

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Муфта зчеплення пневматичного компресора зерносховища»

КРБ.133ГМбд_21[1].010.00.00.000 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]
САВУТА Владислав

Керівник: канд. техн. наук, доцент
ДУДНІКОВ Ігор

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Сільське господарство є важливою складовою людського існування. Протягом століть воно розвивається та стає набагато технологічним. Більшість операцій, що виконувалися за допомогою ручної праці, необхідні інструменти ручної праці були замінені складними машинами. Саме такі машини забезпечують більш високу врожайність, а також відкривають можливості для підвищення ефективності праці [5-7].

Для виробництва сільськогосподарської продукції із кращими показниками необхідно використовувати технології, що є новітніми, надійними, сучасними [13].

У сільському господарстві машини, оприскувачі, трактори, конвеєри, пневматичні маніпулятори вимагають наявності стисненого повітря. Саме тому надійний повітряний компресор є життєвою необхідною складовою сільськогосподарського виробництва. Досить широко компресори використовуються у зерносховищах (силоси), системах транспортування зерна.

Муфта зчеплення, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі, є складовою частиною пневматичного компресора. Вона призначена для передачі обертового моменту від двигуна.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є муфта зчеплення пневматичного компресора зерносховища, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення вала та корпуса муфти.

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

- проаналізувати службове призначення муфта, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі ринкової програми запуску виробу;

- здійснити відпрацювання на технологічність вузла та його складових частин, проаналізувати діючі технологічні процеси, запропонувати маршрути обробки поверхонь деталей, а також визначити припуски та операційні розміри розрахунково-аналітичним методом;

- сконструювати технологічне оснащення та здійснити його розрахунок;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі муфти зчеплення, а також здійснити інженерний розрахунок штучного освітлення, запропонувати заходи з охорони довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Із розвитком технологій повітряні компресори стали більш ефективними та простими у користуванні. Сучасні машини окрім більш ефективного контролю за продуктивністю, дозволяють отримувати чисте стиснуте повітря, споживаючи меншу кількість енергії. Це робить їх набагато економічними у порівнянні із застарілими моделями.

На рисунку 1.1 наведено муфту зчеплення, що пропонується до використання у складі пневматичного компресора ПКСД-5,25А зернового сховища. Муфта складається з: корпусу 1, стакан підшипника 2; вал зчеплення 3; кришка люка 4; прокладка 5; вал вилок вимкнення 6; втулка 7; вилка вимкнення зчеплення 8; відведення 9; кронштейн відведення 10; шпонка 11; штифт 12; пробка 13; болт 14-16; гайка 17-18; шпилька 19; шплінг 20; шпонка 21; шайба 22-25; вальниця 26; манжета 27; кільце ущільнююче 28, 29; диск ведений 30; підшипник спеціальний 31; диск у зборі 32.

Основні параметри пневматичного компресора ПКСД-5,25А (рисунок 1.2) такі: дизельний двигун Д242 / КД-48 / Ricardo; масляна система 9,5 л; витрата масла 68 г/год; рівень звукового тиску 80 дБ; кількість постів 4; діаметр приєднання $\frac{3}{4}$ дюйми (4 шт.); кількість циліндрів компресора 6 шт.; експлуатаційна потужність 36,8 кВт; кількість обертів у номінальному режимі 1500 об/хв.; витрата палива 8,2 л; схема охолодження дизеля повітряна; ємність масляної системи дизеля 15 л; ємність паливного баку 60 л.

Компресорна станція складається з V-подібного двухступеневого поршневого компресора з встановленим на ньому вентилятором та проміжним теплообмінником; приводного двигуна, з'єданого з колінчастим валом муфтою; приладів автоматики та шафи керування. Усі вузли та агрегати змонтовані на рамі

станції, яка додатково укомплектована ресорною підвіскою на пневматичних шинах, кузовом і передньою опорою.

Рисунок 1.1 – Муфта зчеплення

Муфта зчеплення (рисунок 1.1) призначена для передачі обертового моменту від двигуна на компресор.

