

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Редуктор вантажопідйомної лебідки овочевого сховища»

КРБ.133ГМбд_21[1].06.00.00.000 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]
КОРОЛЬ Ростислав

Керівник: докт. техн. наук, доцент
ВЕТОХІН Володимир

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Як відомо, лебідка – технічне пристосування, за допомогою якого здійснюється переміщення та піднімання вантажів, зокрема продукції сільськогосподарського виробництва. Лебідка суттєво спрощує роботи, що виконуються, допомагає здійснити завдання у заявлені терміни [5-7, 13].

За конструкцією лебідки поділяють на ручні та електричні. Останні, у порівнянні з ручними, є набагато зручнішими. Це пов'язано з продуктивністю та швидкістю роботи, тому що електричні лебідки працюють самостійно, без допомоги працівника. За конструкцією вони нескладні: рама; двигун; гальмо; редуктор; барабан.

В конструкціях приводів лебідок застосовуються як циліндричні, так і черв'ячні редуктори. Перші є найбільш поширеним варіантом конструювання. У циліндричному редукторі наявні зубчасті передачі у вигляді циліндрів. Вали в таких редукторах розташовуються паралельно. Саме циліндричний редуктор і винесено на розгляд у кваліфікаційній роботі. Така конструкція є довговічною. Вона має широкий діапазон передачі обертових моментів. Легкість конструювання, ремонту та обслуговування також на її боці.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення попиту ринку. **Об'єктом** розробки є редуктор вантажопідіймної лебідки овочевого сховища, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу та корпусу редуктора.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційні матеріали, що застосовуються для виготовлення деталей, а також визначити тип виробництва на підставі річної 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, здійснити інженерний розрахунок штучного освітлення, запропонувати заходи із охорони довкілля;

- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Вузол, що обрано для виконання кваліфікаційної роботи бакалавра представляє собою редуктор вантажопідйомної лебідки овочевого сховища. Редуктор (рисунок 1.1) циліндричний із прямозубими зубчастими колесами 4-ох ступінчастої дії із гасаритними розмірами $1137 \times 586 \times 533,5$ та масою 354 кг. Редуктор має привід від ланцюгової передачі. Для зміни передатного відношення може здійснюватися підключення через другий вал.

Рисунок 1.1 – Редуктор вантажопідйомної лебідки овочевого сховища

Характеристика вантажопідйомної лебідки наведена в таблиці 1.1.

Деталлями, що виносяться на розгляд у роботі, є корпус редуктора та вхідний вал. Габаритні розміри корпусу – $1137 \times 290 \times 350$, маса 114 кг. Габаритні розміри вала – 337×56 , маса 2,6 кг.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика лебідки вантажопідйомної

№ з.п.	Параметр	Значення
1	Тягове зусилля, кН	20
2	Діаметр канату, мм	13,5
3	Діаметр барабану, мм	250
4	Канатоємність, м	250
5	Розрахункова швидкість навивки канату, на першому шарі, м/с	0,35
6	Потужність електричного двигуна, кВт	7,5
7	Частота обертання електричного двигуна, об/хв	1000
8	Редуктор	Циліндричний 4-ох ступінчастої дії
9	Гальмо	ГРГ 200
10	Габаритні розміри, L×B×H, мм	1470×1140×675
11	Маса (без канатів), кг	585

Корпус редуктора складається звичайно з власне корпусу і кришки, що відливається з чавуну. Форми і співвідношення розмірів окремих типових елементів цього корпусу є досить визначеними. Ці елементи зручно розглянути на прикладах корпусів циліндричних редукторів (рисунк 1.2). Корпуси інших редукторів складаються в основному з таких же чи близьких до них за формою елементів.

Основними елементами корпусу редуктора є його стінки, опорна підшва чи лапи, фланець корпусу, що прилягає до фланця кришки, і гнізда для підшипників. Ці гнізда часто підкріплюють ребрами, що створюють додаткові з'єднання між гніздами, стінкою корпусу і його підшвою, підвищують загальну твердість конструкції і зміцнюють перехід від стінки до підшви. Таке зміцнення необхідне, тому що в районі цього переходу нерідко утворюються тріщини.

Особливо важливі ребра в підшипниках тихохідного вала, що навантажені сильніше інших. У нижній частині корпусу мається бобишка із різьбою для маслозливної пробки. Щоб забруднене мастило зливалася цілком, дну корпусу варто додати ухил.

Рисунок 1.2 – Основні конструктивні елементи корпусів редукторів

Кришка за конструкцією аналогічна корпусу. У кришці звичайно передбачають люк, розміри якого достатні для огляду передач. Люк закривають плоскою кришкою, що кріпиться болтами.

