

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

*бакалавр*

на тему: «Підготовка машинобудівного виробництва  
валу вертикального плунжерного насосу»

КРБ.133ГМбд\_31[2].05.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання*  
*сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве*  
*машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_31[2]  
КОЛЬЧЕНКО Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор  
САЙЧУК Олександр

**Полтава – 2025 року**

## ВСТУП

Плунжерні насоси широко застосовуються у сільському господарстві завдяки надійності, довговічності та здатності працювати з різними рідинами під високим тиском. Вони використовуються в системах зрошення, внесення добрив, транспортування кормових сумішей, обприскування, перекачування рідких добрив та агресивних хімікатів [32].

Відомим є те, що плунжерний насос працює за рахунок зворотно-поступального руху плунжера (поршня), який створює тиск та забезпечує подачу робочого середовища через клапани. Насоси цього типу здатні розвивати високий тиск, що робить їх доволі ефективними.

Перевагами плунжерних насосів є висока ефективність та стабільність роботи; довговічність за рахунок міцних матеріалів; здатність працювати з високими тисками; можливість перекачування в'язких та агресивних рідин; простота обслуговування та ремонту.

Серед недоліків варто зазначити: відносно висока вартість; чутливість до механічних забруднень; необхідність періодичного технічного обслуговування.

Отже, плунжерні насоси – незамінне обладнання для сільського господарства, що забезпечує подачу робочих середовищ у різних технологічних процесах агропромислового виробництва. Їх висока надійність та ефективність виправдовують витрати на придбання та експлуатацію.

**Мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є насос вертикальний плунжерний, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення валу.

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

- проаналізувати службове призначення вузла, здійснити аналіз точності, охарактеризувати конструкційний матеріал, що застосовуються для виготовлення деталі, а також визначити тип виробництва та підставі річної програми запуску виробу;

- здійснити зіп'рацювання на технологічність вузла та деталі, запропонувати маршрут обробки поверхонь деталі, а також визначити припуски та операційні розміри відомими методами;

- сконструювати затискне пристосування для реалізації процесу механічної обробки, а також визначити зусилля затиску, розрахувати параметри силового приводу, здійснити розрахунок слабкої ланки;

- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати заходи із точки зору охорони праці та захисту довкілля;

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

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

На розгляд виноситься насос вертикальний плунжерний (рисунок 1.1, таблиця 1.1). Характеризується подвійною дією та механічним приводом. Призначений для малоімпульсного транспортування трубопроводами, а також для перекачування рідких та сильнодиспергованих пластичних середовищ, у тому числі рідких кормів на тваринницьких підприємствах.

Рисунок 1.1 – Насос вертикальний плунжерний

Конструкція насосу базується на вертикальній схемі розташування циліндро-поршневої групи із безпосереднім її контактом із робочим середовищем і диференціальним проточним робочим органом, що надає можливість плавного регулювання продуктивності. Конструкція є конкурентоспроможною серед кращих світових аналогів.

За основу покладена перспективна конструкційна схема вертикального насосу із диференційним робочим органом і однією парною кульових клапанів. Вона

включає наступні основні вузли: насосну колонку, важільний механізм з пристроєм плавного регулювання довжини ходу робочого органу та привід. Насосна колонка розташовується вертикально. Вона включає всмоктувальний патрубок, робочу камеру зі всмоктувальним клапаном, циліндр, проточний поршень з розташованим в середині накопичувальним клапаном, шток поршня та компенсійну камеру. Кульові клапани є вільно діючими із обмеженням за висотою.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика

Всмоктувальний клапан рухається в сітці, а напруженою для нагнітаючого клапану слугує решітка, через яку проходить робоче середовище із проточного поршня в компенсійну камеру. Остання з'єднує проточний поршень з його штоком в одне ціле. Шток виходячи на поверхню, проходить через утильнийючий направляючий пристрій.

Обертний рух приводу перетворюється у зворотньо-поступовий рух поршня через кривошипно-шатунний та важільний механізми. Кривошипно-шатунний механізм включає встановлений на підшипниках ексцентрикний вал, на який надіта втулка, вона обертається відносно валу водилом. Установлений на ексцентрикній

втулці шатун приводить в рух важіль, задня частина якого шарнірно закріплена на корпусі насоса. Важіль за допомогою тяги, шарнірно закріпленої на його переднім кінці, здійснює зворотні поступові рухи робочого органу насоса.

Оскільки ексцентриситети ексцентрикових валу та втулки рівні, то за допомогою валика та ексцентрикової втулки, встановлених на ексцентриковому валу, здійснюється плавне регулювання загального кривошипу від нуля до максимуму, що, відповідно дозволяє в таких же межах змінювати довжину ходу диференційного робочого органу.

