня мастилоохолоджувальна. Вона виконана з круглих алюмінієвих трубок із зовнішнім оребренням. Мастило рухається по

внутрішнім поверхням трубок і охолоджується повітрям, що нагнітається вентилятором. Під час заміни мастила в системі охолодження необхідно відкрити заглушки 10 та 11 для можливості виходу повітря та запобігання утворення повітряної пробки.

Технічна характеристика даного вузла представлена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Параметр	Значення
Теплова потужність, кВт	37
Циркуляційний об'єм мастила, л/хв.	45
Продуктивність стисненого повітря (нормальні умови), м ³ /хв.	4,5
Температура мастила на вході в теплообмінник, °С	max 110
Максимальний робочий тиск, МПа	1,0
Продуктивність охолоджуючого повітря, кг/год.	5460
Температура охолоджуючого повітря, °С	45
Гідрравлічний опір решітки теплообмінника, Па	25

Деталлю, обраною для проектування, є вал (рисунок 1.2). Він має декілька функцій: закріплення крильчатки вентилятора та передавання їй обертового руху. Тому в нього оброблюються площина для закріплення крильчатки, поверхня 40к6, на яку насаджуються підшипники, поверхня 30к6, на якій закріплюється шків за допомогою шпонкового пазу 10Р9.

Рисунок 1.2 – Вал вузла охолодження компресорної станції

Вал виготовлений зі сталі 40Х ДСТУ 7749:2015 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу точності параметрів валу (рисунок 1.2) заповнюємо таблицю 1.2, у якій наведені дані про точність виготовлення даної деталі, а також вимоги до точності. Під час виконання даного підрозділу використовуємо джерела інформації [17, 22, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Параметри точності валу вузла охолодження компресорної станції

Номер поверхні деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри із відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність положення	Шорсткість, R_a
1	Циліндрична	Ø80	h12	-	-	12,5
2	Циліндрична	Ø48	h12	-	-	12,5
3	Циліндрична	Ø40	k6	-	-	0,8
4	Циліндрична	Ø30	k6	-	-	0,8
5	Отвір	Ø8	H8	-	-	3,2
6,7	Торець	122	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	6,3
8	Торець	18	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	12,5
9	Торець	36	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	1,6
10	Торець	41	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	1,6

Проаналізувавши точність параметрів валу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 5-ий, а мінімальна шорсткість $R_a=0,8$ мкм. Вона є цілком досяжною.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні валу у якості матеріалу застосовується конструкційна легована сталь 40X відповідно до ДСТУ 7749:2015 [7, 34, 36].

Цей матеріал можливо замінити на сталі: 45X, 38XA, 40XH, 40XS, 40XF, 40XP. Вони використовуються переважно для осей, валів, валів-шестерень, плунжерів, штоків, кілець, колінчастих валів, шпинделів, оправок, рейок, зубчастих вінців, болтів, напівосей та втулок.

Хімічний склад основного матеріалу та замітника, що пропонується, наведено у таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу валу та замітника

Матеріал	C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
					Не більше			
40X	0,41-	0,17-	0,50-	0,8-	0,035	0,035	0,30	0,30
	0,49	0,37	0,80	1,30				
40XH	0,36-	0,17-	0,50-	0,45-	0,035	0,035	0,30	1,0
	0,44	0,37	0,80	1,15				

Технологічні властивості сталі 40X наступні: оброблюваність різанням – у гарячекатаному стані при HB 163-168 $\sigma_s=610$ МПа, $K_{VTB.CIII.}=1,20$, $K_V \text{ б.ст.}=0,95$; зварювання – важкозварювана (необхідно підігрівати і проводити наступну термообробку); температура кування, °С: початок – 1250, кінець 800 (переріз до 350 мм – охолоджувати на повітрі, а поковки нескладної форми дозволяється кувати без попереднього нагрівання, але із наступним рекристалізаційним відпалюванням).