Для підйому і транспортування корпусних деталей і редуктора в зборі його кришку постачають вушками, а корпус гаками. Замість вушок можуть бути встановлені рим-болти, однак така конструкція складніше і тепер застосовується рідко. Гаки на корпусі необхідні у великих редуктерах. Невеликі серійні редуктори виготовляють без них. У фланці корпусу редуктора корисно

передбачити різбовий отвір, щоб при розбиранні закрутити болт і віджати кричку від корпусу.

У корпусних деталях можуть бути також передбачені припливи різного призначення, зв'язані зі змащенням редуктора.

1.2 Характеристика матеріалу деталей, замітники

При виготовленні деталей даного вузла, що розглядаються, у якості матеріалів застосовується сталь 45 ДСТУ 7809:2015 (вал вхідний) та корпус редуктора СЧ20 ДСТУ 8833:2019 [7, 34, 36].

Сталь 45 (таблиця 1.2) має достатньо високі механічні та антифрикційні властивості, низьку корозійну стійкість, добру оброблюваність різанням. Достатньо висока міцність ударна стійкість, стійкість при знакозмінному навантаженні, добра оброблюваність різанням та відносно невисока вартість роблять їх незамінною при виготовленні валів, зубчастих коліс, втулок, осей та інших деталей. Матеріал даного валу відноситься до вуглецевих конструкційних сталей. Вміст вуглецю складає 0,45 %.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад, властивості матеріалу вала, матеріал-замітник

Матеріал	σ_b , МПа	Твердість $HV \times 10^{-1}$, МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
45	650	170...179	0,4...0,5	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,04
40X	620	163...168	0,36...0,44	0,17...0,37	0,5...0,8	0,035	0,035

Як видно із таблиці, можливе використання і сталі 45, і сталі 40X. Але в першу чергу, при приблизно однакових механічних властивостях, потрібно враховувати економічну доцільність вибору матеріалу для виготовлення деталі. Також нами

невідомі умови роботи деталі у вузлі, а тому залишаємо марку матеріалу, що призначено конструктором, тобто Сталь 45.

Для деталей корпусу редуктора та кришка матеріал виготовлення сірий чавун СЧ20 (таблиця 1.3). Цей матеріал найкраще підходить для виготовлення відливок, має добру рідкоплинність, малу ліквідацію, а також відносно добре піддається механічній обробці.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад, властивості матеріалу корпусу редуктора, матеріал-замінник

Матеріал	σ_t , МПа	Твердість $HV \times 10^{-1}$, МПа	Масова частка хімічних елементів, %				
			C	Si	Mn	Не більше	
						P	S
СЧ20	140	250	3,3...3,5	1,4...2,4	0,7...1,0	0,2	0,15
СЧ15	150	240	3,5...3,7	2,0...2,4	0,5...0,8	0,15	0,2

1.3 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталей [17, 22, 47, 48] заповнюємо таблиці 1.4-1.5. У ній наведені дані про точність виготовлення та вимоги до точності форм поверхонь та їх відносного положення для вала та корпусу (рисунки 1.4, 1.5).

Вал має циліндричну форму і згідно прийнятою класифікацією відноситься до класу «ступінчаті циліндричні вали». Вал має перепад діаметрів ступіней – від 25 мм до 56 мм. На деяких зовнішніх циліндричних поверхнях виконується різьба та робиться проточка. Декілька із ступіней мають високу точність та чистоту. Для базування на поверхні вала інших деталей вал має дві шпонкові канавки.

За результатами проведення аналізу точності вала заповнюємо таблицю 1.4.