Привід включає у себе електродвигун, пасову та зубчасту передачі.

Конструктивно насосна колонка, кривошипно-шатунний механізми розташовані у середині литого чавунного корпусу. Зубчаста пара розташовується із зовні цього корпусу і герметично закривається литою чавунною кришкою. З протилежної її сторони розташовується пасова передача закрита кожухом. Для забезпечення безпечних умов роботи другим кожухом закритої важільний механізм.

Корпус електродвигуна та пристрій натягування пасової передачі встановлені на рамі. Знизу в насосну колонку встановлюється обмежувач висоти підйому, кулька та гніздо всмоктувального клапану. Потім герметично приєднується на чотирьох болтах всмоктувальний патрубок. У передній частині корпусу є вікно для доступу до всмоктувального клапану без демонтажу всмоктувального патрубку.

Легко замінні гільзи циліндра та штоку виготовлені зі сталі 40X13 з подальшим загартуванням до твердості HRC 56 та шліфуванням. Напрямні кільця поршня та штоку – чавунні, а їх ущільнюючі манжети – взаємозамінні. Їх конструкція розроблена спеціально для даного насоса.

Між верхнім зрізом гільзи циліндру та манжетом ущільнення штоку поршня в корпусі існує вікно, до якого двома болтами прикріплений нагнітаючий патрубок і через яке є доступ до нагнітаючого клапану. На нагнітаючому патрубку є мембранний датчик тиску, на якому встановлені манометр для візуального контролю тиску і електрогідравлічне реле, що змикає електродвигун насоса в

випадку перевищення тиску допустимої величини. Закінчується нагнітаючий патрубок уніфікованим швидкороз'ємним з'єднанням для підключення трубопроводу.

Для охолодження та прямивання ущільнювально-напрямного вузла штоку до верхньої частини насосної колонки приєднана ванночка, куди під час роботи насоса подається вода.

Усі шарніри у конструкції виконані за допомогою стандартних підшипників. Усі підшипники закриті та забезпечені пластичним мащенням, а нижній підшипник тяги знаходиться у масляній ванні.

Зубчата передача також працює у масляній ванні. У кришці, що її закриває, існують отвори для заливання та зливання оливи та контролю рівня. Зубчате колесо насаджено на консоль ексцентрикового валу, а шестерня та ведений шків розташовуються на протилежних консольних кінцях проміжного валу.

На краях ексцентрикового валу та втулки виконані конічні поверхні. Після встановлення необхідного взаємного розташування валу та втулки проводиться заклинювання цих конічних поверхонь затяжною гайкою через пружину. Момент затягування встановлений та уточнений експериментально з таким розрахунком, що у випадку, якщо тиск робочого середовища перевищить допустиму норму, а електрогідравлічне реле не спрацює, втулка повернулася на ексцентриковому валі та їх загальний ексцентриситет став близьким до нуля.

Таким чином, насос має потрійний захист від перевантажень: електрогідравлічне реле, пружина в регуляторі подачі, пасова передача.

Тиск що розвиває насос, обмежується міцністю гумотканинних рукавів, які застосовуються при подачі робочого середовища. Рукави що випускаються промисловістю для таких цілей, діаметром 50 мм, розраховані на тиск до 4 МПа.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є вал (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 – Вал

Вал має декілька функцій: передача обертового руху на ексцентрик, з'єднання між собою втулок, перетворення обертового руху в зворотно-поступовий рух поршня через кривошипно-шатунний і важільний механізми. Для здійснення цього оброблюється ексцентрик по розмірах вказаних на кресленикові.

### **1.2 Аналіз параметрів точності**

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.2), у якій наведені дані про точність виготовлення та якість обробки [3, 9, 11, 13, 18, 21, 25, 29, 40, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності

Номер пов-ні деталі	Назва поверхні (елемента)	Розміри з відхиленнями, мм	Квалітет точності	Точність форми	Точність положення	Шорсткість, R <sub>a</sub> , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Гізьба	M30x1,5	H7	-	-	-
2	Циліндрична	Ø27	k6	-	-	0,63
3	Циліндрична	Ø40	p6	-		1,6
4	Циліндрична	Ø48	p6	-		1,6
5	Циліндрична	Ø70	p6	-	-	1,6
6	Циліндрична	Ø74	h12	-	-	1,6
7	Циліндрична	Ø64	k6	-		0,8
8	Циліндрична	Ø60	k6	-		0,8
9	Гізьба	M12	H6	-	-	-
10	Отвір центровий	B2,5	H12	-	-	-
11	Торець	271	$\pm \frac{IT12}{2}$	-	-	6,3
12	Торець	80	$\pm \frac{IT12}{2}$	-	-	6,3
13	Торець	64	$\pm \frac{IT12}{2}$	-		6,3

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір у поверхні №2 – Ø27k6 і найнижча шорсткість R<sub>a</sub>=0,63 мкм. Деталь може бути виготовлена у заводських умовах.