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у вузлах охолодження компресорної станції у кількості 1000 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;

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

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

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

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його за рядом факторів, що відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за якими-небудь параметрами не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (за можливості) прийняти міри щодо поліпшення конструкції. Нижче будуть перераховані основні вимоги до технологічності [2].

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

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

Коефіцієнт уніфікації:

$$y = \frac{N_{yn}}{n}, \quad (2.1)$$

де n – загальна кількість деталей,

N_{yn} – кількість уніфікованих деталей.

$$y = \frac{20}{26} = 0,77.$$

Коефіцієнт стандартизації:

$$Cm = \frac{N_{cm}}{n}, \quad (2.2)$$

де n – загальна кількість деталей,

$N_{ст}$ – кількість стандартних деталей.

$$C_{ст} = \frac{14}{26} = 0,54.$$

Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин.

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

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.

Аналіз на технологічність деталі проводимо у відповідності до вимог на технологічність при автоматизованому виробництві. Результати аналізу заносимо до таблиці 2.1.

Основні вимоги до технологічності валу заносимо до таблиці 2.1.

Конструкція валу вузла охолодження є технологічною, так як забезпечуються усі експлуатаційні вимоги. При проведенні аналізу виявлено, що деталь відповідає основним показникам технологічності соборки за умов серійного типу виробництва.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності валу

№ з. п.	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії по поліпшенню технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Деталь має зручні технологічні бази: на першій операції механічної обробки – отвір та уступи нижньої площини, на подальших операціях – нижня площина деталі. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки.	
2	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристроями	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями, пневматичними або ручними лебідками.	Не потрібні.
3	Отвори у деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід.	Деталь не має глухих отворів.	Не потрібні.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	У деталях необхідно уникати отворів $L > 8 \dots 10D$.	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
5	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між таким допуском і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між величиною допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
6	Не бажана наявність шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні.
7	Розміри розташування отворів повинні допускати багатопшпіндельну обробку, для цього відстань між осями повинна бути не менше 30...40 мм.	Розміри розташування отворів допускають багатопшпіндельну обробку.	Не потрібні.
8	Не потрібно застосовувати дрібні різьбові отвори.	У конструкції деталі відсутні дрібні різьбові отвори.	Не потрібні.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і до нього важко внести які-небудь значні доповнення. Єдине, що не задовольняє – це те, що даний технологічний процес написаний для масового типу виробництва, а при сьогоденній економічній ситуації недоцільно налагоджувати виробництво на масовий тип, так як асортимент продукції постійно змінюється. Основною задачею даної роботи є перехід на серійний тип виробництва. Це значить, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. В базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, що мають велику вартість, більшу собівартість налагодження, дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні технологічного процесу необхідно замінити усі агрегатні верстати на верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності у економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих затрат.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

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

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – число ступенів обробки;

T_z, T_d, T_i – відповідно допуски для заготовки, деталі, окремого ступеня обробки.

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

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Можливі методи обробки поверхонь деталі подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки валу

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 поверхні		Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм (R_a)	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МСП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	300	12,5	870	14	2,9	1	Чорнове точіння	12	300	2,9	2,9

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	12	250	12,5	740	14	2,96	1.	Чорнове точіння	12	250	2,9	2,9
3	6	16	0,8	620	14	38,8	1.	Чорнове точіння	11	160	3,9	38,8
								Чистове точіння	9	62	2,6	
								Тонке точіння	7	25	2,5	
								Шліфування	6	16	1,6	
4	6	13	0,8	620	14	47,7	1.	Чорнове точіння	11	160	3,9	47,7
								Чистове	9	62	2,6	
								Тонке	7	25	2,5	
								Шліфування	6	13	1,9	
5	8	22	3,2	-	-	1.	Свердління	11	90	-	-	
							Розвертання	8	22	-	-	
6	12	400	6,3	1000	14	2,5	1.	Фрезерування	12	400	2,5	2,5
7	12	400	6,3	1000	14	2,5	1.	Фрезерування	12	400	2,5	2,5
8	12	210	12,5	520	14	2,5	1.	Чорнове точіння	12	210	2,5	2,5
9	6	16	1,6	620	14	38,8	1.	Чорнове точіння	11	160	3,9	38,8
								Чистове	9	62	2,6	
								Тонке	7	25	2,5	
								Шліфування	6	13	1,9	

