

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра галузеве машинобудування

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Насосний агрегат системи зрошування»

КРБ.133ГМбз_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 133ГМбз_21[1]
РЄПН Дмитро

Керівник: докт. техн. наук, професор
МОРОЗ Олександр

Полтава – 2022 року

ВСТУП

Протягом 5000 років людство використовує процес поливу рослин. Завдяки цьому технологічному процесові можливо суттєво підвищити якість та кількість майбутнього врожаю, навіть у районах із достатньою кількістю атмосферних опадів. Ефективність процесу іригації – це результат розуміння того, коли та в якій кількості потрібно зрошування. Від вибору насосу залежить здатність іригаційної системи забезпечити посіви необхідною кількістю води та ефективність зрошування.

Для іригації, зазвичай, використовують насоси: відцентрові, зі змішаним потоком, а також занурювальні. Саме вибір належної конструкції є запорукою сталої роботи зрошувальної системи. При цьому необхідно враховувати низький рівень енергоспоживання, сталість тиску в системі, регулювання частоти обертання та захист двигуна [5-7, 13].

Принцип дії відцентрового насоса є загальновідомим. Він полягає у тому, що при обертанні валу насоса також рухається і робоче колесо. У цей же час насос всередині агрегату спрямовує рідину до центру крильчатки. Рух насоса пов'язаний саме із кінетичною енергією рідини.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є агрегат насосний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу, що входить до його складу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення, а також визначити тип виробництва на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання 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 валу насосного агрегату, а також здійснити розрахунок загального штучного освітлення, розглянути посуху, як різновид екологічної катастрофи;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб галузевого машинобудування.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

У кваліфікаційній роботі на розгляд винесено насосний агрегат. Він входить до складу зрошувальної системи, призначеної для подачі води на поля посушливих регіонів або для культур, що потребують додаткового зволоження. Розглянута деталь вузла, а саме, вал.

Агрегат насосний має технічні характеристики, наведені у таблиці 1.1. Його конструктивна схема представлена на рисунку 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика агрегату насосного

№ з п.	Найменування параметру	Значення
1	Продуктивність, м ³ /год.	75
2	Робочий тиск, МПа	0,8
3	Потужність, кВт	11,0
4	Частота обертання валу, об/хв	2200
5	Діаметр нагнітного патрубку, мм	150
6	Діаметр вхідного патрубку, мм	150
7	Габаритні розміри, мм	1130×695×558
8	Маса, кг	450

Агрегат представляє собою кронштейн 1, який слугує одночасно корпусом. Кріпиться до рами болтами за допомогою чотирьох лап із отворами під болти. У кронштейн 1 вмонтовано підшипниковий вузол, на якому обертається вал 2. З лівої сторони валу в кронштейн запресований підшипник. Рух підшипника обмежується торцем вала та стопорним кільцем. За підшипником розташована кришка 5, яка кріпиться до кронштейна за допомогою 6 болтів.

Рисунок 1.1 – Агрегат насосний (конструктивна схема):

- 1 – кронштейн; 2 – вал; 3 – стакан; 4, 5 – кришка; 6, 15 – втулка;
7 – равлик; 8 – фланець; 9 – крильчатка; 10, 23, 32 – гайка; 11 – втулка;
12 – гранбуksа; 13 – шків; 14, 24 – шайба; 16 – прокладка; 17, 20, 21 – прокладка;
18 – шпилька; 19 – пробка; 22, 25, 27 – кільце; 26 – оливковказівник; 28-31 – болт;
33, 34 – манжета; 35 – підшипник; 36-40 – шайба; 41, 42 – шпонка; 43 – набивка

Для запобігання протіканню масла через щілини між кронштейном і кришкою застосовуються прокладка 20 та манжета 34. З правої сторони розташовані два підшипника, які запресовані у стакані 3. Він вставляється у кронштейн та кріпиться за допомогою 6 болтів. Між підшипниками розташована втулка 6. Підшипник підтискує гайка 23. Для фіксації гайки у загвинченому стані на валу є поздовжній паз для лапки стопорної шайби гайки 23 з шайбою 24, що через різьбове з'єднання накручується на вал 2. Для запобігання протіканню масла через щілини між кронштейном і стаканом 3 застосовуються маслоутримуюче кільце 22, а для уникнення протікання масла через щілини між кронштейном і кришкою 4 застосовується прокладка 21 та манжета 33.

На валу за допомогою шпонкового з'єднання та різьбового отвору закріплено крильчатку 9. Її обертання здійснюється за допомогою клинчасової передачі від електродвигуна, що розташований над кронштейном та кріпиться за допомогою різьбового з'єднання болтами. Втулка 11 встановлюється між валом та фланцем 8, потім заводиться набивка 43. Гранбука 12 прикріплюється двома шпильками до фланця і потім надівається на вал. Суміщаються отвори під болти, фланець затягується болтами. З лівої сторони вала закладається шпонка 41, за допомогою якої крильчатка 9 надівається на вал. Крильчатка закручується гайкою 10. Заводиться равлик 7 та затягується болтами.

Деталю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі, буде вал, зображений на рисунку 1.2. Умови експлуатації обраної деталі є досить нестабільними. Це постійна підвищена вологість, наявність достатньої кількості кисню для корозії. Саме тому при аналізі матеріалу даних деталей необхідно буде передбачити дані аспекти. Вал виготовлено зі сталі 45 за ДСТУ 7809:2015 [16, 36].

Вал має шпонковий паз та різьбовий отвір під болт для фіксації зубчастого колеса, різьбову поверхню. Остання необхідна для загвинчування крильчатки, за допомогою якої на вал кріпиться равлик. Інша різьбова поверхня служить для гайки, що запобігає зміщенню підшипників. Для фіксації гайки у загвинченому стані на валу є поздовжній паз для лапки стопорної шайби гайки.

1.2 Аналіз параметрів точності

За результатами проведення аналізу точності валу (рисунок 1.3) заповнюємо таблицю 1.2 [17, 22, 47, 48]. До неї заносимо відомості про основні відповідні параметри.