Таблиця 1.4 - Відомості щодо параметрів точності вала

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорстк. R_a , мкм
				форми	розташ.	
1	2	3	4	5	6	7
1, 2	Торець	337	IT14/2	-	-	12,5
3	Циліндрична	$\varnothing 25^{+0,015}_{+0,002}$	k6	-	\uparrow 0,02	0,8
4	Циліндрична	$\varnothing 31$	h14	-	-	12,5
5	Різьба	M33	6g	-	-	3,2
6	Різьба	Tr44×1H	-	-	-	3,2
7	Циліндрична	$\varnothing 46^{-0,05}_{-0,112}$	f9	-	-	1,6
8	Паз шпонковий	$14^{-0,043} \times 36 \times 5^{+0,2}$	H12	-	-	1,6
9	Циліндрична	$\varnothing 56$	h14	-	-	6,3
10	Циліндрична	$\varnothing 45$	h14	-	-	6,3
11	Циліндрична	$\varnothing 35^{+0,018}_{+0,002}$	k6	-	\uparrow 0,02	0,02
12	Циліндрична	$\varnothing 35$	f9	-	-	1,6
13	Циліндрична	$\varnothing 30^{+0,052}$	h9	-	-	0,8
14	Паз шпонковий	$8 \times 28 \times 3,3^{+0,2}$	H12	-	-	1,6
15	Проточка	$\varnothing 28$	h14	-	-	12,5
16	Проточка	$\varnothing 33$	h14	-	-	12,5
17	Торець	$233^{-0,05}$	IT14/2	-	-	3,2
18	Торець	35	IT14/2	-	-	12,5
19	Торець	112	IT14/2	-	-	12,5
20	Торець	50	IT14/2	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
21	Торець	94	IT14/2	-	-	12,5
22	Торець	91	IT14/2	-	-	12,5
23	Торець	88	IT14/2	-	-	6,3
24	Торець	30	IT14/2	-	-	6,3
25, 26	Отвір центровий	B6,3		-	-	3,2

Рисунок 1.3 – Вал

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок – шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір має поверхня 2 – Ø25k6. Найнижча шорсткість $R_a = 0,8 \text{ мкм}$

До таблиці 1.5 заносимо дані щодо точності виготовлення корпусу.

Таблиця 1.5 – Відомості щодо параметрів точності корпусу

№ пов.	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність		Шорстк., R _a , мкм
				форми	розташ.	
1	Отвір	∅52 ^{+0,03}	H7	0,015	0,015	1,6
2	Отвір	∅72 ^{+0,03}	H7	0,015	0,015	1,6
3	Отвір	∅90 ^{+0,035}	H7	0,017	0,017	1,6
4	Отвір	∅140 ^{+0,04}	H7	0,02	0,02	1,6
5	Отвір	∅240 ^{+0,04}	H7	0,023	0,023	1,6
6	Отвір	∅17	H14	-	0,4	12,5
7	Отвір	∅65	H14	-	-	12,5
8	Отвір	∅33	H14	-	-	12,5
9	Різь	M16	H	-	-	3,2
10	Площина	-	IT14/2	-	-	12,5
11	Площина	-	IT14/2	-	-	0,8
12	Площина	-	IT14/2	-	-	3,2

Деталь „корпус редуктора” відноситься до класу корпусних деталей. Найточніший розмір має поверхня ∅62H7^{+0,03}. Найнижча шорсткість R_a = 0,8 мкм.

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало потребу ринку в редукторах 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;

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

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

Рисунок 1.4 – Корпус

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

Максимальна маса оброблюваних заготовок деталей редуктора не перевищує 200 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний.

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталей

Конструкція машини, вузла, деталі є технологічною тоді, коли вона відповідає усім технічним та експлуатаційним вимогам, коли на неї витрачається мінімальна кількість суспільної праці [2]. В автоматизованому виробництві вимоги до технологічності базуються на таких самих вимогах, що і вимоги до виготовлення на універсальному обладнанні. При використанні верстатів з ЧПК конструктор може створити деталі зі складною поверхнею. Це має значення для міцності, а багатоінструментальна обробка та велика концентрація переходів вимагають більш точних базових поверхонь, а також досяжності інструменту до всіх поверхонь.

Повні результати аналізу на технологічність вала та корпусу приведені у таблицях 2.1 та 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 баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	Обробка зовнішньої поверхні – в центрах, газових канавок – в лещатах.

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Ні, технологічно	Деталь не має таких отворів
4	Наявність отворів глибиною більше $8d$?	Ні, технологічно	Деталь не має отворів глибиною більше $8d$
5	Чи можлива багатошпиндельна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	–
6	Чи є скоси або пази під кутами, відмінними від 45° ?	Ні, технологічно	–
7	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	–
8	Чи є в конструкції деталі різьби, менші M6?	Ні, технологічно	–
9	Чи від однієї бази проставлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів за методами обробки
10	Чи є великі перепади ступінчастих валів?	Так, нетехнологічно	–

Розглянувши таблицю 2.1, можна зробити висновки, що в цілому вал за більшістю показників є технологічною деталлю для умов автоматизованого виробництва.