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь (рисунки 2.1-2.3) з урахуванням типу виробництва, схеми базування, призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Рисунок 2.1 – Операційні ескізи обробки операцій 005; 010;

Рисунок 2.2 – Операційні ескізи обробки операцій 015; 020; 025

Рисунок 2.3 – Операційні ескізи обробки операцій 030; 035

2.5 Визначення схем базування

Схеми базування при обробці валу наведені на рисунку 2.4.

а)

б)

в)

г)

Рисунок 2.4 – Схеми базування при обробці валу:

а – операція 010; б – операція 015; в – операція 025; г – операція 035

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Проведемо визначення припусків розрахунково-аналітичним методом для $\varnothing 30k6$ поверхні валу з урахуванням [39].

Квалітет 6 можливо отримати тонким точінням та шліфуванням. Оберемо точіння тонке у якості останньої обробки. Додавши до 6 квалітету 3, ми отримаємо 9 квалітет. Його можливо отримати точінням чистовим або шліфуванням. Обираємо точіння чистове. До 9 квалітету додаємо 3. Маємо 12 квалітет. Його можливо отримати чорновим точінням. Припуск знімаємо за два ходи різального інструменту: 60...70% за перший прохід та 30...40% за другий.

Тобто для обробки діаметра 30k6 маємо: точіння чорнове; точіння чистове; точіння тонке.

Для призначення допусків визначаємо квалітет заготовки додаванням до 12 квалітету числа 3. Маємо 15 квалітет заготовки.

Розрахунок виконуємо за формулою:

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

де Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – товщина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Для заготовки:

$$Rz_{\text{заг}} + h_{\text{заг}} = 150 + 250 = 400 \text{ (мкм)}.$$

Сумарна просторова похибка заготовки:

$$\rho = \sqrt{\rho_{\text{ко}}^2 + \rho_{\text{ш}}^2}, \quad (2.6)$$

де $\rho_{\kappa 0}$ – загальна кривизна заготовки;

ρ_{ϵ} – похибка зацентрування;

$$\rho_{\kappa 0} = \Delta \kappa \cdot l_3 \quad (2.7)$$

$$\rho_{\kappa 0} = 0,6 \cdot 129 = 77,4 \text{ (мкм)}$$

де $\Delta \kappa$ – питома кривизна заготовки, за ГОСТ 2590-88 вона становить 0,6 мкм/мм;

$$\rho_{\epsilon} = 0,25 \sqrt{\delta^2 + 1}, \quad (2.8)$$

$$\rho_{\epsilon} = 0,25 \sqrt{1^2 + 1} = 250 \text{ (мкм)},$$

де δ – допуск на діаметр заготовки (37 мм), за ГОСТ 2590-88 він дорівнює 1,0 мм.

Отже, маємо за формулою (2.6):

$$\rho = \sqrt{77,4^2 + 250^2} = 262 \text{ (мкм)}.$$

ϵ_i приймаємо рівним 0.

Для точіння чорного:

$$Rz_{\text{точ.чорн.}} + \delta_{\text{точ.чорн.}} = 50 + 50 = 100 \text{ (мкм)};$$

$$\rho = 0,06 \cdot 262 = 16 \text{ (мкм)}.$$

ε_i – беремо 0, т.я. деталь оброблюється у центрах.

Для точіння чистогого:

$$Rz_{\text{точ.чист.}} + h_{\text{точ.чист.}} = 30 + 30 = 60 \text{ (мкм);}$$

$$\rho = 0,04 \cdot 16 = 0,64 \text{ (мкм);}$$

ε_i – беремо 0, т.я. деталь оброблюється у центрах.