Рисунок 1.3 – Функціональні поверхні валу,
що входить до складу агрегату насосного

Таблиця 1.2 – Параметри точності валу

№ пов	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність розташування	Шорсткість, R_a
1	2	3	4	5	6	7
1,12	Торць 928	928h12 _(-0,9)	h12	-	-	12.5
2	Різьба метрична	M42x1,5	8g	-	-	3.2
3	Циліндрична поверхня	Ø50 _(-0,016)	h6	-		0.8
4	Циліндрична поверхня	Ø65 _(-0,12)	h10	-	-	6,3
5	Циліндрична поверхня	Ø65 _(-0,12)	h10	-	-	0.8
6	Циліндрична поверхня	Ø65(±0,0095)	js6	-		0.8
7	Циліндрична поверхня	Ø70 _(-0,3)	h12	-	-	6,3
8	Циліндрична поверхня	Ø65(±0,0095)	js6	-		0.8
9	Різьба метрична	M62x2	8g	-	-	3.2
10	Циліндрична поверхня	Ø60 _(-0,12)	h10	-	-	0.8
11	Циліндрична поверхня	Ø55 _(-0,04)	h9	-		0.8
13	Шпонковий паз	45 _{-0,16}	h11	-		6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
14	Шпонковий паз	50 _{-0,19}	h11	-	$\boxed{\equiv 0,05 A}$	6,3
15	Шпонковий паз	59 _{-0,19}	h11	-	$\boxed{\equiv 0,05 A}$	6,3
16	Різьба метрична	M12x1,5	7H	-	$\boxed{\oplus 0,25 A}$	3,2
17	Канавка	Ø62 _(+0,4)	±IT14/2	-	-	6,3
18	Канавка	Ø61 _(-0,2)	±IT14/2	-	-	6,3

Виконавши аналіз параметрів точності валу робимо висновок, що шорсткість поверхонь відповідає параметрам точності деталі. Найточніший розмір має поверхня 6 та 8 – Ø65 js6 ($\pm 0,0095$). Найвища шорсткість $R_a = 0,8$ мкм. Дані параметри точності можна досягти на металорізальному обладнанні.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Вал, що входить до складу агрегату насосного, виготовлений із конструкційної сталі 45 за ДСТУ 7809:2015 [7, 34, 36]. Ця сталь відноситься до другої категорії із перевіркою на розтяг та ударну в'язкість. Сталь 45 містить 0,42...0,56% вуглецю і відноситься до групи покращувальних середньовуглецевих сталей. Серед п'яти груп покращувальних сталей, сталь 45 відноситься до 1-ї. Сталь 45 має гарну оброблюваність різанням та вважається еталонною (її оброблюваність у порівнянні з іншими сталями умовно приймають за 1). У якості замінника сталі 45 розглянемо сталь 50 ДСТУ 7809:2015 (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Хімічний склад та механічні властивості матеріалу валу

Марка матеріалу	Хімічний склад					Механічні властивості			
	C, %	Mn, %	Si, %	Ni, %	Cr, %	σ_B , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , МПа	НВ, МПа
Сталь 45	0,42... 0,56	0,5... 0,8	0,17... 0,4	0,025	0,25	550	353	16	1970
Сталь 50	0,47... 0,55	0,5... 0,8	0,17... 0,4	0,025	0,25	640	380	14	2070

Як бачимо, з таблиці 1.3 ці сплави мають приблизно однаковий хімічний склад та механічні властивості. Вони можуть легко замінювати одна одну. Але при виборі матеріалу переваги слід віддати найбільш дешевій, тобто базовій сталі 45.

1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в агрегатах насосних системи зрошення у кількості 800 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

де $N_{вип}$ – річна програма випуску виробів, шт.;

$N_{зч}$ – кількість виробів, що йдуть на запчастини, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. шт.

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

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

$$N_{заг} = (800 + 0,04 \cdot 800) \cdot (1 + 0,025) = 853 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 300 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – середньосерійне.

Полтавський державний аграрний університет

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності деталей розпочинають після встановлення типу виробництва, оскільки кожному типу виробництва притаманні свої способи виготовлення заготовок і методи їх обробки. Якісну оцінку технологічності деталі проводять за матеріалом, геометричною формою, якістю поверхонь, за представленим розміром та можливим способом виготовлення заготовки. Кількісну оцінку проводять за абсолютними відносними показниками.

Аналізуючи технологічність деталі, необхідно перевірити [2]:

- можливість спрощення деталі та залишки матеріалу, створення деталі більш раціональної форми з легкодоступними для обробки поверхнями, достатньою жорсткістю з метою зменшення металомісткості та трудомісткості (достатня жорсткість деталей дає змогу обробляти їх на верстаках з найбільш продуктивними режимами різання);
- можливість зменшення кількості та протяжності поверхонь деталей, що обробляються;
- наявність на деталях зручних базуючих поверхонь або можливість створення допоміжних технологічних баз у вигляді бобишок, цяхсків тощо;
- можливість технологічно пов'язати розміри, що забезпечують якнайкоротші технологічні розмірні ланцюги;
- можливість вибору раціонального методу виготовлення заготовки, що забезпечує найбільш високий коефіцієнт використання матеріалу та найменшу
- трудомісткість механічної обробки;
- наявність у конструкціях термічно оброблюваних деталей конструктивних елементів, що зменшують короблення при нагріванні та охолодженні.

Поняття «технологічність» також полягає в тому, що при конструюванні деталей необхідно забезпечувати вимоги експлуатації виробів та вимоги на більш раціональне та продуктивне їх виготовлення.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації. Коефіцієнт стандартизації обчислюється за формулою:

$$K_{cm} = \frac{E_{cm}}{E}, \quad (2.1)$$

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць,

E – загальна кількість.