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Деталі сьогodenних машин і конструкцій працюють в умовах надзвичайно високих динамічних навантажень, низьких або високих температур та підвищених концентрацій напружень. Отже, вимоги до вибору матеріалу ставляться дуже високі. При виготовленні деталі даного вузла у якості матеріалу застосовується сталь 40X за ДСТУ 7806-2015 [24, 37].

Сталь – це залізо-вуглецевий сплав з концентрацією вуглецю від 0,02 до 2,14%. Легованою називають сталь, в якій поряд із вуглецем додаються інші хімічні елементи, з метою одержання особливих властивостей: кислотостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості.

Конструкційна легована сталь марки 40X важко зварна, способи зварювання: ручне дугове зварювання, електрошлакове зварювання. Необхідний підігрів і наступна термообробка. Сталь 40X є флокеночутлива і схильна до відпускнуї крихкості.

З даного матеріалу виготовляють: осі, плунжери, штоки, кільця, різні вали (шестірні і колінчаті вали); болти; втулки. Різної товщини квадрат зі сталі 40X придатний для виготовлення деталей, що повинні мати підвищену міцність. Щільність – 7850 кг/м<sup>3</sup>, модуль пружності E = 214000 МПа, модуль зрушення G=85000 МПа. Температура кування – 800...1250°C. Перерізи до 250 мм прохолоджуються на повітрі.

Хімічний склад сталі 40X наступний. Кремній: 0.17-0.37; марганець: 0.50-0.80; мідь: 0.30; нікель: 0.30; сірка 0.035; вуглець: 0.36-0.44; фосфор: 0.035; хром: 0.80-1.10.

Сталь 40X підходить для виготовлення різних деталей, що поліпшуються. Із неї випускаються вироби підвищеної міцності. Замінниками є сталі марок 45X и 40XН, а також 38XA і 40XC.

Властивості матеріалу 40X, а також марка, хімічний склад та властивості матеріалу замітника наведено нижче в таблиці 1.4 та 1.5.

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу 40X валу та матеріал-аналог

Матеріал	Термообробка				Механічні властивості				
	Загартування		Відпуск		$\sigma_T$	$\sigma_B$	$\delta$	$\psi$	Твердість НВ, не більше
	Температура, °С	Середовище охолодження	Температура °С	Середовище охолодження	МПа		%		
40X	860	Слива	500	Вода або олива	785	980	10	45	
45X	840	Олива	520	Вода або олива	835	1050	9	45	229

Як бачимо, з характеристик, сталь 45X добре підходить для виготовлення деталі у якості замітника.

#### 1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях валу насосу вертикального плунжерного у кількості 150 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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;

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

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

$$N_{зан} = (150 + 0,04 \cdot 150) \cdot (1 + 0,025) = 160 \text{ (шт.)}$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [34] визначаємо тип виробництва – дрібносерійний.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його по ряду факторів, які відповідають технологічності виробу. Якщо вузол за якими-небудь параметрами не відповідає вимогам технологічності, то необхідно, за можливістю, вжити заходів з поліпшення конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності [23].

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

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

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

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

На основі цих факторів можна зробити висновок, що вузол є технологічним. Це приводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість деталей, але й одночасно підвищити їх якість.

В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з. п	Показники і вимоги до технологічності	Висновки по показниках технологічності	Заходи з покращення технологічності
1	2	3	4
	Необхідна наявність зручних технологічних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і надійне закріплення заготовки.	Не потрібні.
2	У деталях необхідно уникати отворів $L > (8...10)D$ .	У даному випадку такі отвори відсутні.	Не потрібні.
3	Конструкція деталі повинна дозволити установку і закріплення її простими пристосуваннями.	Конструкція деталі дозволяє установку і закріплення її простими пристосуваннями: пневматичними або ручними лебідками.	Не потрібні.
5	При аналізі креслення необхідна перевірка співвідношення між полями допусків і шорсткістю.	При проведенні аналізу креслення виявлено, що співвідношення між полями допусків і шорсткістю є задовільними.	Не потрібні.
6	Небажана наявність глухих шліфованих поверхонь.	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні.

Деталь «Вал» є технологічною з точки зору автоматизованого виробництва.

## 2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотню і до нього важке 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, так як асортимент продукції постійно змінюється, а тому основною задачею є перехід на дрібносерійний тип виробництва. Це значить, що необхідно зробити зміни у технологічному обладнанні. Тому при проектуванні необхідно замінити усі агрегати верстатів на верстатів із ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але у порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект. Крім того, при сьогоденній нестабільності в економіці та виробництві, при зміні асортименту продукції, що випускається, переналагодження верстатів не буде викликати особливих витрат.