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 баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки	Так, технологічно	При обробці поверхні роз'єму – закріплення в пристосуванні
2	Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь достатньо жорстка
3	Наявність глухих отворів	Так, нетехнологічно	Деталь має глухі отвори
4	Наявність отворів глибиною більше 8d?	Так, нетехнологічно	Деталь має отвори глибиною більше 8d
5	Чи можлива багатошпindelьна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно	–

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
6	Чи є скоси або нахили під кутами, відмінним від 45°?	Так, нетехнологічно	–
7	Чи наявні отвори, не перпендикулярні поверхні?	Ні, технологічно	–
8	Чи є в конструкції деталі різьби, менші М6?	Ні, технологічно	–
9	Чи від однієї бази представлені розміри?	Ні, нетехнологічно	Необхідний перерахунок розмірів за методом обробки

Розглянувши таблицю 2.2, можна зробити висновки, що в цілому корпус за більшістю показників не є технологічною деталлю для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу помічено, що він розроблений достатньо грамотно і до нього важко висунути якісь особливі зауваження чи доповнення. Але достатньо суттєвий недолік полягає в тому, що базовий технологічний процес розроблено під обладнання, що вже наявне на підприємстві, а це значить, що можливо значно поліпшити його, підібравши більш ефективні верстати. Також у базовому технологічному процесі досить широко

використовується допоміжна людська праця, що на даному етапі розвитку машинобудування недоречно.

В базовому технологічному процесі використовується багато універсальних верстатів і небагато верстатів з ЧПК, що потребує більш висококваліфікованих кадрів, більше часу на налагодження верстата, дає меншу точність обробки. Тому при проектуванні нового технологічного процесу вважаємо за доцільне замінити більшу частину універсальних верстатів на верстати з ЧПК, а, також, частину уже задіяних верстатів з ЧПК на більш ефективні при виготовленні деталей редуктора. З одного боку верстати з ЧПК дещо дорожчі, але вони потребують меншої кількості робітників-верстатників до того ж один верстат з ЧПК може виконувати функції декількох універсальних верстатів.

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:

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

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 $\varepsilon < \varepsilon_f$; для проміжних ступенів напівчистої обробки $\varepsilon = 3...4$; для ступенів чистої обробки $\varepsilon = 1,5...2$.

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

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

Варіант маршруту вважається оптимальним, коли $\varepsilon_{заг} = \varepsilon_f$. Якщо $\varepsilon_{заг} < \varepsilon_f$, то у маршруті є зайві переходи, якщо $\varepsilon_{заг} > \varepsilon_f$, то у маршруті переходів недостатньо.

При розробці маршрутів обробки поверхонь використано довідникову літературу [48].

Можливі варіанти обробки поверхонь вала приведені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки поверхонь вала

Позначення поверхні	Квалітет точності за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість R_a , мкм	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі варіанти обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск	Проміжні ступені уточнення	Загальне уточнення
							№ марш.	Переходи МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	14	1150	6,3	1150	14	1	1	Фрезерування торця	14	1150	1	1
							2	Обточування торця	14	1150	1	1

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	14	1150	6,3	1150	14	1	1	Фрезерування торця	14	1150	1	1
							2	Обточування торця	14	1150	1	1
25	12	120	3,2	300	14	2,5	1	Свердлення центр. отвору	12	120	2,5	2,5
							2	Свердлення центр. отвору	12	120	2,5	2,5
26	12	120	3,2	300	14	2,5	1	Свердлення центр. отвору	12	120	2,5	2,5
							2	Свердлення центр. отвору	12	120	2,5	2,5
3	6	13	0,8	520	14	30	1	Чорнове точіння	12	160	3,9	29,5
								Чистове точіння	9	52	3,1	
								Гонке точіння	7	21	2,9	
								Шліфування	6	13	2,5	
							2	Чорнове точіння	12	160	3,9	29,5
								Чистове точіння	9	52	3,1	
								Шліфування чорн.	7	13	2,9	
								Шліфування чист.	6	21	2,5	
7	9	13	1,6	520	14	40	1	Чорнове точіння	11	84	6,2	39,7
								Чистове точіння	9	21	4,0	
							2	Чорнове точіння	11	84	6,2	
								Шліфування	9	21	4,0	
11	6	13	0,8	520	14	40	1	Чорнове точіння	10	84	6,2	39,7
								Чистове точіння	7	21	4,0	
								Шліфування	6	13	1,6	
							2	Чорнове точіння	11	130	4,0	40,9