Обчислення коефіцієнта уніфікації відбувається за формулою:

$$K_{yn} = \frac{E_y}{E}, \quad (2.2)$$

де E_y – кількість уніфікованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

Отже, маємо за формулами (2.1) та (2.2):

$$K_{cm} = \frac{63}{92} = 0,68;$$

$$K_{yn} = \frac{27}{92} = 0,29.$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу вагу:

$$K_M = m/M. \quad (2.3)$$

де m – маса деталі, кг;

M – маса заготовки, кг.

Отже, маємо наступні значення

$$K_1 = 21 / 25,6 = 0,82.$$

Під час аналізу креслення валу ваги було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для визначеного типу виробництва.

Повні результати аналізу на технологічність валу наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності валу

№ з.п.	Назва деталі	Показники технологічності	Висновки по показниках технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4	5
1	Вал	Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення деталі?	Так, технологічно	-
2		Чи необхідні додаткові ребра жорсткості?	Ні, технологічно	Деталь жорстка
3		Наявність глухих отворів?	Ні, технологічно	-
4		Ступінчаті вали повинні мати невеликі переходи за діаметром, а їх довжини повинні бути однаковими, або кратними.	Вал значної довжини	Обробка здійснюється у люнеті

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
5	Вал	Чи можлива багатошпindelна та багатоінструментальна обробка?	Так, технологічно. Здійснюється багатоінструментальна обробка	-
6		Чи є внутрішні торці, які необхідно обробляти?	Ні, технологічно	-
7		Чи є скоси або нази під кутом, що відмінні від 45°?	Ні, технологічно	-
8		Точність штампування заготовки	Ні, нетехнологічно	Бажаний клас точності T4
9		Наявність різьб, що менші за M6?	Ні, технологічно	-
10		Чи є великі перепаду ступінчастих валів?	Ні, технологічно	-
11		Чи від однієї бази проставлено розміри?	Ні, нетехнологічно	Потрібен перерахунок розмірів
12		Наявність центруючих отворів валів	Так, технологічно	-

Після проведення аналізу технологічності валу насосного агрегату системи зрошування для виготовлення за умов середньосерійного виробництва можна зробити висновок: деталь має досить технологічну конструкцію за більшістю показників.

2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Вал насосного агрегату виготовляють з прокату $\varnothing 75 \times 935$. Це вимагає значних припусків на механічну обробку. Даний метод дешевий, але наступна механічна обробка вимагає значних затрат на зняття припуску. Коефіцієнт використання металу низький, тому запропоновано отримувати заготовку штампуванням. Так як припуск зменшиться, то відпадає необхідність у деяких операціях механічної обробки. Це зменшує кількість верстатів, необхідних для виготовлення.

В умовах виготовлення вала на підприємстві використовуються стандартні універсальні пристрої, універсальні верстати, різальний інструмент. За умов серійного виробництва пропонується використовувати верстати із ЧПК та пристрої спеціальної конструкції. Використання прогресивного різального інструменту дозволяє підвищити швидкість різання. Це значно зменшує штучний час виготовлення деталі, а відповідно й затрати енергії, інструменту тощо. Це також зменшує собівартість деталі.

2.3 Маршрут обробки поверхонь

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

Кількість етапів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \cdot \dots \cdot \frac{T_{i-1}}{T_i} \cdot \dots \cdot \frac{T_{n-1}}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \cdot \dots \cdot \varepsilon_n = \prod_i \varepsilon_i, \quad (2.4)$$

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

P – 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:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.5)$$

Приклад для обробки поверхні 4 вала $\varnothing 65h10_{(-0,12)}$ мм (рисунок 1.3).

Допуск за кресленням 0,12 мм, допуск заготовки 2,5 мм. Загальне уточнення

складає:

$$\varepsilon = 2,5 / 0,12 = 20,83.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \lg(20,83) / 0,46 = 3.$$

Дану поверхню раціонально обробляти за три переходи. Для першого ступеня обробки приведений коефіцієнт уточнення дорівнює: $\varepsilon_1 = 2,5 / 0,3 = 8,33$; другого: $\varepsilon_2 = 0,3 / 0,19 = 1,578$; третього: $\varepsilon_3 = 0,19 / 0,11 = 1,58$.

Можливі методи обробки поверхонь валу подані у таблиці 2.2.

Для досягнення однієї й тієї ж кінцевої мети можливі кілька варіантів маршрутів обробки поверхонь (МОП). При цьому число переходів при обробці кожної поверхні в різних варіантах виявляється різним. Перевагу віддаємо тому МОП, який забезпечує менше число переходів.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти методів обробки поверхні валу