## 2.3 Обробка поверхонь

Різні поверхні деталі виконують різні функції, тому вимоги до них найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю та іншими критеріями [3, 6, 9, 11, 13, 18, 21]. Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – 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:

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

Пропонуємо наступні обробки поверхонь деталі (таблиця 2.2).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь деталі

Позначення поверхні	Квалітет за кресленням	Допуск за кресленням, мкм	Шорсткість $R_a$ за кресленням	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Допусковий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОР				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	12	460	6,3	460	12	1	1	Фрезерування	12	400	1	1
2	12	460	6,3	460	12	1	1	Фрезерування	12	400	1	1
3	12	150	-	-	-	-	1	Свердління	12	150	-	-
4	12	150	-	-	-	-	1	Свердління	12	150	-	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	6	11	0,8	180	12	16,36	1	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,36
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
								Шліфування	6	11	1,64	
6	6	12	0,8	210	12	16,15	1	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
								Точіння чистове	7	21	1,57	
								Шліфування	6	13	1,6	
7	9	13	3,2	210	12	16,15	1	Точіння одноразове	9	84	2,5	16,15
8	9	11	3,2	100	12	16,36	1	Точіння одноразове	9	130	5,25	16,36
9	6	13	0,8	210	12	16,15	1	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
								Точіння чистове	7	21	1,57	
								Шліфування	6	13	1,6	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
10	6	13	0,8	210	12	16,15	1	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
								Точіння чистове	7	21	1,57	
								Шліфування	6	13	1,6	
11	8	13	0,8	210	12	16,15	1	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
12	7	11	1,6	180	12	16,36	1	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,36
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
13	9	13	3,2	210	12	16,15	1	Точіння одноразове	9	84	2,5	16,15
14	9	11	3,2	100	12	6,36	1	Точіння одноразове	9	130	6,3	6,3
15	6g	-	-	-	-	-	1	Нарізка різьби	6g	-	-	-

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
16	7	11	1,6	180	12	16,36	1	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,4
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
17	6	13	0,8	210	12	16,15	1	Точіння чорнове	10	84	2,5	16,15
								Точіння напівчистове	8	33	2,55	
								Точіння чистове	7	21	1,57	
								Шліфування	6	13	1,6	
18	7	11	1,6	180	12	16,36	1	Точіння чорнове	10	70	2,57	16,36
								Точіння напівчистове	8	27	2,59	
								Точіння чистове	7	18	1,5	
19	9	13	3,2	210	12	16,15	1	Точіння одноразове	9	84	16,2	16,15
20, 21, 22, 23	7	11	1,6	180	12	16,36	1	Фрезерування чорнове	10	70	2,57	16,36
								Фрезер. н/чист.	8	27	2,59	
								Фрезер. чист.	7	18	1,5	

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
24	11	130	6,3	84,2	15	6,46	1	Фрезерування чорнове	11	130	6,46	6,46
25	12	150	-	-	-	-	1	Свердління	12	150	-	-
26	9	11	3,2	100	12	16,36	1	Точіння одноразове	9	130	6,25	16,36
27	6H	-	-	-	-	-	1	Нарізання різби	6H	-	-	-

Приклад, для обробки поверхні  $\varnothing 64k6$ . Допуск за креслеником 0,019 мм, допуск заготовки – 1,6 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{1,6}{0,019} = 84,2.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 84,2}{0,46} \approx 4,2.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 4 етапів обробки для даної поверхні.

Загальний висновок: при виборі методів обробки кожної поверхні деталі будемо керуватися показниками собівартості обробки та збільшенням якості оброблюваних поверхонь.

#### 2.4 Розробка схем базування

Призначення баз є одним з основних та найскладніших розділів проектування технологічних процесів. Вибір схем базування ведеться згідно з послідовністю

виконання технологічного процесу, дотримуючись принципів єдності та сталості баз (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Схеми базування деталі

### **2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі**

Маршрут обробки деталі — це послідовність технологічних операцій, що необхідні для виготовлення деталі із заготовки. Він включає перелік обладнання, інструментів, режимів обробки та контролю якості.

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.4).



Продовження таблиці 2.4

## 2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Як відомо, застосовуються два методи для визначення припусків на обробку: розрахунково-аналітичний та табличний [29, 40, 48]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір  $\varnothing 60 \pm 0,05$  мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.3)$$

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

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

$\rho_{i-1}$  – сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетину осей, позиційне) і у деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході;

$\varepsilon_i$  – похибка встановлення заготовки на переході, що виконується.