Рисунок 1.2 – Пневматичний компресор ПКСД-5,25А

Першою деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде вал. Вал зчеплення – головна деталь даного вузла, оскільки саме за його допомогою здійснюється передача моменту. З однієї сторони він має шліци для закріплення веденого диску, з іншої – шпонковий паз для закріплення зубчатого колеса. Матеріал вала – сталь 40 ДСТУ 7806:2015. Другою деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі, є корпус. Він призначений для закріплення даного вузла до двигуна. Також використовується як несуча платформа для закріплення інших деталей. Матеріалом корпусу є СЧ20 ДСТУ 8835:2019 [16, 36].

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталей [17, 22, 47, 48] заповнюємо таблицю 1.1. У ній наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності форм поверхонь валу (рисунок 1.3) та відносного положення поверхонь.

Рисунок 1.3 – Вал

Таблиця 1.1 – Відомості щодо параметрів точності валу

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1, 2	Торець	$416^{+0,5}$	$\pm IT14/2$	-	-	6,3
3	Циліндрична	$\varnothing 65$	$\pm IT14/2$	-	0,05	12,5
4	Циліндрична	$\varnothing 45$	h8	-	-	0,8
5	Циліндрична	$\varnothing 45$	h8	-	-	0,8
6	Циліндрична	$\varnothing 42$	m6	-	-	1,6
7	Циліндрична	$\varnothing 42$	h14	-	-	3,2
8	Шпонковий паз	$5^{+0,16}$	-	-	-	6,3
9	Циліндрична	$\varnothing 45$	h6	-	-	0,8

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4	5	6	7
10	Циліндрична	Ø45	h6	-	-	0,8
11	Циліндрична	Ø35	a11	-	0,1	3,2

Проаналізувавши точність параметрів вала, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 6-ий, а мінімальна шорсткість $R_a = 0,8$ мкм.

До таблиці 1.2 заносимо дані щодо точності виготовлення корпусу (рисунок 1.4).

Таблиця 1.2 – Відомості щодо параметрів точності корпусу

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносно положення	Шорсткість R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Циліндрична	Ø446 ^{+0,05}	H14	-	-	Rz40
2	Торець	506	±IT14/2	-	-	Rz40
3	Циліндрична	Ø145 ^{+0,04}	H7	0,05	0,05/100	2,5
4	Отвір	Ø17	H14	-	-	12,5
5, 6	Торець	230±0,15	±IT14/2	-	0,05/100	3,2
7	Отвір	Ø45	H14	-	-	Rz40
8	Вікно	180	h14	-	-	Rz40
9	Фаска	1,6×45°	H14	-	-	6,3
10	Вухо	18	±IT14/2	-	-	Rz40
11	Торець	15	±IT14/2	-	-	12,5
12	Фаска	1,0×45°	H14	-	-	6,3

Рисунок 1.4 – Корпус

Проаналізувавши точність параметрів корпусу, можна зробити висновок, що вимоги до точності розмірів та шорсткості не завищені. Максимальний квалітет точності 7-ий, а мінімальна шорсткість $Ra = 2,5$ мкм.

1.3 Характеристика матеріалу деталей, заміники

При виготовленні вала та корпусу даного вузла, що розглядаються, у якості матеріалу застосовуються конструкційна сталь 40 та сірий чавун СЧ20 [7].

Сталь 40 має достатньо високі механічні та антифрикційні властивості, корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням. Її відносять до середньовуглецевих сталей, що зазнають обробки поліпшенням (гартування із великим відпусканням). До основного недоліку такого матеріалу відносять невелику прокатовуваність [7, З/ч. 36].