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мм	Шорсткість R_a за кресленням	Допуск заготовки, мм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Досягнутий допуск, мм	Проміжний ступень уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	0,9	12,5	4	15	4,4	1	Точіння одноразове	12	4	4,4	4,4
							2	Точіння одноразове	12	4	4,4	4,4
2	8	0,039	3,2	1,9	15	48,7	1	Точіння чорнове	11	0,16	11,87	48,7
							2	Точіння напівчистове	9	0,062	2,58	
							3	Точіння чистове	8	0,041	1,46	
							4	Нарізання різьби	8	0,039	1,05	
							1	Точіння чорнове	11	0,19	10	
							2	Точіння чистове	9	0,074	2,56	
							3	Нарізання різьби	8	0,039	1,89	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
3	6	0,016	0,8	2,2	15	137,5	1	Точіння чорнове	12	0,3	7,33	137,5
							2	Точіння напівчистове	11	0,19	1,57	
							3	Точіння чистове	10	0,12	1,58	
							4	Шліфування	6	0,016	7,5	
4	10	0,12	6,3	2,5	15	20,8	1	Точіння чорнове	11	0,19	11,57	137,5
							2	Точіння напівчистове	9	0,074	2,56	
							3	Шліфування	6	0,016	4,62	
4	10	0,12	6,3	2,5	15	20,8	1	Точіння чорнове	12	0,74	3,37	20,8
							2	Точіння напівчистове	11	0,3	2,46	
							3	Точіння чистове	10	0,12	2,5	
							1	Точіння чорнове	11	0,19	13,15	
5	10	0,12	0,8	2,5	15	20,8	2	Точіння напівчистове	10	0,12	1,58	20,8
							1	Точіння чорнове	14	0,74	3,37	
							2	Точіння напівчистове	12	0,3	2,46	
							3	Точіння чистове	11	0,19	1,57	
5	10	0,12	0,8	2,5	15	20,8	4	Шліфування	10	0,12	1,5	20,8
							1	Точіння чорнове	11	0,19	13,15	
							2	Точіння напівчистове	10	0,12	1,5	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	6	0,019	0,8	2,5	15	131,57	1	Точіння чорнове	12	0,3	8,33	131,57
							2	Точіння напівчистове	11	0,19	1,578	
							3	Точіння чистове	8	0,046	4,13	
							4	Шліфування	6	0,019	2,42	
7	12	0,3	12,5	2,5	15	8,33	1	Точіння чорнове	11	0,19	13,157	131,57
							2	Точіння напівчистове	9	0,074	2,56	
							3	Шліфування	6	0,019	3,894	
7	12	0,3	12,5	2,5	15	8,33	1	Точіння чорнове	14	0,74	3,378	8,33
							2	Точіння напівчистове	12	0,3	2,46	
8	6	0,019	0,8	2,5	15	131,57	1	Точіння чорнове	12	0,3	8,33	131,57
							2	Точіння напівчистове	11	0,19	1,578	
							3	Точіння чистове	8	0,046	4,13	
							4	Шліфування	6	0,019	2,42	
							1	Точіння чорнове	12	0,3	8,33	
							2	Точіння напівчистове	9	0,074	4,05	
							3	Шліфування	6	0,019	3,89	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
9	8	0,039	3,2	2,5	15	64,1	1	Точіння чорнове	12	0,3	8,33	64,1
							2	Точіння напівчистове	11	0,19	1,578	
							3	Точіння чистове	8	0,046	4,13	
							4	Нарізання різьби	8	0,39	1,78	
10	10	0,12	6,3	2,5	15	20,83	1	Точіння чорнове	14	0,74	3,37	20,83
							2	Точіння напівчистове	12	0,3	2,46	
							3	Точіння чистове	11	0,19	1,57	
11	9	0,074	0,8	2,5	15	33,78	1	Точіння чорнове	14	0,74	3,37	33,78
							2	Точіння напівчистове	12	0,3	2,46	
							3	Точіння чистове	11	0,19	1,57	
10	10	0,12	6,3	2,5	15	20,83	1	Точіння чорнове	14	0,74	3,37	20,83
							2	Точіння напівчистове	12	0,3	2,46	
							3	Шліфування	10	0,12	2,5	
11	9	0,074	0,8	2,5	15	33,78	1	Точіння чорнове	14	0,74	3,37	33,78
							2	Точіння напівчист.	11	0,19	3,9	
							3	Шліфування	9	0,074	2,56	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
13	11	0,16	6,3	-	-	-	1	Фрезерування одноразове	11	0,16	-	-
14	11	0,16	6,3	-	-	-	1	Фрезерування одноразове	11	0,16	-	-
15	11	0,19	6,3	-	-	-	1	Фрезерування одноразове	11	0,19	-	-
16	7Н	-	6,3	-	-	-	1	Свердління	12	0,15	-	-
							2	Нарізання різьби	7Н	0,015	-	-
17	± IT14/2	0,4	6,3	-	-	-	1	Точіння одноразове	± IT14/2 ± IT14/2	0,4	-	-
							2	Точіння одноразове	± IT14/2 ± IT14/2	0,4	-	-
18	± IT14/2	0,2	6,3	-	-	-	1	Точіння одноразове	± IT14/2 ± IT14/2	0,2	-	-
							2	Точіння одноразове	± IT14/2	0,2	-	-

Висновок: орієнтуємось на маршрут обробки валу, для конкретних поверхонь приймаємо той, що зменшує номенклатуру різального інструменту та обладнання.

2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будують на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва та відповідного обладнання (таблиця 2.3)

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки валу

Номер та назва операції	Зміст операції (за переходами)
1	2
005 Заготівельна	Штампкування заготовки на ГКМ
010 Термічна	Нормалізація.
015 Токарно-гвинто-різна	Встановити заготовку, закріпити і зняти. 1. Підрізати торець лівий начисть. 2. Центрувати лівий отвір центровий А6.3. Перевстановити заготовку. 3. Точити правий торець, витримуючи розміри 1 і 2. 4. Центрувати правий отвір центровий А10.
020 Горизонтально-фрезерна	Встановити заготовку, закріпити і зняти. 1. Свердлити отвір витримуючи розміри. 2. Нарізати різьбу М12×1,5-7Н у розміри.

Продовження таблиці 2.3

1	2
025 Токарна із ЧПК	Встановити деталь, закріпити і зняти. 1. Точити поверхні начорно, витримуючи розміри. 2. Точити поверхні напівчисто, витримуючи розміри. 3. Точити фаску і канавку витримуючи розміри та радіуси. 4. Точити поверхні начисто та точити різьбу.
030 Токарна із ЧПК	Встановити деталь, закріпити і зняти. 1. Точити поверхні начорно, витримуючи розміри. 2. Точити поверхні напівчисто, витримуючи розміри. 3. Точити 2 фаски і канавку витримуючи розміри та радіус. 4. Точити фаску та 2 канавки витримуючи розміри та радіус. 5. Точити 5 поверхонь начисто та точити різьбу.
035 Шпонко- во фре- зерна	Встановити деталь, закріпити і зняти. 1. Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри. 2. Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри. 3. Фрезерувати шпонковий паз, витримуючи розміри.
040 Термічна	Гартувати поверхні $\text{Ø}60\text{h}11(-0,19)$ та $\text{Ø}65\text{h}11(-0,19)$ до твердості HRC 42..45, $h=0.3...1,2$ мм.
045 Шліфу- вальна	Встановити деталь, закріпити і зняти. 1. Шліфувати 5 шийок, витримуючи розміри. 2. Шліфувати поверхню, витримуючи розміри.
050 Мийна	Промити деталь.
055 Контроль на	Технічний контроль ВТК.