Правильність розрахунку перевіряється за формулою:

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}}, \quad (2.4)$$

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 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці  $\varnothing 60k6$  мм

Технол. перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм		
	$R_z$	T	$\Delta$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$	
Кування	600	650	750	-	-	64,951	137	64,95	65,13	-	-	
Чорнове точіння	125	120	80	-	2·2000	60,951	70	60,95	61,02	4110	4000	
Чистове точіння	15	15	10	-	2·110	60,081	18	60,081	60,099	229	220	
Шліфування	5	15	-	-	2·40	60,001	11	60,001	60,012	87	80	
										$\Sigma$	4426	4300

Проводимо перевірку правильності розрахунку

$$2 \cdot z_{\max} - 2 \cdot z_{\min} = \delta_3 - \delta_d; \quad (2.5)$$

$$4426 - 4300 = 137 - 11;$$

$$126 = 126.$$

Для наочності результати розрахунку зручно зобразити графічно (рисунок 2.1).

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку ступені валу  $\varnothing 60k6$  мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$ , мм
1	2	3	4
1, 2	Торець	Точіння чорнове	6,0
3	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння листове	0,4
		Точіння тонке	0,1
4	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,4
		Точіння тонке	0,1
5	Торець	Точіння чорнове	3,0
6	Циліндрична	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,4
		Точіння тонке	0,1
7	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння чистове	0,4
8	Циліндрична, конічна	Точіння чорнове	3
		Точіння чистове	0,4
		Точіння тонке	0,1
9	Торець	Точіння чорнове	2,5
		Точіння листове	0,4
10	Циліндрична	Точіння чорнове	4,0
		Точіння чистове	0,4
		Точіння тонке	0,1

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (040 фрезерна) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 36, 38, 39]. Складальний кресленник пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – циліндр пневматичний; 2 – плита опорна; 3 – стійка права; 4 – стійка ліва; 5 – колона; 6 – планка 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 верстату із ЧПК. Деталь розміщується у пристосуванні на призмах, а правим торцем піджимається до упору. За допомогою цього здійснюється настроювання на потрібний розмір. Фіксують деталь у призмах за допомогою притискних планок, які при встановленій деталі піджимаються за допомогою пневмоциліндру.

Розроблене затискне пристосування є універсальним пристроєм у дрібносерійному виробництві. На ньому можна закріпляти та вести обробку заготовок, що мають циліндричний профіль поверхні у широкому діапазоні діаметрів, але не більше 30 мм, в призмах з  $\alpha = 90^\circ$  та  $\alpha = 120^\circ$ . Маючи додаткові комплекти призм можна вести обробку заготовок з різними профілями поверхні. Призми легко переустанавлиються. Це знижує витрати часу на підготовку пристосування для використання.

## 3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу

Заготовка закріплюється в призмах при фрезеруванні шпонкового пазу на поверхні  $\phi 60$  мм на глибину 5 мм. Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, яка необхідна для затиску  $W$ . На даній операції максимальна сила різання  $P$  при чорновому фрезеруванні деталі. Сила  $P_z$  намагається зігнути заготовку. Складемо рівняння рівноваги у вигляді  $\Sigma F_{iy}$  (всіма силами, що діють у площині  $Y$  ми нехтуємо, оскільки з правого боку знаходиться упор) [1, 28, 12, 36, 38, 39]:

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

де  $K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$  – коефіцієнти запасу

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

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

$K_2 = 1,4$  – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

$K_3 = 1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання при перервному різанні;

$K_4 = 1,0$  – коефіцієнт, який враховує постійність сил затискання;

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

$K_6 = 1,0$

Тоді  $K$  дорівнює:

$$K = 1,5 \cdot 1,2 \cdot 1,4 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 3,6.$$

Силу різання  $P_z$  визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^U \cdot z \cdot K_p}{D^q \cdot n^\omega} \cdot K \quad (3.2)$$

де  $t$  – глибина різання, 5 мм;

$S$  – подача, 0,1 мм/об;

$B$  – ширина фрезерування, 12 мм;

$z$  – кількість зубів фрези, 16;

$D$  – діаметр фрези, 100 мм;

$n$  – частота обертання фрези, 635 об/хв.;

$K_p = 1,1$  – загальний поправочний коефіцієнт

$C_p = 261$ ;  $x = 0,9$ ;  $y = 0,8$ ;  $U = 1,1$ ;  $q = 1,1$ ;  $\omega = 0,2$ ; – коефіцієнт та показники

ступеню.