Для точіння тонкогого:

$$Rz_{\text{точ.тонк.}} + h_{\text{точ.тонк.}} = 10 + 20 = 30 \text{ (мкм);}$$

$$\rho = 0,02 \cdot 0,64 = 0,01 \text{ (мкм);}$$

ε_i – беремо 0, т.я. деталь оброблюється у центрах.

Розраховуємо припуски.

Точіння чорнове:

$$2z_{\text{точ.чорн.}} = 2 \left(Rz_{\text{заг.}} + h_{\text{заг.}} + \sqrt{\rho_{\text{заг.}}^2 + \varepsilon_{\text{точ.чорн.}}^2} \right) = 2 \cdot (400 + 262) = 2 \cdot 662 \text{ (мкм).}$$

Точіння чистове:

$$2z_{\text{точ.чист.}} = 2 \left(Rz_{\text{точ.чорн.}} + h_{\text{точ.чорн.}} + \sqrt{\rho_{\text{точ.чорн.}}^2 + \varepsilon_{\text{точ.чист.}}^2} \right) = 2 \cdot (100 + 16) = 2 \cdot 116 \text{ (мкм)}$$

Точіння тонке:

$$2z_{\text{точ.тонк}} = 2(R_{\text{точ.чист.}} + h_{\text{точ.чист.}} + \sqrt{\rho_{\text{точ.чист.}}^2 + \varepsilon_{\text{точ.тонк}}^2}) = 2(60 + 0,64) = 2 \cdot 60,64 \text{ (мкм)}.$$

Знаходимо допуски для заготовки 15 квалітету, діаметр якої знаходиться в інтервалі 30...50 мм, допуск становить: $\delta = 1000$ мкм;

після чорнового точіння маємо поверхню 12 квалітету, діаметр якої знаходиться в інтервалі 30...50 мм, допуск дорівнює $\delta = 250$ мкм;

після чистового точіння маємо поверхню 9 квалітету, діаметр якої знаходиться в інтервалі 30...50 мм, допуск дорівнює $\delta = 62$ мкм;

після тонкого точіння маємо поверхню 6 квалітету, діаметр якої знаходиться в інтервалі 30...50 мм, допуск дорівнює $\delta = 13$ мкм.

Знаходимо розрахунковий діаметр.

Розрахунковий діаметр на остаточну обробку:

$$d_p(m6) = d_{\text{max}}(к6) - \delta(к6) = 30,015 - 0,013 = 30,002 \text{ (мм)};$$

розрахунковий діаметр чистового точіння, чорнового точіння та заготовки:

$$d_p(9) = 30,002 + 2 \cdot 60,64 / 1000 = 30,123 \text{ (мм)};$$

$$d_p(12) = 30,123 + 2 \cdot 116 / 1000 = 30,355 \text{ (мм)};$$

$$d_p(\text{заг.}) = 30,355 + 2 \cdot 662 / 1000 = 31,679 \text{ (мм)}.$$

Для валів розрахунковий діаметр d_p дорівнює мінімальному діаметру d_{min} . Знаходимо максимальний діаметр d_{max} додаванням допуску до мінімального діаметру d_{min} : $d_{\text{max}} = d_{\text{min}} + \delta$,

$$d_{\text{max}}(9) = 30,123 + 0,062 = 30,185 \text{ (мм)};$$

$$d_{\text{max}}(12) = 30,355 + 0,25 = 30,605 \text{ (мм)};$$

$$d_{\max}(\text{заг.}) = 31,679 + 1,0 = 32,679 \text{ (мм)}.$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Результати розрахунку припусків для $\varnothing 30k6^{(+0,015/+0,002)}$ валу

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм			Розр. прип., $2 \cdot Z_{\min}$, мкм	Розр. розм., d_p , мм	До-пуск δ , мкм	Граничні розміри, мм.		Граничні значення припусків, мкм	
	R_{Z+h}	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2 \cdot Z_{\min}^{np}$	$2 \cdot Z_{\max}^{np}$
Заготовка	400	262	–	–	31,379	1000	31,379	32,379	–	–
Точіння чорнове	100	16	–	2·662	30,355	250	30,355	30,605	1024	1774
Точіння чистове	60	0,64	–	2·116	30,123	62	30,123	30,185	232	420
Точіння тонке	30	0,01	–	2·50,64	30,002	13	30,002	30,015	121	170
Усього:									1377	2364

Розрахуємо граничні значення припусків.