2.5 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проведено для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня валу $\varnothing 50_{-0.016}^{+0.016}$ мм.

Розрахунковий припуск при обробці зовнішньої циліндричної поверхні визначається:

$$z_{i \max} = D_{i-1 \max} - D_{i \min}, \quad (2.6)$$

$$z_{i \min} = D_{i-1 \min} - D_{i \max}, \quad (2.7)$$

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

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

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

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.8)$$

де Rz_{i-1} – висота мікронерівностей, мкм;

T_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перемину осей,

позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.9)$$

де $\delta_{\text{заг.}}$, $\delta_{\text{дет.}}$ – допуск заготовки та деталі відповідно.

Карта розрахунку припусків на обробку та граничні розміри по технологічних переходах наведені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 50\text{H}6/(\text{h}7/0,016)$

Технол. переход	Елемент припуску, мкм				Розр. прип. $2Z_{\min}$	Розр. розм., d_f , мм	Доп. δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε	мкм	мм		D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	150	200	975	-	-	53,6	2200	53,6	55,8	-	-
Точ. чор.	63	60	55	0	2,1322	50,956	300	50,956	51,256	2644	4544
Точ. н/ч	32	30	45	0	2,255	50,446	190	50,446	50,636	510	520
Точ. чист.	10	20	36	0	2,145	50,156	120	50,156	50,276	290	360
Шліфув.	6,3	12	18	0	2,86	49,984	16	49,984	50,0	172	276
Усього	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3616	5800

Зробимо перевірку розрахунків.

$$\sum 2Z_{\max} - \sum 2Z_{\min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.10)$$

$$5800 - 3616 = 2200 - 16 ;$$

$$2184 = 2184 .$$

Отже, припуски розраховані вірно.

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці

$\varnothing 50h6(-0.016)$.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на $\varnothing 50h6(-0.016)$

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

Таблиця 2.5 – Припуски на обробку валу (рисунок 1.3)

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, мм	Квалітет	Технологічний допуск, мм
1	2	3	4	5	6
1,12	Торець 928 $\pm IT14/2 \pm 0,3$ мм	Фрезерування одноразове	-	$\pm IT14/2$	0,2
2	Різьба метрична M42×1,5-8g	Точіння чорнове	4	11	0,16
		Точіння напівчистове	0,7	9	0,062
		Точіння чистове	0,47	8	0,041
		Нарізання різьби	-	8	0,039
3	Циліндрична $\varnothing 50h6(-0,016)$	Точіння чорнове	2,7	12	0,3
		Точіння напівчистове	0,51	11	0,19
		Точіння чистове	0,29	10	0,12
		Шліфування	0,172	6	0,016
4	Циліндрична $\varnothing 65h10(-0,12)$	Точіння чорнове	3,8	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,6	12	0,3
		Точіння чистове	0,5	10	0,12
5	Циліндрична $\varnothing 65h10(-0,12)$	Точіння чорнове	3,8	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,6	12	0,3
		Точіння чистове	0,4	11	0,19
		Шліфування	0,2	10	0,12

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
6	Циліндрична Ø65js6(±0,0095) мм	Точіння чорнове	3,8	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,6	12	0,3
		Точіння чистове	0,4	8	0,046
		Шліфування	0,2	6	0,019
7	Циліндрична Ø70h12(-0,3) мм	Точіння чорнове	3,4	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,6	12	0,3
8	Циліндрична Ø65js6(±0,0095) мм	Точіння чорнове	3,8	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,6	12	0,3
		Точіння чистове	0,4	8	0,046
		Шліфування	0,2	6	0,019
9	Різьба метрична M62×2,8g	Точіння чорнове	3,85	12	0,3
		Точіння напівчистове	0,55	11	0,19
		Точіння чистове	2	8	0,046
		Нарізання різьби	-	8g	0,039
10	Циліндрична Ø60h10(-0,12) мм	Точіння чорнове	3,85	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,55	12	0,3
		Точіння чистове	0,4	8	0,19
		Шліфування	0,2	10	0,12

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
11	Циліндрична $\varnothing 55h9(-0,074)$ мм	Точіння чорнове	3,9	14	0,74
		Точіння напівчистове	0,55	12	0,3
		Точіння чистове	0,3	11	0,19
		Пілифування	0,2	9	0,074
13	Шпонковий паз $45h11(-0,16)$ мм	Фрезерування одноразове	5	11	0,16
14	Шпонковий паз $50h11(-0,16)$ мм	Фрезерування одноразове	5	11	0,16
15	Шпонковий паз $59h11(-0,19)$ мм	Фрезерування одноразове	6	11	0,19
16	Різьба метрична M12x1,5-7H	Свердління	-	12	0,15
		Нарізання різьби	-	7H	0,015
17	Канавка $\varnothing 62 \pm IT14/2(-0,4)$ мм	Точіння одноразове	3,6	IT14/2	0,4
18	Канавка $\varnothing 61 \pm IT14/2(-0,2)$ мм	Точіння одноразове	4,6	IT14/2	0,2

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення галу на операції 035 механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне, аркуш 1: 1 – пневмоциліндр; 2 – кран розподільний; 4 – шайба; 5 – колесо зубчасте; 6 – втулка дистанційна; 7 – гвинт ходовий; 8 – гайка спеціальна; 11 – кришка підшипника; 12 – призма; 30 – гайка; 35 – косинець; 39, 40 – підшипник; 44 – шайба; 46 – шпонка