Визначимо силу різання:

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

Але поряд з  $P_z$  ще діє  $P_y$ , співвідношення  $\frac{P_y}{P_z} = 0,4$ . Тому

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

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = (82,75 \cdot \sin 15^\circ + 33,1 \cdot \cos 15^\circ) \cdot 3,6 = 192,2 \text{ (Н)}.$$

Розрахунок силового приводу зводиться до визначення зусилля на ведучій ланці механізму по відомій силі затиску, а потім, по визначеному зусиллю на ведучій ланці знаходиться діаметр пневмоциліндру.

Для даного механізму можна записати:

$$Q = \frac{W}{i}, \quad (3.3)$$

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

З урахуванням цього зусилля  $Q = W = 192,19 \text{ (Н)}$ .

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot p \cdot \eta, \quad (3.4)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.5)$$

де  $D$  – діаметр поршня;

$d$  – діаметр штока, 15 мм;

$\eta$  – ККД пневмоциліндра;

$p$  – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

$\eta = 0,8$ ;  $p = 0,6$  МПа.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 192,19}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 10^6} + (15 \cdot 10^{-3})^2} = 0,023 \text{ (м)} = 23 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр  $D = 32$  мм.

### 3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Виконаємо перевірку на міцність різьбової частини штока. Дана ділянка штоку є найбільш ослабленою і має концентратор напружень (різьба). Умова міцності на розтяг має наступний вигляд:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot F}{\pi \cdot d_1^2} \leq [\sigma_p], \quad (3.6)$$

де  $\sigma_p$  і  $[\sigma_p]$  – відповідно розрахункове й допустиме напруження розтягу у поперечному перерізі нарізаної частини, МПа;

$F$  – розтягувальна сила, Н;

$d_1$  – внутрішній діаметр різі, мм.

У нашому випадку маємо:

$$\sigma_p = \frac{4 \cdot 192,19}{3,14 \cdot 0,007^2} = 5 \cdot 10^6 = 5 \text{ МПа} < [40] \text{ МПа.}$$



## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для валу, що виготовляється зі сталі 40Х, способи отримання заготовок для порівняння наступні: виготовлення із крутка та штампування на молотах [1, 4, 5, 30, 31, 49].

Точність розмірів заготовки з прокату 12..15 квалітет, шорсткість поверхні за  $R_z = 80 \dots 20$ , коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,45...0,5.

Точність розмірів, отриманих штампуванням 13..15 квалітет, шорсткість поверхні за  $R_z = 80 \dots 20$ , коефіцієнт використання матеріалу заготовки – 0,8...0,9.

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена з прокату.

$$Q_{заг} = \frac{Q_0}{k_i}, \quad (4.1)$$

де  $Q_0$  – маса деталі, кг ( $Q_0 = 0,15$ );

$k_i$  – коефіцієнт використання матеріалу.

$$Q_{заг} = \frac{0,15}{0,16} = 0,94 \text{ (кг)}.$$

При отриманні деталі штампуванням маса заготовки буде становити:

$$Q_{заг} = \frac{Q_0}{k_i} = \frac{0,15}{0,025} = 6 \text{ (кг)}.$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення. Визначаємо вартість заготовок. Вартість штампованої заготовки, грн.:

$$C_3 = Q_{заг} \left( \frac{C_{mat}}{1000} \cdot K_m \cdot K_e \cdot K_M \cdot K_n \cdot K_{ск} \right) - (Q_{заг} - Q_d) \frac{C_{від}}{1000}; \quad (4.2)$$

$C_{mat}$  – вартість тони матеріалу заготовки, грн., 45000;

$C_{від}$  – вартість тони відходів матеріалу заготовки, грн., 12000;

$K_m$  – коефіцієнт, що залежить від класу точності. Оскільки клас точності заготовки Т4, то  $K_m = 1,1$ ;

$K_e$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу,  $K_e = 1,05$ ;

$K_M$  – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, за  $K_M = 1,05$ ;

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва,  $K_n = 1,05$ ;

$K_{ск}$  – коефіцієнт, що залежить від конструктивної та технологічної складності заготовки,  $K_{ск} = 1,0$ .

Визначаємо собівартість штампованої заготовки:

$$C_3 = 5,9 \left( \frac{45000}{1000} \cdot 1,1 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \right) - (5,9 - 4,7) \frac{12000}{1000} = 323,7 \text{ (грн.)}$$

Визначаємо собівартість заготовки із прокату, грн.:

$$C = Q_{заг} \cdot C_{mat} - (Q_{заг} - Q_d) \frac{C_{від}}{1000}, \quad (4.3)$$

де  $Q_{заг}$  – маса заготовки, кг;

$C_{mat}$  – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн., 45;

$Q_d$  – маса деталі, кг;

$C_{від}$  – вартість 1 кг відходів, грн., 12.