Хімічний склад, властивості матеріалу вала наведено в таблиці 1.3. Також в цій таблиці подано марку, хімічний склад і властивості матеріалу, яким можна замінити базовий матеріал.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад, властивості матеріалу вала, матеріал-замінник

Марка сталі	C,%	Mn,%	Si,%	Cr,% не більше	Механічні властивості				
					$\sigma_{0,2}$, МПа	σ_B , МПа	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²
40	0,37...0,45	0,50...0,80	0,17...0,37	0,25	335	570	19	45	59
45	0,42...0,50	0,50...0,80	0,1...0,37	0,25	355	600	16	40	49

Завдяки високим ливарним властивостям, легкій оброблюваності різанням та відноській дешевизні та недефіцитності, сірий чавун СЧ20 широко використовують у машинобудуванні, у тому числі сільськогосподарському.

Кількісні параметри чавунів оцінюються відповідно до ДСТУ 8833:2019. Порівнянням з еталонними структурами визначають розмір, розподіл та об'ємну частку включень графіту, співвідношення фериту і перліту, дисперсність пластинчастого перліту. Сірий чавун із пластинчастим графітом маркують літерами «СЧ» і числом, що вказує границю міцності при розтягуванні.

Внутрішня будова чавуну залежить не тільки від його хімічного складу, а й від умов плавки і литва. Ці умови теж впливають на механічні властивості чавуну. При зростанні швидкості охолодження включення графіту стають меншими, його кількість також знижується, зростає частка перліту та зменшується

міжпластинчаста відстань у перліті. Всі ці фактори сприяють зростанню міцності, твердості при заданому хімічному складі чавуну. Основні галузі використання сірого чавуну – машинобудування, автомобільна промисловість та сільськогосподарське машинобудування.

Хімічний склад, властивості чавуну СЧ20 і матеріалу-замінника подано в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Хімічний склад, властивості матеріалу корпусу, матеріал-замінник

Чавун	σ_b , МПа	Твердість НВ·10 ⁻¹ , МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ20	196	170-241	3,3-3,5	1,4-2,2	0,7-1,0	0,2	0,15
СЧ18	176	170-241	3,4-3,6	1,5-2,3	0,5-0,7	0,2	0,15

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в муфтах зчеплення у кількості 1500 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.

$$N_{\text{зан}} = (1500 + 0,04 \cdot 1500) \cdot (1 + 0,025) = 1599 \text{ шт.}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей муфти зчеплення не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійне.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталей

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 вжити заходів стосовно поліпшення конструкції [2].

При складанні вузла встановленні його на машину, роботи з підгонки 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.

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

Муфта зчеплення віддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням під час ремонту. Вузол технологічний із точки зору процесу розбирання завдяки простому прикріпленню однієї деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

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

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним. Це призводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не

тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість.

Повні результати аналізу на технологічність вала та корпусу приведені у таблицях 2.1, 2.2.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності вала

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз	Технологічно	-
2	Можливість установки за допомогою простих настановних і затискних елементів	Технологічно	-
3	Відсутність отворів довжиною більше 8...10 \varnothing	Технологічно	-
4	Підрізування внутрішніх торців	Технологічно	-
5	Розточування кільцевих канавок	Технологічно	-
6	Наявність довгих оброблюваних поверхонь	Технологічно	-
7	Наявність кутів відмінних від 45°	Технологічно	-
8	Зменшення номенклатури ріжучого інструмента	Технологічно	Є можливість застосування стандартного інструменту
9	Наявність отворів з різьбою менше М6	Технологічно	Отвори з різьбою відсутні

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
10	Виліт розточувального інструмента менше 250 мм	Технологічно	-
11	Наявність глухих шліцьових отворів	Технологічно	-
12	Вали повинні мати центрувальні отвори для базування при обробці та контролі	Технологічно	-

Отже, за результатами таблиці 2.1, робимо висновок про технологічність вада муфти зчеплення.