Отже, на опорній плиті розташовані самоцентруючі лещата із приводом у вигляді пневмоциліндра 1. При подачі стиснутого повітря в пневмоциліндр, яка здійснюється поворотом рукоятки розподільного пневматичного крана 2, відбувається рух штоку поршня у який угвинчена зубчата рейка 21. Вона входить у зачеплення з зубчатим колесом 5. Колесо закріплено на валу – ходовому гвинті 7, що обертається. Відбувається переміщення призматичних губок 12 по правій та лівій різьбах крізь дві гайки 8. За рахунок проміжних шестерень 17, 18 обертання передається на ходовий гвинт, який приводить в рух 2 інші призми. Тому при

подачі повітря в пневмоциліндр 1 обоє пар призм одночасно затискають вал по циліндричній поверхні $\phi 65$.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне, аркул 2: 3 – корпус; 9 – шайба напрямна; 13, 14 – скоба; 15, 16 – втулка; 17, 18 – шестерня; 19 – кронштейн; 21 – рейка зубчаста; 22 – корпус; 23 – втулка; 24 – кришка; 25 – вісь; 26-29 – болт; 31-33 – гайка; 34 – гвинт; 36 – муфта; 37, 38 – ніпель; 41 – рукав; 42, 43 – шайба; 45 – шпонка

Такі самцентруючі лещата є універсальним пристосуванням у даному виробництві. На них можна закріпити та вести обробку заготовок, що мають циліндричний профіль поверхні у широкому діапазоні діаметрів у призмах з кутом 90° та їх переустановленням. Маючи додаткові комплекти призм можна вести обробку заготовок з різними профілями поверхні. Призми легко перевстановлюються. Це знижує витрати часу на підготовку пристосування для використання.

Складальний креслення пристосування наведений у графічній частині роботи.

3.2 Визначення зусилля затиску та параметрів силового приводу

Розрахуємо силу затиску заготовки при обробці на $\varnothing 35$ фрезерно-шпонково-фрезерній операції, при фрезеруванні шпонкового пазу (рисунк 3.2) із використанням [3, 14, 26, 41].

Режим різання за [9] наступні: ширина поверхні, що оброблюється $B = 8$ мм; матеріал деталі – сталь 45; $t = 2,5$ мм; $S = 0,1$ мм/зуб.; частота обертання $n = 960$ об/хв.; діаметр фрези – 8 мм; матеріал фрези – сталь PGM5.

Рисунок 3.2 – Схема розташування сил закріплення та різання

Сила різання при фрезеруванні [9, 11, 15].

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^{x_p} \cdot s^{y_p} \cdot B^{u_p} \cdot z}{D^{q_p} \cdot n^{w_p}} K_p, \quad (3.1)$$

де Z – число зубців фрези (маємо 3);

n – число обертів фрези за хвилину;

K_p – загальний поправочний коефіцієнт на силу різання залежить лише від якості матеріалу, що виражається коефіцієнтом $K_{МП} = 2$;

$C_p = 68,2$; $x_p = 0,86$; $y_p = 0,72$; $u_p = 1$; $w_p = 0$; $q_p = 0,85$.

Отже, маємо

$$P_z = \frac{68,2 \cdot 2^{0,86} \cdot 0,1^{0,72} \cdot 8^1 \cdot 3 \cdot 2}{9^{0,85} \cdot 950^0} = 229,4 \text{ (Н)}.$$

За рисунком (3.2) знаходимо:

$$\frac{P_z}{r_1} = \frac{P_0}{r_2}, \quad (3.2)$$

$$P_0 = \frac{r_2 \cdot P_z}{r_1}, \quad (3.3)$$

де r_1 та r_2 – радіуси прикладання сил

Отже,

$$P_0 = \frac{229,4 \cdot 64}{61,5} = 239 \text{ (Н)}.$$

Силу тертя визначаємо за формулою:

$$P_{тер} = \frac{P_0}{f}, \quad (3.4)$$

де f – коефіцієнт тертя між заготовкою та затисковими елементами, 0,1.

$$P_{\text{тертя}} = \frac{239}{0,1} = 2390 \text{ (Н)}.$$

Силу затиску заготовки визначаємо за формулою:

$$P_x = P_{\text{тертя}} \cdot \cos \alpha, \quad (3.5)$$

де α – кут призми, 45° .

$$P_x = 2390 \cdot \cos 45^\circ = 1690 \text{ (Н)}.$$

Отже сила затискування заготовки в призмах лещат дорівнює:

$$Q = 2P_x, \quad (3.6)$$

$$Q = 2 \cdot 1690 = 3380 \text{ (Н)}.$$

Крутний момент на гвинті розраховується за формулою:

$$M_{\text{гв}} = Q \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \text{tg}(\beta + \rho), \quad (3.7)$$

де Q – зусилля на губках, Н;

d_2 – діаметр гвинта, мм. Приймаємо $d_2 = 0,035$ м;

β – кут підйому гвинтової лінії, який розраховується за формулою:

$$\beta = \text{arctg} \frac{P}{\pi \cdot d_2}, \quad (3.8)$$

де P – крок гвинтової лінії, мм. Приймаємо $P = 10$ мм.

$$\beta = \arctg\left(\frac{10}{3,14 \cdot 35}\right) = 5,2^\circ.$$

ρ – кут тертя. Приймаємо $\rho = 7^\circ$.

Тоді:

$$M_{кр} = 3380 \cdot \frac{0,035}{2} \cdot g \cdot (5,2 + 7) = 12,8 \text{ (Н}\cdot\text{м)}.$$

При діаметрі зубчастого колеса $d = 60$ мм, необхідне зусилля, що повинен передавати шток пневмоциліндра, розраховується за формулою:

$$F = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d} \quad (3.9)$$

$$F = \frac{2 \cdot 12,8}{60 \cdot 10^{-3}} = 426,6 \text{ (Н)}.$$

Далі розрахуємо діаметр пневмоциліндра, який створює силу затискання заготовки призмами за формулою:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta}{4} \quad (3.10)$$

де p – тиск повітря в пневмосистемі, 0,5 МПа

η – ККД пневмоприводу, 0,9

Після перетворення формула (3.10) має такий вигляд:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot p \cdot \eta}} \quad (3.11)$$

Отже:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 426,6}{\pi \cdot 0,5 \cdot 10^6 \cdot 0,9}} = 0,034 \text{ (м)}.$$

Із стандартного ряду значень діаметрів пневмоциліндрів вибираємо найближчий більший діаметр – 35 мм.