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
								Чистове точіння	8	33	4,0	
								Чорнове шліфування	7	21	1,6	
								Чистове шліфування	6	13	1,6	
9	8	33	1,6	520	14	16	1	Чорнове точіння	10	84	6,2	15,5
								Чистове точіння	8	33	2,5	
							2	Чорнове точіння	10	84	6,2	15,5
								Чистове точіння	8	33	2,5	
8	14	300	12,5	300	14	1	1	Фрезерування паза	14	14	1	1
								Фрезерування паза	14	14	1	1
14	14	300	12,5	300	14	1	1	Фрезерування паза	14	14	1	1
							2	Фрезерування паза	14	14	1	1
13	9	13	0,8	520	14	40	1	Чорнове точіння	12	84	6,2	39,7
								Чистове точіння	10	21	4,0	
								Шліфування	9	13	1,6	
							2	Чорнове точіння	11	130	4,0	40,9
								Чистове точіння	9	33	4,0	
12	12	210	1,6	620	14	3,9	1	Точіння	12	250	2,5	3,9
								Шліфування	11	160	1,6	
							2	Точіння	12	250	2,5	3,9
								Шліфування	11	160	1,6	
15	14	520	6,3	520	14	1	1	Точіння	14	520	1	1
							2	Точіння	14	520	1	1
16	14	520	6,3	520	14	1	1	Точіння	14	520	1	1
							2	Точіння	14	520	1	1

2.4 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

В машинобудуванні застосовується два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [39]. В кваліфікаційній роботі визначимо припуск на обробку отвору корпусу $\varnothing 72H7(+0,03)$ мм розрахунково-аналітичним методом (рисунок 2.1, таблиця 2.4), а припуски на інші поверхні – за відповідниковими таблицями. При обчисленнях використана методика [37-39].

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на обробку отвору $\varnothing 72H7(+0,03)$

Зробимо перевірку розрахунків:

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = \delta_{PЗ} - \delta_{PД}$$

$$2Z_{\max} - 2Z_{\min} = 3,587 - 2,417 = 1,170;$$

$$\delta_{PЗ} - \delta_{PД} = 1,200 - 0,030 = 1,170;$$

1,170=1,170 (мм).

Припуски розраховані вірно.

Припуски, що вибрані за довідниковою літературою для вала представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків при обробці отвору $\varnothing 72H7(+0,03)$

Технологічний перехід	Елемент припуск, мкм				Розр. припуск $2Z_{min}$ мкм	Розр. розмір, D_p мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	R_z	T	ρ	ε				D_{min}	D_{max}	$2Z_{min}$	$2Z_{max}$
Литво	200	200	640	0		69,613	1200	68,413	69,613		
Розточування чернове	50	50	22	0	2080	71,693	190	71,503	71,693	2,080	3,090
Розточування чистове	20	20	6,3	0	244	71,937	46	71,891	71,937	0,244	0,388
Розточування тонке	6	6	0	0	93	72,030	30	72,000	72,030	0,093	0,105
								Σ		2,417	3,587

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски на поверхні вала, що механічно оброблюються

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
1, 2	Горці, l=337	Фрезерування	5	IT14/2	500
25, 26	Центрові отвори	Свердлення	4	d10	100
3	Циліндрична Ø25	Чорнове точіння			
		Чистове точіння	2,0	11	1000
		Чорнове шліфування	0,5	9	60
		Чистове шліфування	0,05	8	20
		Чистове шліфування	0,025	6	10
4	Циліндрична Ø31	Чорнове точіння	2,0	11	1000
		Чистове точіння	0,5	9	60
5	Різьба метрична M33	Чорнове точіння	3,5	10	1000
		Чистове точіння	1,0	9	60
		Нарізання різьби	1,5	8	20
6	Різьба трапеціє-подібна Tr44x4LN	Чорнове точіння	3,5	10	1000
		Чистове точіння	1,0	9	60
		Нарізання різьби	1,5	8	20
7	Циліндрична Ø46	Чорнове точіння			
		Чистове точіння	2,0	12	1000
		Чорнове шліфування	0,5	11	60
		Чистове шліфування	0,05	10	20
		Чистове шліфування	0,025	9	10

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
8	Паз шпонковий	Фрезерування	2,5	14	60
9	Циліндрична Ø56	Чорнове точіння	2,0	11	1000
		Чистове точіння	0,5	9	60
10	Циліндрична Ø45	Чорнове точіння	2,0	11	1000
		Чистове точіння	0,5	9	60
11	Циліндрична Ø35	Чорнове точіння	2,0	11	1000
		Чистове точіння	0,5	9	60
		Чорнове шліфування	0,05	8	20
		Чистове шліфування	0,025	6	10
		Чорнове точіння	2,0	12	1000
12	Циліндрична Ø35	Чистове точіння	0,5	11	60
		Чорнове шліфування	0,05	10	20
		Чистове шліфування	0,025	9	10
		Чорнове точіння	2,0	12	1000
		Чистове точіння	0,5	11	60
13	Циліндрична Ø30	Чорнове шліфування	0,05	10	20
		Чистове шліфування	0,025	9	10
		Чорнове точіння	2,0	12	1000
		Чистове точіння	0,5	11	60
		Чорнове шліфування	0,05	10	20
14	Паз шпонковий	Фрезерування	2,5	14	500
15	Проточка Ø28	Точіння	1,5	12	600