Таблиця 2.2 – Аналіз технологічності корпусу

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію, надійне закріплення заготовки	Деталь має зручні технологічні бази: на першій операції механічної обробки - верхня площина, на подальших операціях - нижня площина деталі. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація та надійне закріплення заготовки	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
2	Конструкція деталі повинна дозволити установку та закріплення її простими пристроями	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристроями	-
3	Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можна було обробити на прохід	Деталь має глухі отвори	Необхідні для закріплення деталі, неможливо уникнути
4	В деталях необхідно уникати отворів $L \geq 8 \dots 10 D$	Технологічно	-
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 немає дрібних різьбових отворів	-
7	Небажана наявність глухих шліфованих поверхонь	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
8	Припуски на заготовку повинні бути мінімальні	Технологічно	-
9	В багатоперацийних верстатах з ЧПК не рекомендується обробка кутів відмінних від 45 та 90 градусів	Технологічно	-

Отже, за результатами таблиці 2.2, робимо висновок про технологічність корпусу муфти зчеплення.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно. До нього важко зробити 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. Асортимент продукції постійно змінюється. Основною задачею даної роботи є перехід на дрібносерійний тип виробництва. Це означає, що обов'язково необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. У базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати. Вони мають високу вартість, більшу собівартість налагодження та дуже значну складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливо). Саме тому необхідно замінити всі агрегатні верстати на верстати із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на

підготовку виробництва – дасть значний економічний ефект. Окрім того, при сьогоденній нестабільності в економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

В технологічному процесі виготовлення вала його отримують з прокату. Хоча даний метод дешевий, але подальша механічна обробка вимагає значних витрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому більш доцільним є виготовлення деталі з прокату, але шляхом застосування ротаційно-кувалдної машини. Це дозволить зменшити припуск, що необхідно знімати при механічній обробці, дозволить скоротити час на обробку.

При виготовленні корпусу більш доцільно використовувати прогресивний та комбіновані різальні інструменти – це підвищить точність виготовлення та забезпечить економію часу.

2.3 Маршрути обробки поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та ін. Забезпечуються ці вимоги використаннями різних технологічних методів обробки. Створюючи маршрут обробки поверхонь, необхідно виходити з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.2)$$

Розрахуємо метод обробки поверхні $\varnothing 45_{-0,016}^{+0}$ вала.

Допуск за кресленням $0,016$ мм, допуск заготовки $1,5$ мм.

Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,5}{0,016} = 94$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg 94 / 0,46 \approx 4.$$

Для першого ступеня обробки приведений коефіцієнт уточнення дорівнює $5,8$, другого – $3,9$, третього – $2,6$, четвертого – $1,6$.

Можливі варіанти маршрутів обробки окремих поверхонь вала подані у таблиці 2.3.

Висновок: орієнтуючись на маршрут обробки деталі в цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхонь вала