Визначаємо уточнену силу затягу:

$$F = \frac{3,14 \cdot 35^2 \cdot 0,5 \cdot 0,9}{4} = 432,7 \text{ (Н)}.$$

Крутний момент на зубчастому колесі уточнюємо за формулою (3.9):

$$M_{кр} = \frac{432,7 \cdot 0,05}{2} = 12,98 \text{ (Н·м)}.$$

3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

На наш погляд розрахунок слабкої ланки необхідно провести для шпонки, що з'єднує вал ходового гвинта із зубчастим колесом. Перевірку виконаємо по міцності шпонкового з'єднання на зминання та зріз.

Розрахунок на зминання:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot l_0 \cdot (h - 1)} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.12)$$

де $\sigma_{зм}$ – діюче напруження зминання, МПа;

$M_{кр}$ – номінальний обертовий момент, Н·м;

d – діаметр вала, мм;

l_0 – робоча довжина шпонки, мм, для призматичної шпонки з округленими кінцями $l_0 = l - b$;

h – висота шпонки, мм;

t – глибина паза на валу, мм;

$[\sigma_{зм}]$ – допустиме напруження, 100 МПа.

Отже,

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 12,98 \cdot 10^3}{[18 \cdot 14 \cdot (6 - 3,5)]} = 41,2 \text{ (МПа)} < 100 \text{ (МПа)}.$$

Міцність шпонкового з'єднання на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{S} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot h \cdot l_0} \leq [\tau_{зр}], \quad (3.13)$$

де $\tau_{зр}$ – діюче напруження зрізання, МПа;

$[\tau_{зр}]$ – допустиме напруження зрізання, $[\tau_{зр}] = 0,6 [\sigma_{зм}]$.

Отже,

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 12,98 \cdot 10^3}{[18 \cdot 14 \cdot (14 - 6)]} = 12,9 \text{ (МПа)} < 60 \text{ (МПа)}.$$

Умови міцності забезпечені.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

При техніко-економічному обґрунтуванні добору способу виготовлення заготовок необхідно порівняти два варіанти технології виготовлення. З цих двох варіантів обирають той спосіб виготовлення заготовок, що найбільше відповідає за вартістю, якістю виробу та продуктивністю праці. У разі однакової продуктивності праці, перевагу віддають варіанту із меншою вартістю, а за рівності вартості – більш продуктивному варіанту, але за умови обов'язкового забезпечення заданої якості виробів [7, 8, 31, 49].

Деталь вал насосного агрегату виготовляється зі сталі 45. Для порівняння беремо два методи виготовлення заготовки: 1) грескат; 2) штампування ГKM.

Собівартість заготовки можна розрахувати за формулою [7]:

$$C = 0,001 \cdot [C_{np} \cdot G_g \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_g \cdot K_{ms} \cdot K_{ob} - (G_g - G_d) \cdot C_{ex}] \quad (4.1)$$

де C , C_{np} – ціна заготовки та базова ціна однієї тони заготовок, виготовлених із базового матеріалу, з базовою точністю та складністю, грн.;

C_{ex} – ціна тонни металевих відходів, грн.;

G_g , G_d – маса відповідно заготовки та деталі, кг;

K_m , K_c , K_g , K_{ms} , K_{ob} – коефіцієнт, що залежить відповідно від класу точності, класу складності, програми, маси заготовки, марки матеріалу, від обсягу виробництва. Для першого і другого методу виготовлення заготовки значення базової ціни заготовок згаданих коефіцієнтів приймаємо відповідно до [7].

Укрупнено масу штамповки можна визначити за формулою:

$$G_g = \frac{G_d}{k_{в.м.}}, \quad (4.2)$$

де $G_d = 21$ – маса готової деталі, кг;

$k_{в.м.}$ – середній коефіцієнт використання металу, який відповідає даному методу виготовлення ([7]): для штампування $k_{в.м.} = 0,82$.

Маса штамповки становить:

$$G_{в.штмп} = \frac{21,0}{0,82} = 25,6 \text{ (кг)}$$

Маса заготовки з прокату становить:

$$G_{в.прок} = \frac{\pi \cdot (70 \cdot 10^{-3})^2}{4} \cdot 0,93 \cdot 7850 = 28,1 \text{ (кг)}$$

Базова ціна однієї тони сталі 45 за [1] $C_{об} = 62000$ грн.; ціна тонни відходів $C_{вх} = 9000$ грн.; $K_m = 1,25$, $K_c = 1,25$, $K_e = 0,83$, $K_{м.} = 1,0$, $K_{об} = 1,35$ (прокат); $K_m = 1,25$, $K_c = 1,27$, $K_e = 0,83$, $K_{м.} = 0,82$, $K_{об} = 1,27$ (штампування, клас точності – Т4, група сталі – М2, ступінь складності – С3, вихідний індекс – 12).