Граничне значення мінімального припуску $2 \cdot Z_{\min}^{np}$ переходу, що виконується, знаходиться як різниця мінімальних діаметрів попереднього та теперішнього переходу:

$$2 \cdot Z_{\min}^{np}(k6) = d_{\min}(9) - d_{\min}(k6) = 30,123 - 30,002 = 121 \text{ (мкм)}.$$

$$2 \cdot Z_{\min}^{np}(9) = d_{\min}(12) - d_{\min}(9) = 30,355 - 30,123 = 232 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\min}^{np}(12) = d_{\min}(\text{заг}) - d_{\min}(12) = 31,379 - 30,355 = 1024 \text{ (мкм)}.$$

граничне значення максимального припуску $2 \cdot Z_{\max}^{np}$ теперішнього переходу знаходиться як різниця максимальних діаметрів попереднього та теперішнього переходу:

$$2 \cdot Z_{\max}^{np}(\kappa 6) = d_{\max}(9) - d_{\max}(\kappa 6) = 30,185 - 30,015 = 170 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\max}^{np}(9) = d_{\max}(12) - d_{\max}(9) = 30,605 - 30,185 = 420 \text{ (мкм)};$$

$$2 \cdot Z_{\max}^{np}(12) = d_{\max}(\text{заг}) - d_{\max}(12) = 32,379 - 30,605 = 1774 \text{ (мкм)}.$$

Сума граничних значень припусків записується у графі «Усього» у відповідних стовбцях $2 \cdot Z_{\min}^{np}$ та $2 \cdot Z_{\max}^{np}$:

$$\sum(2 \cdot Z_{\min}^{np}) = 2 \cdot Z_{\min}^{np}(12) + 2 \cdot Z_{\min}^{np}(9) + 2 \cdot Z_{\min}^{np}(\kappa 6) = 1074 + 232 + 121 = 1377 \text{ мкм}$$

$$\sum(2 \cdot Z_{\max}^{np}) = 2 \cdot Z_{\max}^{np}(12) + 2 \cdot Z_{\max}^{np}(9) + 2 \cdot Z_{\max}^{np}(\kappa 6) = 1774 + 420 + 170 = 2364 \text{ мкм}$$

Перевірка розрахунків:

$$2364 - 1377 = 1000 - 13;$$

$$987 = 987.$$

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

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на поверхні деталі валу, що механічно оброблюються

№	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск Z_{\min} , мм
1	2	3	4
1	Циліндрична	Точіння одноразове	3,0
2	Циліндрична	Точіння чорнове	3,0
3,4	Циліндрична	Точіння чорнове	2,0
		Точіння чистове	1,0
		Точіння тонке	0,5
		Шліфування чистове	0,25
5	Отвір	Свердління чорнове	3,0
		Розвертання чистове	0,5
6,7	Площина	Фрезерування одноразове	3,0
8	Площина	Точіння чорнове	3,0
9	Площина	Точіння чорнове	3,0
10	Площина	Точіння чорнове	3,0

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення валу на фрезерній операції. При розробці дотримувалися наступних вимог 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; деталі пристосування повинні бути за можливості нормалізовані та стандартизовані для зменшення вартості пристосування [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині та на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки валу

Пристосування складається з таких основних елементів:

- упорна плита 3;
- упорна плита 2;
- пневмоциліндр: корпус 4, кришка 5, шток 6, поршень 7 та пружина 15;
- призма опорна 17;
- пальці установочні 16.

У якості приводу використовується пневмоциліндр двосторонньої дії. Пристосування універсальне, його можна переналадити на іншу деталь.