1	2	3	4	5	6	7	Можливі варіанти обробки поверхонь		10	11	12	13
							№	Переходи МОП				
1	14	1550	6,3	1550	14	1	1	Фрезерування торця	14	50	1	1
							2	Обточування торця	14	50	1	1
2	14	1550	6,3	1550	14	1	1	Фрезерування торця	14	50	1	1
							2	Обточування торця	14	50	1	1
4	8	39	0,8	620	14	15,9	1	Чорнове точіння	11	160	3,9	
								Чистове точіння	9	62	2,6	15,9
								Тонке точіння	8	39	1,6	
							2	Чорнове точіння	11	160	3,9	
								Чистове точіння	9	62	2,6	29,5
								Шліфування	8	39	1,6	
5	8	39	0,8	620	14	15,9	1	Чорнове точіння	11	160	3,9	
								Чистове точіння	9	62	2,6	15,9
								Тонке точіння	8	39	1,6	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
							2	Чорнове точіння	11	160	3,9	
								Чистове точіння	9	62	2,6	29,5
								Шліфування	8	39	1,6	
6	14	16	0,8	620	14	38,75	1	Чорнове точіння	10	110	5,64	
								Чистове точіння	7	26	4,2	38,7
								Шліфування	6	16	1,6	
							2	Чорнове точіння	11	160	3,87	38,67
								Чистове точіння	8	39	4,1	
								Чорнове шліфування	7	26	1,5	
								Чистове шліфування	6	16	1,6	
7	14	260	3,2	620	14	2,4	1	Чорнове точіння	12	260	2,38	2,38
							2	Чорнове точіння	12	260	2,38	2,38
8	9	43	5,2	430	14	10	1	Фрезерування паза	12	43	1	10
							2	Фрезерування паза	12	43	1	
9	6	16	0,8	620	14	38,7	1	Чорнове точіння	10	110	5,64	
								Чистове точіння	7	26	4,2	38,7
								Шліфування	6	16	1,6	
							2	Чорнове точіння	11	160	3,87	38,67
								Чистове точіння	8	39	4,1	
								Чорнове шліфування	7	26	1,5	
								Чистове шліфування	6	16	1,6	
10	6	16	0,8	620	14	38,7	1	Чорнове точіння	10	110	5,64	
								Чистове точіння	7	26	4,2	38,7
								Шліфування	6	16	1,6	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
								Чорнове точіння	11	160	3,87	3,87
							2	Чистове точіння	8	39	4,1	
								Чорнове шліфування	7	26	1,5	
								Чистове шліфування	6	16	1,6	
11	11	16	3,2	6,20	14	3,87	1	Чорнове точіння	11	160	3,87	3,87
							2	Чорнове точіння	11	160	3,87	3,87

2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Застосовується два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39]. В кваліфікаційній роботі визначимо припуск на обробку циліндричної поверхні вала $\varnothing 45^{+0,016}$ мм розрахунково-аналітичним методом (таблиця 2.4).

Розрахунковий припуск при обробці циліндричної поверхні – це різниця між найменшими граничними розмірами на суміщених технологічних переходах.

$$2Z_{i \min} = D_{i \min} - D_{(i-1) \min}, \quad (2.3)$$

де $2Z_{i \min}$ – мінімальний припуск за діаметром;

$D_{i \min}$ – мінімальний розмір на попередньому переході;

$D_{(i-1) \min}$ – мінімальний розмір на переході, що виконується.

Мінімальний припуск для поверхонь обертання.

$$2Z_{i \min} = 2D \left(R_{z i \min} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{yi}} \right), \quad (2.4)$$

де $R_{z\ i\ min}$ – висота мікронерівностей;

Z_{i-} – глибина дефектного шару;

ρ_{i-} – сумарне значення просторових відхилень;

ε_{yi} – похибка встановлення на переході, що виконується.

Вірність розрахунків здійснюємо за формулою:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = Td_{заг} - Td_{дем}, \quad (2.5)$$

де $Td_{заг}$, $Td_{дем}$ – допуски заготовки і деталі відповідно.

Таблиця 2.4 Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 45^{+0,016}$ мм

Технологічні переходи	Величини				Розрах. прип. $2Z_{\min}$ мкм	d_{\min} , мм	Допуск, мкм	D_{\min} , мм	D_{\max} , мм	$2Z_{\min}$, мм	$2Z_{\max}$, мм
	Z_{\min} , мкм	R_z	T	ρ							
Заготовка	200	200	63	0		46,251	720	47,755	48,473		
Точіння чорнове	50	50	32	5	2561	45,392	180	45,392	45,572	2,561	3,081
Точіння чистове	30	30	5	15	313,7	45,178	80	45,178	45,258	0,314	0,394
Шліфування чорнове	10	20	1	6	129	45,049	25	45,049	45,074	0,129	0,209
Шліфування чистове	5	15	-	6	65	44,984	15	44,984	45,000	0,065	0,09
Всього										2,969	3,674

Отже,

$$3674 - 2969 = 720 - 15;$$

$$705 = 705.$$

Умова виконується.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На рисунку 3.1 наведено конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час механічної обробки вала муфти зчеплення [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування містить: 1 – пневмоциліндр; 2 – плита; 3 – стійка права; 4 – стійка ліва; 5 – стійка центральна; 6 – призма притискна; 7 – призма ліва; 8 – призма права; 9 – упор; 10, 11 – гвинт; 12 – шпонка; 13 – штифт.