Визначаємо собівартість заготовки з прокату:

$$C = 9,4 \cdot 45 - (9,4 - 4,7) \frac{12000}{1000} = 366,6 \text{ (грн.)}$$

Таким чином, порівнюючи отримані значення ціни заготовки, видно, що з економічної сторони, нам вигідно застосувати штампування. Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (366,6 - 323,7) \cdot 150 = 6435 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення штампування на молотах, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 42,9 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки з прокату.

## 4.2 Інженерний розрахунок штучного освітлення

Розрахунок штучного освітлення можна виконувати трьома методами [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

1. Метод коефіцієнта використання світлового потоку – точний розрахунок освітлення у невеликих приміщеннях, урахує світловий потік від джерела світла та відбитий світловий потік від основних поверхонь у приміщенні й співвідношення геометричних розмірів приміщення:

$$\Phi = \frac{E_r \cdot k \cdot S \cdot z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (4.4)$$

де  $\Phi$  – світловий потік однієї лампи, лм;

$E_n$  – нормативна освітленість, лк;

$k$  – коефіцієнт запасу на особливості ламп;

$S$  – площа освітлюваного приміщення, м<sup>2</sup>;

$z$  – коефіцієнт запасу на нерівномірність освітлення;

$N$  – кількість світильників, шт.;

$n$  – кількість ламп у світильнику, шт.

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

2. Точковий метод – розрахунок освітлення у великих приміщеннях або на відкритих майданчиках у будь-якій точці на робочих поверхнях. Принцип розрахунку за даним методом полягає у визначенні освітленості однієї характерної точки на робочій поверхні від точкового джерела світла за номограмою розподілення освітленості даного світильника, залежно від висоти та відстані. Загальна освітленість обчислюється методом суперпозиції, сумуванням освітленості від різних джерел.

Освітленість горизонтальної поверхні:

$$E_d = \frac{I_\varphi \cos^3 \varphi}{kH^2}, \quad (4.5)$$

де  $I_\varphi$  – сила світла, що визначається за спеціальними графіками довідкової літератури;

$\varphi$  – кут, що утворюється вертикаллю і лінією, яка з'єднує джерело світла з розрахунковою точкою;

$k$  – коефіцієнт, котрий ураховує можливість зашвилення світильника;

$H$  – висота підвішування світильника.

Освітленість у контрольній точці, створюваній усіма світильниками, можна визначити згідно із залежністю:

$$E = \frac{\Phi \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n (e_i \cdot \psi_i)}{P \cdot k}, \quad (4.6)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт додаткової освітленості;

$e_i$  – умовна освітленість, створена  $i$ -м світильником у контр. точці;

$\psi_i$  – перехідний коефіцієнт до горизонтальної площини.

3. Метод розрахунку за питомою потужністю – наближений розрахунок освітленості на великих майданчиках. Принцип розрахунку полягає в майже прямо пропорційній залежності між світловим потоком та потужністю серед ламп одного типу.

Кількість ламп у прожекторній установці:

$$n = (0,16 \dots 0,25) \frac{\sum_{i=1}^n e_i \cdot k \cdot S \cdot m}{P}, \quad (4.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу на запилення;

$m$  – коефіцієнт, що враховує залежність між світловим потоком і потужністю лампи;

$P$  – потужність однієї лампи, Вт.

Для оптимального освітлення важливо виключити засліплюючу дію світильників і прожекторів, яка залежить в основному від висоти їх підвішування. Тому при розрахунках освітленості найбільш вигідну висоту підвішування можна приблизно визначити з виразу  $h = 0,4\sqrt{S}$ , м.

Мінімально допустима висота розміщення прожекторів:

$$h_{\min} = 0,038 \sqrt{I_{\max}} = \sqrt{I_{\max} / 300}, \text{ м.} \quad (4.8)$$

Нам необхідно розрахувати точковим методом освітленість у контрольній точці А (рисунок 4.1) горизонтальної робочої поверхні, що освітлюється вісьма однаковими світильниками типу «Астра» з 1-єю лампою у світильнику. Коефіцієнт

додаткової освітленості приймаємо  $\mu=1,0$ . Перехідний коефіцієнт для горизонтальної площини  $\psi_1=1,0$ . Відстань у плані  $\ell=3$  м,  $c=1,5$  м, лампи типу ДРЛ 800 Вт,  $H=4$  м,  $h_p=0,8$  м,  $h_c=0,5$  м;  $\Phi_{\text{факт}}=5000$ .