Принцип дії пристосування наступний.

Після встановлення деталі 1 на установочні пальці 16 та фіксацією в опорній призмі 17 поворотом рукоятки повітря подається у штокову порожнину пневмоциліндру, де тисне на поршень зі штоком 6. Шток затискає деталь. Після обробки повітря поворотом рукоятки направляється у іншу сторону та виконується розтиск деталі.

3.2 Визначення зусилля затискання

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску W із урахуванням [3, 9, 11, 14, 15, 26, 41].

На даній операції максимальна сила різання P_z при чорновому фрезеруванні верхньої площини деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{ix}$:

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

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

де f – коефіцієнт тертя.

Тоді рівняння (3.1) набуде вигляду:

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

Звідки зусилля затиску становитиме:

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

де K – коефіцієнт запасу;

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

$K_0 = 1,2$ – коефіцієнт гарантованого запасу;

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

$K_2 = 1,3$ – коефіцієнт, який враховує затуплення P_1 ;

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

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

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

$K_6 = 1,0$;

$f = 0,5$ – коефіцієнт тертя.

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,7.$$

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^X \cdot S^Y \cdot B^U \cdot Z}{D^q \cdot n^o} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де t – глибина різання, 5 мм;

S – подача, 0,024 мм/зуб;

B – ширина фрезерування, 10 мм;

z – кількість зубів фрези, 2;

D – діаметр фрези, 10 мм;

n – частота обертання фрези, 800 об/хв;

K_p – загальний поправочний коефіцієнт, 1,1.

$C_p = 82,5$; $x = 0,95$; $y = 0,8$; $u = 1,1$; $q = 1,1$; $\omega = 0$ – коефіцієнт та показники ступеня.

Визначимо силу різання.

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 5 \cdot 5,00^{0,95} \cdot 0,024^{0,8} \cdot 10^{1,1} \cdot 2}{10^{1,1} \cdot 800^0} \cdot 1,1 = 42,4 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{42,4 \cdot 2,7}{0,5} = 228,96 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму за відомим зусиллям затиску, а потім, за визначеним зусиллям на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндра.

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.7)$$

де i – передаточне відношення сил, що характеризує конструктивні параметри механізму. Для даного пристосування $i=1$.

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 228,96$ (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.

За даних умов маємо: $\eta = 0,8$; $p = 0,35$ МПа; $d = 16$ мм.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 228,96}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,35} + 16^2} \approx 27,9 \text{ (мм)}$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 30$ мм.

3.4 Розрахунок на міцність слабкої ланки

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

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

де

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

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (36^2 - 16^2)}{4} \cdot 0,35 \cdot 0,8 = 141,6 \text{ (Н)};$$

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

F_{\min} – площа поперечного перерізу вісі:

$$F_{\min} = \frac{\tau \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 12^2}{4} = 113,04 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Тоді:

$$\tau = \frac{141,6}{113,04} = 1,25$$

$$1,25 < 70.$$

Отже робимо висновок, що міцність вісі достатня.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Одну і ту ж деталь можна виготовити із заготовок, отриманих різними способами. Одним із основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, що забезпечує їх максимальне наближення до готової деталі. У цьому випадку значно зменшуються витрати металу, скорочується механічна обробка та виробничий цикл [8, 31, 49].

Вал виготовлено із сталі 40Х, що використовується у прокатному та кувальному виробництві. Також деталь має нескладну геометричну форму.

Для порівняння беремо два методи виготовлення заготовки: горизонтальне штампування та калібрований прокат.

При обробці тиском формоутворення заготовки проходить у порожнині спеціального інструменту – штампу. Штамповка може виконуватися у холодному та гарячому станах. Таким способом створюють заготовки різної форми, масою від декількох грам до однієї тонни та більше. Залежно від типу штампу розрізняють штампування у відкритих, закритих штампах, штампах для видавлювання.