На опорній плиті розміщені дві стійки, на яких розташовуються призми. За допомогою шпонок здійснюється надійне базування пристосування на столі верстата із ЧПК. Деталь розміщують у пристосуванні на призмах, а правим торцем вона підтискається до упора, за допомогою чого і здійснюється налагодження на потрібний розмір. Фіксують деталь у призмах за допомогою притискних планок, які при встановленій деталі піджимаються за допомогою пневмоциліндра.

Розроблене затискне пристосування є універсальним для дрібносерійного виробництва. На ньому можна закріпити та вести обробку заготовок, що мають циліндричний профіль поверхні в широкому діапазоні діаметрів (до 80 мм); в призмах з $\alpha = 90^\circ$ та їх переустановленням ($\alpha = 120^\circ$). Маючи додаткові комплекти призм можна вести обробку заготовок з різними профілями поверхні, що й відбувається у дрібносерійному виробництві. Призми легко переустановлюються. Це знижує витрати часу на підготовку пристосування для використання.

3.2 Визначення зусилля затиску та сили різання

Для розрахунку затискного пристосування використаємо положення, наведені у джерелах [14, 41]. Заготовка закріплюється в призмах для фрезерування шпонкового пазу на поверхні $\varnothing 42$ мм на глибину 5 мм. Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску W (рисунок 3.2).

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема

Сила P_z намагається зігнути заготовку. Складемо рівняння рівноваги у вигляді ΣF_{iy} (всіх силами, що діють у площині Y ми нехтуємо, оскільки з правого боку знаходиться упор):

$$W = (P_z \cdot \sin \gamma + P_y \cdot \cos \gamma) \cdot K, \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнти запасу:

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

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу;

K_1 – коефіцієнт, який враховує стан поверхні деталі;

K_2 – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

K_3 – коефіцієнт, який враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

K_4 – коефіцієнт, який враховує постійність сил затискання;

K_5 – коефіцієнт, який враховує ергономіку затискних пристосувань.

Тоді К дорівнює:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,6 = 4,84.$$

Сила різання при фрезеруванні дорівнює [9, 11, 15]:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S_z \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K, \quad (3.3)$$

де C_p – коефіцієнт різання;

t – глибина різання, мм;

S_z – подача, мм/зуб;

B – ширина фрезерування, мм;

z – кількість зубців фрези;

D – діаметр фрези, мм;

n – частота обертання;

K – коефіцієнт поправки;

x, y, n, q, w – показники ступеня за довідником.

Отже,

$$P_z = \frac{261 \cdot 5,0^{0,9} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 12^{1,1} \cdot 16}{100^{0,4} \cdot 635^{0,2}} \cdot 1,1 = 82,75 \text{ (Н)}.$$

Момент при фрезеруванні дорівнює [9, 11, 15]:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100}, \quad (3.4)$$

$$M_{кр} = \frac{82,75 \cdot 100}{2 \cdot 100} = 41,4 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

Але поряд з P_z ще діє P_y , співвідношення між якими:

$$\frac{P_y}{P_z} = 0,4. \quad (3.5)$$

Тоді,

$$P_y = 82,75 \cdot 0,4 = 33,1 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення за формулою (3.1):

$$W = (82,75 \cdot \sin 15^\circ + 33,1 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 4,84 = 258,4 \text{ (Н)}.$$

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

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.6)$$

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

З урахуванням цього маємо, що зусилля $Q = W = 258,4 \text{ (Н)}$.

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра за формулою:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta, \quad (3.7)$$

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока, 10 мм;

η – ККД пневмоциліндра, 0,9;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндрі, 0,5 МПа.