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
16	Проточка Ø33	Точіння	1,5	12	600
17	Торець l=233	Точіння торця	1,0	12	500
18	Торець l=35	Точіння торця	1,0	12	500
19	Торець l=112	Точіння торця	1,0	12	500
20	Торець l=56	Точіння торця	1,0	12	500
21	Торець l=94	Точіння торця	1,0	12	500
22	Торець l=91	Точіння торця	1,0	12	500
23	Торець l=88	Точіння торця	1,0	12	500
24	Торець l=30	Точіння торця	1,0	12	500

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції оснащення

Пристосування призначене для закріплення оброблюваної деталі, вала вхідного редуктора, при фрезеруванні його шпонкових пазів на багатоцільовому свердлильно-фрезерно-розточувальному верстаті із ЧПК моделі ОП2М04А (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Верстатне оснащення для обробки вала

Оснащення складається з: 1 – плита; 2, 3 – призма; 4, 5 – стійка; 6 – планка; 7 – шток; 8, 11 – болт; 9, 12 – палець; 10 – штифт; 13 – напрямна; 14, 17, 18 – гайка; 15 – стопор; 16 – шайба.

Пристосування встановлюється на столі верстата. На опорній плиті 1 розташовані призми 2, 3 із затискними пристроями з приводом у вигляді ручної механічної передачі. Вал встановлюється на зазначені призми та притискається до них за допомогою планок 6 і штока 7 із різьбою та фіксується гайками 14.

Верстатне оснащення є універсальним для дрібносерійного виробництва. На ньому можна закріплювати та вести обробку заготовок, що мають циліндричний профіль поверхні в широкому діапазоні діаметрів (не більше 80мм); в призмах з $\alpha = 90^\circ$ та їх перестановкою, де $\alpha = 120^\circ$. Маючи додаткові комплекти призм можна вести обробку заготовок з різними профілями поверхні, що й здійснюється в дрібносерійному виробництві. Призми легко переустановлюються, що знижує витрати часу на підготовку для використання.

3.2 Визначення зусилля затиску та сили різання

Заготовка закріплюється в призмах при фрезеруванні шпонкових пазів шириною 14 і 8 мм та глибиною 5,5 та 3,3 мм відповідно на поверхні вала $\varnothing 44$ та $\varnothing 35$ мм та затискається механічними прихватами (рисунк 3.2). Колова складова сили різання P_z прагне повернути заготовку навколо власної осі. Їй протидіють дві сили тертя на лінії контакту заготовки з поверхнями призми та одна сила тертя під прихватом, спрямовані проти дії сили P_z . Сила подачі фрези P_x прагне змістити заготовку у напрямку її осі. Цьому протидіють дві сили тертя на лінії контакту заготовки із поверхнями призми та одна сила тертя під прихватом, спрямовані проти дії сили P_x . Найбільша сила закріплення потрібна для усунення повороту заготовки навколо власної осі в результаті дії сили P_z та її зміщення вздовж цієї осі від сили P_x [14, 41]:

$$Q = k \sqrt{Q_1^2 + Q_2^2} \quad (3.1)$$

Для визначення величини цієї сили складемо два рівняння.

Рисунок 3.2 – Розрахункова схема для визначення сили закріплення при фрезеруванні шпонкового пазу

$$\sum_{i=1}^n M_{ox} = P_z \frac{D}{2} - F_{mp1} \frac{D}{2} - F_{mp2} \frac{D}{2} = 0; \quad (3.2)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{ox} = -P_x + F_{mp3} + 2F_{mp4} = 0; \quad (3.3)$$

де $F_{mp1} = Q_1 f_{m1}$; $F_{mp2} = \frac{Q_1 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$; $F_{mp3} = Q_2 f_2$; $F_{mp4} = \frac{Q_2 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}}$;

α – кут призми.