Гаряче штампування може виконуватися тільки у закритих штампах. Характерно, що невеликий зазор між верхньою і нижньою частинами штампа забезпечує лише їх взаєморухомість і в процесі деформації металу залишається постійним. Відсутність заусенців в закритих штампах зменшує використання металу, виключає необхідність її обробки.

Точність розмірів при штампуванні 12...14 квалітет, а шорсткість поверхні за $R_z - 20...80$, коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,8...0,9.

Точність розмірів прокату 13...15 квалітет, шорсткість поверхні $R_z - 40...80$.

При отриманні деталі методом горизонтального штампування маса заготовки буде становити:

$$m_{\text{ЗАГ}} = m_{\text{Д/К}} \quad (4.1)$$

$$m_{\text{ЗАГ}} = 1,57/0,85 = 1,85 \text{ (кг)};$$

при отриманні деталі з прокату (за максимальним діаметром 80 мм):

$$m_{\text{ЗАГ}} = (\pi \times d^2) / 4 \times H \times \rho; \quad (4.2)$$

$$m_{\text{ЗАГ}} = (\pi \times (80 \times 10^{-3})^2) / 4 \times 0,125 \times 7600 = 4,8 \text{ (кг)};$$

де $m_{\text{Д}}$ – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу;

d – діаметр заготовки;

H – довжина заготовки;

ρ – щільність матеріалу заготовки.

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою [1, 7]:

$$S_{\text{заг}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot m_{\text{заг}} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_M \right) \cdot (m_{\text{заг}} - m_{\text{д}}) \frac{S_{\text{відх}}}{1000}, \quad (4.3)$$

де $S_{\text{заг}}$ – базова вартість матеріалу, 70000 грн./т [1];

$S_{\text{відх}}$ – вартість стружки, 10000 грн./т [1];

K_T – коефіцієнт, що залежить від класу точності;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

K_B – коефіцієнт, що залежить від матеріалу;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки.

Штамповка:

$$S_{заг} = \left(\frac{70000}{1000} \cdot 1,85 \cdot 1,32 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (1,85 - 1,57) \frac{10000}{1000} = 304,9 \text{ (грн.)}$$

Прокат:

$$S_{заг} = \left(\frac{70000}{1000} \cdot 4,8 \cdot 1 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (4,8 - 1,57) \frac{10000}{1000} = 572,5 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для валу:

$$E = (572,5 - 304,9) \cdot 1000 = 267600 \text{ (грн.)}$$

Проаналізувавши розрахунки двох методів, обираємо горизонтальне штампування, адже собівартість виготовлення заготовки валу за цим методом менша на 267,6 грн., а в межах річної програми випуску – 267600 грн.

4.2 Технічні та організаційні заходи із охорони праці

У системі заходів із охорони праці першочергове значення мають заходи з техніки безпеки, спрямовані на забезпечення безпечних умов роботи [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Загальні вимоги безпеки до металорізального обладнання викликані особливостями їх конструкцій та експлуатації вказані в нормативно-технічній документації до обладнання.

Захисні пристрої, що огорджують зону соробки повинні захищати працівника від стружки, що відлітає, та мастильно-охолоджувальної рідини. Конструкції захисних пристроїв не повинні обмежувати технологічні можливості верстату, викликати незручності під час роботи. В усіх випадках кріплення захисних пристроїв повинно бути надійним і не допускати самовідкриття.

Автомати і напівавтомати обладнують автоматичним блокуванням, що не допускає вмикання робочого циклу при відчиненому захисному конусі.

Конструкція виробничого обладнання повинна забезпечувати виключення або зниження до регламентованих рівнів шуму, вібрації а також шкідливих випромінювань. При експлуатації виробничого обладнання застосовують загальні та спеціальні захисні пристрої.

У конструкції металорізального обладнання передбачаються огороження різального інструменту та зон різання для попередження травмування робочого стружкою та різальним інструментом, сигнальні прилади рівня рідини, тиску повітря, сили електричного струму і т.д., система організованого подрібнення та видалення стружки із зони різання, її транспортування на переробку, раціональне освітлення верстатів, витяжка, використання для небезпечних частин верстата сигнальних кольорів.