Собівартість заготовки, виготовленої з прокату:

$$C_{пр} = 0,001 \cdot [62000 \cdot 28,1 \cdot 1,25 \cdot 1,25 \cdot 0,83 \cdot 1,0 \cdot 1,35 - (28,1 - 21) \cdot 9000] = 2986,3 \text{ (грн.)}$$

Собівартість заготовки, виготовленої штампуванням:

$$C_{штм} = 0,001 \cdot [62000 \cdot 25,6 \cdot 1,25 \cdot 1,27 \cdot 0,83 \cdot 0,82 \cdot 1,27 - (25,6 - 21) \cdot 9000] = 2136,5 \text{ (грн.)}$$

Із проведених розрахунків видно, що собівартість заготовки, отриманої з прокату вища на 849,8 грн., ніж штампуванням.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити:

$$E = (2986,3 - 2136,5) \cdot 800 = 679840 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок загального штучного освітлення

Штучне освітлення проєктують двох видів, а саме загальне та місцеве. Загальне призначається для освітлення усього цеху, а місцеве використовується для освітлення конкретного робочого місця. Загальне освітлення розраховується методом світлового потоку [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

Необхідна кількість ламп визначається за формулою:

$$N = \frac{E_n \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta \cdot \Phi}; \quad (4.3)$$

де: $E_n = 500$ лк – значення нормативного освітлення цехів машинобудування;

$k = 1,15$ – коефіцієнт запасу (для світлодіодних ламп ЛПП);

$S = 288$ м² – площа приміщення, що освітлюється (24 × 12 м);

$z = 1,2$ – коефіцієнт номінального освітлення;

Φ – світловий потік;

η – коефіцієнт використання;

N – кількість ламп.

Коефіцієнт використання η знаходять по постійній приміщення:

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)}$$

де: a, b – довжина та ширина цеху, тобто $a = 24$ м, $b = 12$ м;

h – розрахункова висота; $h = H - h_f$;

$H = 8$ м – висота від підлоги до ферми;

$h_f = 1,2$ м – висота від підлоги до робочого місця;

Тоді

$$H = 8 - 1,2 = 6,8 \text{ (м)}.$$

Постійна приміщення дорівнює:

$$\eta = \frac{24 \cdot 12}{6,8 \cdot (24 + 12)} = 1,2$$

Отже, коефіцієнт використання $\eta = 0,54$.

Світловий потік світлодіодного світильника ЛПП Сігма 36W 4000K становить 3200 лк. Тоді знаходимо необхідну кількість ламп:

$$N = \frac{500 \cdot 1,15 \cdot 288 \cdot 1,2}{0,53 \cdot 3200} = 116 \text{ (шт)}.$$

Приймаємо для освітлення цеху по 29 світильників у 4 ряди.

4.3 Посуха, як різновид екологічної катастрофи

Екологічною катастрофою називають незворотне явище у природі. Воно являє собою один з її станів, що проявляється у природній аномалії. Наприклад, тривала посуха є природною катастрофою із тривалим періодом (від кількох тижнів до 3 місяців) стійкої погоди із високими для даної місцевості температурами, а також малою кількістю опадів. У результаті цього зменшуються ґрунтові запаси вологи та виникає пригнічення та загибель культурних рослин.

Поява посухи зазвичай пов'язана із встановленням малорухомого високого антициклону. Надлишок сонячного тепла та поступово спадаюча вологість повітря створюють підвищене випаровування (атмосферна посуха). У зв'язку з цим запаси ґрунтової вологи, без поповнення їх дощами, виснажуються (ґрунтова посуха). Поступово, зі збільшенням ґрунтової посухи, пересихають річки, озера, струмки та інші водойми. Отже, починається гідрологічна посуха.

Залежно від того, де спостерігаються гостра нестача вологи, розрізняють атмосферну та ґрунтову посухи. Під час першої створюється підвищене випаровування вологи за рахунок надлишку сонячної активності та зниженої вологості повітря. Під час ґрунтової посухи мова йде про виснаження ґрунту внаслідок відсутності дощів, за рахунок яких можливе оновлення запасу ґрунтових вод. Якщо цей період триває довго, те починають пересихати водойми. Тоді вже можливо говорити про гідрологічну посуху.

З урахуванням сезону посуха може бути весняною, літньою та осінньою.

Посуха небезпечна тим, що вона запобігає потраплянню води до кореневої системи рослин. Витрата вологи перевищує її надходження. Критично знижується водонасиченість тканин рослин, а також порушуються нормальні умови її росту. Весняна посуха може згубити ранні зернові культури, літня завдає шкоди плодовим рослинам, раннім та пізнім зерновим культурам, а осіння посуха винищує озмі.

Посуха також може призвести до виникнення тривалих пожеж на різних місцевості: степах, лісах, болотах (торфовищ). Це викличе небезпечне для організму дихання людини задимлення.

Для боротьби із посухами застосовують комплексні агротехнічні та меліоративні заходи. Серед них сполучення посівів різних видів культур, яким у певну пору року потрібна різна кількість опадів. Наприклад, озмі стійкі до літніх посух, але потребують вологи восени. Ранні ярові потребують особливої вологості у першій половині літа. Також агрономами вирощуються спеціальні сільськогосподарські культури, що стійкі до посухи.

Землі погрожують екологічна катастрофа, зі слів британських учених. Вони прогнозують це явище у глобальних масштабах, що викликане глобальним потеплінням. Це потепління підсилюється щодня. Активне танення полярних льодовиків створює цілий ряд екологічних проблем (збільшення рівня світового океану, посухи, втрата під водою крупних мегаполісів, зниження концентрації солі).

До речі, зниження концентрації солі може призвести до катастрофічних наслідків для сільського господарства. Воно опиниться у складних умовах внаслідок зменшення рівня опадів. Тому застосування систем зрошування буде іще більш актуальним.

ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення агрегату насосного, що застосовується у складі системи зрошування. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності валу агрегату насосного. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – середньосерійне.

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 зовнішньої поверхні валу $\varnothing 50h6$ мм розрахунково-аналітичним методом. Також на поверхні валу припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки, а саме фрезерування шпонкового пазу на валу. Здійснено розрахунки зусилля затиску, параметри силового приводу, а також слабкої ланки на міцність.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки валу насосного агрегату системи зрошування. Річний економічний ефект для програми випуску 800 шт. склав 679840 грн. Проведено розрахунки освітлення виробничого приміщення. Приділено увагу посусі, як різновиду екологічної катастрофи.

5 У графічній частині роботи наведено складальний креслення агрегату насосного системи зрошування, робочий креслення валу, креслення заготовки валу, а також складальний креслення затискного пневматичного пристосування для виконання операції фрезерування шпонкового пазу на валу.