Рисунок 4.1 – Розрахункова схема

1) розрахункова висота підвішування світильника:

$$h = H - h_p - h_c, \text{ м}; \quad (7.9)$$

$$h = 4,0 - 0,8 - 0,5 = 2,7 \text{ (м)};$$

2) визначаємо проекції відстаней від світильників 1...8 до розрахункової точки:

$$d_1 = \sqrt{1,5^2 + 7,5^2} = 7,65 \text{ (м)}; \quad d_2 = \sqrt{1,5^2 + 4,5^2} = 4,74 \text{ (м)}; \quad d_3 = d_4 = \sqrt{1,5^2 + 1,5^2} = 2,12 \text{ (м)};$$

$$d_5 = 8,75 \text{ м}; \quad d_6 = 6,36 \text{ м}; \quad d_7 = d_8 = 4,74 \text{ м};$$

3) умовна освітленість, створена одним  $i$ -м світильником у контрольній точці, згідно з номограмою:  $e_1=0,5$  лк;  $e_2=2$  лк;  $e_3=e_4=13$  лк;  $e_5 \approx 0$  лк;  $e_6=0,1$  лк;  $e_7=e_8=2$  лк;

4) освітленість у контрольній точці, створена всіма світильниками:

$$E_{\text{факт}} = \frac{\Phi_{\text{факт}} \cdot \mu \cdot \sum_{i=1}^n (e_i \cdot \psi_i)}{1000 \cdot k} \quad (\text{лк}). \quad (4.10)$$

де  $k$  – коефіцієнт запасу на запилення;

$$E_{\text{факт}} = \frac{50000 \cdot 1,0 \cdot 33,2}{1000 \cdot 1,5} = 1660 \quad (\text{лк}).$$

Отже,  $E_{\text{факт}}=1660$  лк >  $E_{\text{н}}=1250$  лк, отже освітленість у контрольній точці А задовольняє вимоги норм.

#### 4.2 Екологічні аспекти

Використання насосів у сільському господарстві має як позитивний, і негативний вплив на довкілля. Розглянемо основні екологічні аспекти їх застосування.

##### 1) Позитивні аспекти

1.1. Рациональне використання води (насоси забезпечують краплинне та мікрозрошення, зменшуючи втрати води та знижуючи засолення ґрунту).

1.2. Сучасні насосні системи допомагають оптимізувати подачу води, запобігаючи переливам та водній ерозії.

1.3. Зниження енергоспоживання (енергоефективні насоси з частотним регулюванням зменшують витрати електроенергії)

1.4. Використання сонячних та вітрових насосних станцій знижує викиди парникових газів.

1.5. Охорона ґрунтів та екосистем (контрольоване зрошення дозволяє зберігати структуру ґрунту та запобігає деградації земель).

1.6. Поліпшення вологості ґрунту сприяє збільшенню біологічної різноманітності в агроландшафтах.

## 2. Негативні аспекти.

2.1. Надмірне споживання води (неефективні насосні системи можуть призвести до виснаження підземних вод та зміни гідробалансу).

2.2. Інтенсивне зрошення може викликати засолення ґрунту, що погіршує його родючість.

2.3. Забруднення води (насоси використовуються для подачі добрив (фертигації), але при поганому контролі можливе змивання хімікатів у водойми. Вода з полив може містити залишки пестицидів та нітратів, викликаючи евтрофікацію річок та озер).

2.4. Енергетичні витрати та викиди CO<sub>2</sub> (дизельні насосні станції викидають парникові гази та сприяють забрудненню повітря).

2.5. Електричні насоси під час роботи від неекологічних джерел (наприклад, вугільних електростанцій) збільшують вуглецевий слід.

Для мінімізації негативного впливу необхідно:

- використовувати крапельне зрошення замість поверхневого поливу;
- застосовувати сонячні та вітряні насоси для зниження викидів CO<sub>2</sub>;
- оптимізувати роботу насосів за допомогою датчиків вологості ґрунту;
- проводити контроль якості води для запобігання забрудненню водойм.

Отже, сучасні технології допомагають зробити насосні системи екологічнішими та ефективнішими, знижуючи їх вплив на навколишнє середовище.

## ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення насосу вертикального плунжерного. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме валу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замінника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталей. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь валу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні  $\varnothing 60^{+0,6}$  мм розрахунково-аналітичним та табличним методами для інших поверхонь.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час фрезерної обробки деталі. Визначено зусилля затиску. Розраховано параметри силового приводу. Проведено розрахунок слабкої ланки на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки. Річний економічний ефект під час порівняння між двома заготівельними технологіями для програми випуску 150 шт. склав 6435 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки штучного освітлення. Приділено увагу екологічним аспектам використання насосного обладнання під час міського господарського виробництва.

5. У графічній частині роботи наведено складальний кресленик насосу вертикального плунжерного, кресленик валу, кресленик заготовки, складальний кресленик затискного пристосування для виконання фрезерної операції механічної обробки.