Підставивши значення F_{mp1} , F_{mp2} , F_{mp3} , F_{mp4} до рівняння (3.2) і (3.3), маємо:

$$\sum_{i=1}^n M_{\alpha} = P_z \frac{D}{2} - Q_1 f_{m1} \frac{D}{2} - \frac{Q_1 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} \frac{D}{2} = 0; \quad (3.4)$$

$$\sum_{i=1}^n P_{\alpha} = -P_x + Q_2 f_2 + 2 \frac{Q_2 f_2}{2 \sin \frac{\alpha}{2}} = 0; \quad (3.5)$$

Вирішуючи рівняння (3.4) відносно Q_1 та рівняння (3.5) відносно Q_2 , отриманий результат підставимо до (3.1):

$$Q = k \left[\left(\frac{P_z}{f_1 + \frac{f_1}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 + \left(\frac{P_x}{f_2 + \frac{f_2}{\sin \frac{\alpha}{2}}} \right)^2 \right], \quad (3.6)$$

де k – коефіцієнт запасу

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.7)$$

де k_0 – коефіцієнт гарантованого запасу;

k_1 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання внаслідок випадкових нерівностей поверхні;

k_2 – коефіцієнт, що враховує затуплення ріжучого інструменту. Його величина знаходиться в межах від 1 до 1,8;

k_3 – коефіцієнт, що враховує зростання сил різання при перервному різанні;

k_4 – коефіцієнт, що характеризує постійність сили закріплення;

k_5 – коефіцієнт, що характеризує ергономіку ручних механізмів;

k_6 – коефіцієнт, що враховується тільки при наявності моментів, що повертають заготовку.

Тоді

$$k = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 4,86.$$

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

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w}; \quad (3.8)$$

де z – кількість зубців фрези;

n – частота обертання;

$$P_z = \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 0,3^{0,86} \cdot 0,008^{0,72} \cdot 10^{1,1} \cdot 2}{10^{0,86} \cdot 250^1} = 26 \text{ (Н)}.$$

Отже, зусилля затиску становитиме:

$$Q = 4,86 \left[\left(\frac{26}{0,1 + \frac{0,1}{\sin \frac{90}{2}}} \right)^2 + \left(\frac{0,1 \cdot 26}{0,1 + \frac{0,1}{\sin \frac{90}{2}}} \right)^2 \right] = 588,6 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок на міцність

Однією з найслабкіших ланок механізму затискного пристосування є різьба на штоці. Проведемо її розрахунок на міцність. Умова міцності має наступний вид:

$$\sigma_p = \frac{Q}{A_p} \leq [\sigma]_p \quad (3.9)$$

де σ_p – діюче напруження розтягу, МПа;

A_p – площа навантаженого перерізу, м²;

$$A_p = \frac{3,14 \cdot (9,8 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 75 \cdot 10^{-6} \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.10)$$

Отже,

$$\sigma_p = \frac{588,6}{75 \cdot 10^{-6}} = 7,85 \text{ (МПа)}.$$

Так як, діюче напруження становить 7,85 МПа, а допустиме 110 МПа, то можна зробити висновок, що шток із різьбою має достатню міцність.

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 з основних принципів вибору заготовки є орієнтація на такий спосіб виготовлення, який забезпечує їх максимальне наближення до готової деталі. В цьому випадку значно зменшуються витрати металу, скорочується механічна обробка та виробничий цикл [8, 31, 49].

Вал вхідний виготовлено із сталі 45, що використовується в прокатному та кувалальному виробництві і має добру пластичність. Окрім цього, деталь має нескладну геометричну форму.

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

При об'ємному штампуванні формоутворення заготовки проходить в порожнині спеціального інструменту – штампу. Штампування може виконуватися в холодному та гарячому стані. Таким способом отримують заготовки різної форми, масою від декількох грам до однієї тонни та більше. Залежно від типу штампа розрізняють штампування у відкритих, закритих штампах, штампах для видавлювання.

Гаряче штампування може виконуватися тільки в 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:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}}/k_i; \quad (4.1)$$

$$m_{\text{заг}} = 2,6/0,8 = 3,2 \text{ (кг)};$$

при отриманні деталі з прокату (за максимальним діаметром 56 мм):

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

$$m_{\text{заг}} = (\pi \times (56 \times 10^{-3})^2)/4 \times 0,34 \times 7600 = 6,4 \text{ (кг)};$$

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]:

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

де $S_{\text{заг}}$ – базова вартість матеріалу, 15066 грн./т [1];

$S_{\text{відх}}$ – вартість стружки, 810 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:

$$S_{за} = \left(\frac{15066}{1000} \cdot 3,2 \cdot 1,32 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (3,2 - 2,6) \frac{810}{1000} = 114,1 \text{ (грн.)}$$

Прокат:

$$S_{за} = \left(\frac{15066}{1000} \cdot 6,4 \cdot 1,1 \cdot 1,8 \cdot 1 \cdot 1 \right) - (6,4 - 2,6) \frac{810}{1000} = 170,5 \text{ (грн.)}$$

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для вхідного вала редуктора:

$$E = (170,5 - 114,1) \cdot 1000 = 56400 \text{ (грн.)}$$

Проаналізувавши розрахунки двох методів, обираємо горизонтальне штампування, адже собівартість виготовлення заготовки вхідного вала за цим методом менша на 56,4 грн., а в межах річної програми – 56400 грн.