З виразу (3.6) маємо

$$D = \sqrt{\frac{2Q}{\pi \cdot p \cdot \eta} + d^2}, \quad (3.8)$$

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 258,4}{\pi \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9} + (10 \cdot 10^{-3})^2} = 0,03 \text{ (м)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр, що дорівнює 32 мм.

3.3 Розрахунок на міцність

На наш погляд, слабкою ланкою є різьба М8 на штоці пневматичного циліндра затискного пристосування, що зазнає зусилля 258,4 Н. Перевірку проводимо за допустимим напруженням.

Допустиме максимальне напруження визначимо за формулою:

$$[\tau] = 0,2 \cdot \sigma_T, \quad (3.9)$$

де σ_T – межа текучості, для сталі 45 становить 340 МПа;

$$[\tau] = 0,2 \cdot 340 = 68 \text{ (МПа)}$$

Визначимо діюче напруження у різьбі:

$$\tau = \frac{Q}{\pi \cdot D_{\min} \cdot K \cdot h \cdot 10^{-6}}; \quad (3.10)$$

де D_{\min} – мінімальний діаметр, для M8×1,5 – 6,65 мм;

K – коефіцієнт для трикутної різьби, 0,8;

h – висота гайки, 4 мм.

Отже, маємо

$$\tau = \frac{258,4}{\pi \cdot 6,65 \cdot 0,8 \cdot 4 \cdot 10^{-6}} = 3,9 \text{ (МПа)}.$$

Як ми бачимо, діюче напруження у різьбі не перевищує допустимої величини. Отже можна зробити висновок, що шпек має достатню міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Проведемо порівняння двох методів одержання заготовок вала муфти зчеплення за [8, 31-49] – вільне кування та виготовлення з прокату. Точність розмірів при вільному куванні досить висока, шорсткість поверхні близько 6,3 мкм, коефіцієнт використання матеріалу – 0,8...0,9.

Точність розмірів при обробці різанням 10...12 квалітет, шорсткість поверхні – 6,3-3,2 мкм, коефіцієнт використання металу залежить від конфігурації заготовки і в даному випадку складає 0,4...0,5.

При отриманні деталі куванням маса заготовки буде становити:

$$m_{заг} = m_{дет} / k_i, \quad (4.1)$$

де $m_{дет}$ – маса деталі;

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$m_{заг.кув} = 5,13 / 0,85 = 6,0 \text{ (кг)}.$$

При виготовленні вала з прокату:

$$m_{заг.відц} = 5,13 / 0,45 = 11,4 \text{ (кг)}.$$

Вартість заготовки, отриманої куванням визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot m_{заг} \cdot K_T \cdot K_B \cdot K_M \cdot K_P \right) - (m_{заг} - m_{дет}) \cdot \frac{S_{відц}}{1000} \quad (4.2)$$

де C_i – базова вартість тонни заготовок, 13500 [1].

$m_{заг}$ – маса заготовки, 6,0 кг;

K_T – коефіцієнт точності, 1,2;

K_B – коефіцієнт матеріалу, 1,2;

K_M – коефіцієнт маси, 1,0;

K_{II} – коефіцієнт програми, 1,15.

$m_{дет}$ – маса деталі, 5,13 кг;

$S_{відх}$ – вартість стружки, 1053 грн. [1];

$$S_{заг} = \left(\frac{13500}{1000} \cdot 6 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,15 \right) - (6,0 - 5,13) \frac{1053}{1000} = 133,2 \text{ (грн.)}$$

Вартість заготовки, отриманої з прокату визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot m_{заг} \right) - (m_{заг} - m_{дет}) \frac{S_{відх}}{1000}; \quad (4.3)$$

$$S_{заг} = \left(\frac{13500}{1000} \cdot 11,4 \right) - (11,4 - 5,13) \frac{1053}{1000} = 147,3 \text{ (грн.)}$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах дрібносерійного виробництва доцільніше використовувати кування.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (147,3 - 133,2) \cdot 1500 = 21150 \text{ грн.}$$

Отже, для виготовлення заготовки вала муфти зчеплення обираємо кування замість прокату.