У процесі експлуатації верстата, головним чином через знос або поломку окремих пристроїв може бути порушене нормальне їх функціонування. Одним з найбільш ефективних шляхів попередження цього є плановий ремонт обладнання. При цьому маєтися на увазі і планово-попереджувальна перевірка огорожувальних пристроїв.

Розглянемо вимоги із техніки безпеки при роботі на фрезерних верстатах.

Перед початком роботи на фрезерному верстаті, необхідно усунути забоїни, ретельно очистити отвори шпинделя, хвостовик оправки або фрези і поверхні перехідної втулки перед встановленням шпинделя. При встановленні хвостовика інструмента в отвір шпинделя слід переконатися у тому, що він сідає щільно, без люфту. Встановлену та закріплену фрезу необхідно перевірити на биття. Радіальне та торцеве биття не повинно перевищувати 0,1 мм.

Деталі, що обробляються, перед встановленням на верстат слід очистити від стружки та мастила. Закріплювати їх необхідно в місцях, що знаходяться якомога ближче до поверхні обробки. При кріпленні деталі за поверхню що необроблена,

можна використовувати лещата та пристосування із насічкою на притискних губках.

При ручній подачі не можна допускати різких збільшень швидкості та глибини різання. При фрезеруванні забороняється вводити руки у небезпечну зону обертання фрези. При роботі фрезерного верстату забороняється змащувати та чистити його, перестановлювати трубопровід охолодження, знімати огороження, заміряти деталь, що обробляється.

При обробці в'язких сталей слід використовувати фрези зі стружколомами. Якщо стружка при фрезеруванні вилітає за межі огороження, необхідно використовувати захисні окуляри. При виникненні биття або вібрації фрези верстат треба зупинити та усунути причини.

4.3 Вплив підприємств машинобудування на довкілля

Підприємства машинобудування чинять негативний вплив на екологію нашої планети. Такі підприємства забруднюють атмосферу, воду та ґрунт.

Забруднення атмосфери відбувається за результатами промислових викидів. У цих викидах містяться шкідливі речовини. До них відносять діоксид сірки, оксид вуглецю, шестивалентний урм.

За результатами діяльності підприємств до ґрунту потрапляють відходи. Найбільш небезпечними серед них є ціаніди, свинець, ртуть, кадмій. Ці речовини накопичуються безпосередньо у ґрунтах, шкідливо впливають на рослини та організм людини.

Окрім цього, важливу проблему становить забруднення водних ресурсів. Це пов'язано із стоковими водами. У них містяться різноманітні важкі метали. Потрапляючи до води вони її роблять непридатною до вживання.

Основними заходами щодо зменшення негативного впливу підприємств машинобудування на екологію є:

- упровадження сучасних технологій, що сприятимуть зменшенню кількості шкідливих виробничих відходів;
- покращення системи фільтрації стокових вод підприємства;
- переробка шкідливих речовин та утилізація відходів, що виникають у результаті діяльності підприємства;
- запровадження системи моніторингу та контролю екології прилеглої до підприємства місцевості.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла охолодження у складі компресорної станції, що широко використовується підприємствами сільськогосподарського виробництва. Проведено аналіз валу. Характеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замінника-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 валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 30k6$ мм розрахунково-аналітичним методом. На інші поверхні деталі припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки фрезеруванням поверхні валу. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, параметрів силового приводу, а також проведено розрахунки слабкої ланки пристосування.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу вузла охолодження. Річний економічний ефект для програми випуску 1000 шт. склав 267600 грн. Окрім того, наведено технічні та організаційні заходи із охорони праці. Розглянуто шкідливий вплив підприємств машинобудівної галузі на довкілля.

5 У графічній частині роботи наведено складальний кресленик вузла охолодження компресорної станції, робочий кресленик валу, кресленик заготовки валу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції фрезерування.