4.2 Розрахунок освітлення

Здійснимо інженерний розрахунок щільного освітлення точковим методом. Сутність методу полягає у визначенні освітленості точки світловим потоком, який падає від джерела світла [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 33, 40, 42-46, 50].

Освітленість визначається за формулою:

$$E = \frac{J_\alpha \cdot \cos^3 \alpha}{h^2} (\cos \Theta + \frac{d}{h} \sin \Theta), \quad (4.4)$$

де J_{α} – сила світла по напрямку α ;

θ – кут, що визначає напрямок світла в розрахункову точку;

h – висота встановлення світильника над робочою поверхнею;

Θ – кут нахилу розрахункової площини по відношенню до горизонтальної площини;

d – відстань від точки до проекції світильника на горизонтальну поверхню.

Розрахунок ведемо для металорізального верстата, на якому здійснюється механічна обробка фрезеруванням.

Оскільки приймаємо, що світильник знаходиться вершиною над робочою поверхнею ($h=3$ м), то:

$$E = \frac{1000 \cdot \cos^3 \theta}{3^2} (\cos \theta \pm \frac{0}{3} \sin \theta) = 111 \text{ (лм/м}^2\text{)}.$$

Отримана освітленість перевищує нормативну ($E_H=100$ лм/м²), що буде цілком достатньо для виконання фрезерних робіт.

4.3 Напрямки зменшення шкідливих впливів на навколишнє середовище

Під час виготовлення та експлуатації 4-х ступінчастого зубчастого циліндричного редуктора, що працює у складі вантажолійомної лебідки овочевого сховища, виникають наступні негативні впливи на навколишнє середовище:

- підвищений рівень шуму;
- виникнення вібрацій та явищ, що пов'язані з ними;

- можливе забруднення поверхні ґрунту мастильними речовинами під час технічного обслуговування та ремонту редуктора, а саме під час заміни або доливання (зливання) масла в картер редуктора, змащення підшипникових вузлів;

забруднення навколишнього середовища випаровуваннями, що виникають під час застосування змащувально-охолоджувальних рідин на стадії механічної обробки деталей редуктора;

- забруднення навколишнього середовища випаровуваннями, що виникають під час виконання заготівельних операцій, зокрема, литва.

Враховуючи вищенаведене, пропонуються до реалізації наступні напрямки, що призведуть до зменшення шкідливих впливів на навколишнє середовище:

- для зменшення рівня шуму використовувати матеріали, що володіють здатністю до його поглинання, у тому числі спеціальні звукозахисні екрани (кожухи);

- використання вібропоглинаючих опор що будуть знижувати рівень вібрації, що передається;

- заміну масла здійснювати із застосуванням спеціальної тари. Причому відпрацьовані змащувальні матеріали необхідно утилізувати у встановленому порядку або із передачею останніх на спеціалізовані підприємства для можливості подальшої переробки із повторним використанням;

- під час операцій заготівельного виробництва, подальшої обробки різанням, термічної обробки тощо застосовувати систему вентиляції із спеціальними фільтрами, що здатні вловлювати шкідливі домішки з повітря, що утворилися внаслідок випаровувань.

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 редуктора вантажопідйомної лебідки, що застосовується на ебачевому сховищі. Наведено технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності двох деталей редуктора, а саме валу вхідного та корпусу. Схарактеризовано 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 валу, корпусу редуктора. Розроблено маршрут збірки поверхонь деталі. Здійснено визначення припусків на збірку та операційних розмірів поверхні корпусу розрахунково-аналітичним та табличним методами.

3 Запропоновано конструкцію механічного оснащення для закріплення валу вхідного редуктора під час механічної обробки шпонкових пазів фрезеруванням. Визначено зусилля затиску, а також розраховано на міцність виступове з'єднання штока.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу вхідного редуктора лебідки. Річний економічний ефект для програми випуску 1000 шт. склав 56400 грн. Розраховано освітлення робочої зони точковим методом при виготовленні деталі на фрезерному верстаті. Висвітлено заходи, спрямовані на зменшення шкідливого впливу на навколишнє середовище.

5 У графічній частині роботи наведено складальне креслення редуктора лебідки, робочі креслення його валу та корпусу, креслення заготовки валу, а також складальне креслення верстатного оснащення.