4.2 Розрахунок штучного освітлення

Штучне освітлення призначається для освітлення робочих поверхонь в темний час доби, або при недостатньому їх освітленні [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

На виробництві для освітлення використовуються лампи типу ДРЛ 1000 Вт, віддаленість світильників від контрольної точки становить 4,0 метри. Проведемо розрахунок освітленості.

1) розрахуємо висоту підвіски світильника

$$h = H - h_p - h_c \quad (4.4)$$

де H – висота від стелі до підлоги, 9,6 м.

h_p – висота стійки, 1 м

h_c – висота світильника, 0,5 м.

Підставивши числові значення в (4.4), отримаємо:

$$h = 9,6 - 1,1 - 0,5 = 8,0 \text{ (м)};$$

2) умовна освітленість, створювана одним із світильників у контрольній точці знаходиться за монограмою і залежить від висоти підвішування та відстані до точки ($e = 2,1$);

3) освітлюваність у точці, створювана всіма світильниками:

$$E = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n (e_i \cdot \psi_i)}{1000 \cdot k} \quad (4.5)$$

де k – коефіцієнт запасу, $k=1,5$;

μ, ψ – коефіцієнти, що дорівнюють 1;

Φ – світловий потік.

$$E = \frac{50000 \cdot 1,0 \cdot 2,1 \cdot 1 \cdot 4}{1000 \cdot 1,5} = 280 \text{ (лк)}.$$

Отже, можна сказати, що освітленість приміщення майже відповідає нормам і є прийнятною.

4.3 Заходи з охорони навколишнього середовища

Для зменшення та запобігання негативного впливу об'єкта машинобудівної галузі на навколишнє середовище складають перелік заходів щодо раціонального використання природних ресурсів. Сюди відносять наступні етапи: визначення концентрації забруднюючих речовин; пропозиції щодо зменшення гранично допустимих викидів; обґрунтування заходів з очищення стічних вод та запобігання аварійного викиду відходів до каналізації; вибір обладнання очищення промислових стічних вод; аналіз заходів із знезараження, транспортування, розміщення та утилізації небезпечних відходів промисловості; розроблення заходів із охорони навколишнього середовища під час складування небезпечних відходів виробництва; впровадження заходів щодо охорони повітряного басейну; пропозиції стосовно раціонального використання землі; заходи зменшення викидів пилу та газу до атмосфери із використанням відповідного обладнання; розроблення заходів акустичної безпеки; заходи з відновлення забруднених земельних ресурсів; заходи мінімізації ризиків виникнення аварійних ситуацій внаслідок впровадження машинобудівного об'єкта на місцеву екологічну систему; технічні рішення з раціонального використання водних об'єктів; програми екологічних моніторингів; розроблення профілактичних заходів зменшення ризиків техногенних аварій та усунення наслідків аварійних ситуацій; прогнозування змін екологічної ситуації внаслідок експлуатації об'єкта машинобудування; розрахунок коштів на реалізацію заходів стосовно охорони

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення вузла муфти зчеплення, що застосовується у складі пневматичного компресора зернового сховища. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності двох деталей муфти, а саме вала і корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал деталей вузла, надано рекомендації стосовно їх аналогів. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталі. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення вала, корпусу муфти зчеплення. Розроблено маршрут обробки поверхонь деталі. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні валу $\varnothing 45h6$ мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію пневматичного пристосування для закріплення вала під час механічної обробки фрезеруванням шпонкового паза. Визначено зусилля затиску, а також розраховано на міцність слабку ланку.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки вала муфти зчеплення. Річний економічний ефект для програми випуску 1500 шт. склав 21150 грн. Розраховано штучне освітлення під час виготовлення вузла. Висвітлено заходи, спрямовані на забезпечення охорони довкілля.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення муфти зчеплення, робочі креслення вала і корпусу, креслення заготовки вала, а також складальне креслення затискного пристосування.