

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

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Організація виробництва стакану нагнітального
клапану водяного насосу»

КРБ.133ГМбд_31[2].04.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_31[2]
КИБКАЛО Владислав

Керівник: докт. техн. наук, професор
САЙЧУК Олександр

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Вода є життєво важливим ресурсом у сільському господарстві. Ефективне управління її розподілом відіграє ключову роль у підвищенні продуктивності та стійкості сільськогосподарських процесів. Плунжерні насоси, завдяки своїй конструкції та принципу роботи, стали незамінними інструментами для зрошення, водопостачання та керування рідинами. Ці насоси забезпечують надійну та стабільну подачу води з різних джерел, що особливо важливо в умовах мінливого клімату та нестачі водних ресурсів. Їхня висока ефективність, довговічність і здатність працювати в складних умовах роблять плунжерні насоси ідеальним рішенням для фермерів, які прагнуть оптимізувати свої господарські процеси та збільшити врожайність [32].

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (стакан), є складовою насосу водяного плунжерного.

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

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 на підставі річної програми запуску виробу;
- здійснити відпрацювання 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 водяний (рисунок 1.1, таблиця 1.1). Плунжерний насос має вертикальну конструкцію одинарної дії з нерухомим циліндром 9, з рухомим стальним плунжером 10 і кульковими клапанами. Насос опускається у свердловину.

Рисунок 1.1 – Насос водяний: 1 – шток; 2 – втулка різьбова; 3, 6 – перехідник;
4 – втулка; 5, 8, 12 – стакан; 7 – гайка; 9 – циліндр; 10 – плунжер;
11, 18, 22 – корпус; 13 – сідло; 14, 20 – наконечник; 15, 19 – перехідник;
16 – клітка; 17 – сідло; 21 – муфта; 22 – кожух; 23, 24 – кулька

Основна технічна характеристика наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

Назва параметра	Величина
Діаметр поршня, мм	36
Величина ходу поршня, м	3,0
Коливання швидкості переміщення поршня, м/с	0,2...2,0
Теоретична продуктивність при швидкості поршня 1 м/с, м ³ /год	3,6
Габаритні розміри, мм	54×4800
Маса, кг	180

Насос приводиться в рух від електродвигуна через редуктор, за допомогою кривошипно-шатунного механізму. Обертний рух перетворюється у зворотно-поступальний. Цей рух передається плунжеру насоса.

При ході плунжера вгору під ним зменшується тиск і рідина з міжрубоного простору, через відкритий всмоктувальний клапан, потрапляє до циліндру насоса.

При ході плунжера вниз всмоктувальний клапан зачиняється, а нагнітальний клапан відчиняється, і рідина з циліндра переходить в підйомні труби. При безперервній роботі насоса рівень рідини піднімається, рідина доходить до верху свердловини і через трійник переливається у напірну лінію.

Для приєднання плунжера до колони насосних штанг, насос обладнаний штоком з різьбою 1, який накручено на деталь 8 та закріплено контргайкою 7.

Циліндр насоса є набором втулок, стягнутих у кожуху 22 за допомогою перехідників 6 і 15, вкручених у внутрішні різьби кожуха.

Циліндр разом зі всмоктувальним клапаном повинен бути герметичним. Для цього його піддають гідравлічному випробуванню при сталому тиску $P=1,25H$, де H – глибина спуску.

Деталлю, що виноситься на детальний розгляд, є стакан (рисунок 1.2). Деталь служить для сполучення штока з плунжером та одночасного пропускання рідини з

порожнини плунжера у труби. Для цього вона має внутрішню різьбу $M16 \times 1,25$ з боку штока і зовнішню різьбу $M27 \times 1,25$ з боку плунжера та три пази, які розташовані під кутом 120° . Заготовкою для цієї деталі служить круг діаметром 30 мм.

Рисунок 1.2 – Стакан

Деталь «Клітка», що також наведена у графічній частині роботи, служить для обмеження руху кульки клапана. Вона має три наскрізні пази для пропускання рідини. Заготовкою є круг діаметром 20 мм. Основною вимогою точності цієї деталі є отвір $D=14H11$ та зовнішня поверхня $D=20h7$. Поверхня отвору, що контактує з кулькою, повинна бути прошліфованою до $Ra\ 1,25\ \mu\text{м}$, з умовою наступного припрацювання.

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 відхилен- нями	Квалітет точності	Точ- ність форми	Точність положення	Шорст- кість, R_a
1	2	3	4	5	6	7
1	Отвір	Ø13	H14	-	-	6,3
2	Фаска	2×45°	h14	-	-	6,3
3	Циліндрична	Ø28	h7	-	-	6,3
4	Різьба	M27×1,25	6g	-	-	3,2
5	Циліндрична	Ø22	h14	-	-	6,3
6	Конус	<45°	h14	-	-	6,3
7	Конус	<45°	h14	-	-	6,3
8	Циліндрична	Ø24	h11	-	-	6,3
9	Фаска	2×45°	h14	-	-	6,3
10	Різьба	M16×1,25	6H	-	-	3,2
11	Паз	4×32	H14	-	-	3,2
12	Скос	<12°	h14	-	-	3,2
13,14	Торець	$\frac{74}{4}$	$\pm \frac{IT12}{2}$	-	-	6,3

Провівши аналіз якості виконання поверхонь деталі, маємо, що найточніший розмір у поверхні № 3 – Ø28h7. Найнижча шорсткість $R_a=3,2$ мкм (поверхні 4, 10, 11, 12). Деталь може бути порівняно легко виготовлена у заводських умовах.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Деталі сучасних машин і конструкцій працюють в умовах високих динамічних навантажень, підвищених концентрацій напружень та низьких або високих температур. Отже, вимоги до вибору матеріалу ставляться дуже високі. При виготовленні деталей даного вузла в якості матеріалу застосовується сталь 45 за ДСТУ 7809-2015 [24, 57]. Отже, охарактеризуємо дану сталь.

Сталь 45 відноситься до ряду конструкційних вуглецевих сталей, які використовуються для виготовлення деталей машин, конструкцій і споруд. Хімічний склад матеріалу, а також марку і хімічний склад матеріалу замінника наведено нижче в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу деталей

Матеріал	C	Si	Mn	Cr	P	S	Cu	Ni
					Не більше			
45	0,42-	0,17-	0,50-	0,25	0,035	0,040	0,30	0,30
	0,50	0,37	0,80					
40X	0,41-	0,17-	0,50-	0,8-	0,035	0,035	0,30	0,30
	0,49	0,37	0,80	1,60				

Сталі – це залізо-вуглецеві сплави з концентрацією вуглецю від 0,02 до 2,14%. Легованими називають сталі, у яких поряд із вуглецем додаються інші хімічні елементи, з метою одержання особливих властивостей: кислотостійкості, жаростійкості, корозійної стійкості.

Конструкційна вуглецева сталь марки 45 добре гартується. Сталь 45 має твердість після покращення 20-25 HRC. Зі сталі 45 виготовляють стакани, клітку шток, кожух, гайки, плунжер, циліндр та інші деталі насосу.

Як бачимо, з характеристик, сталь 45 добре підходить для виготовлення деталей.

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях стакану насосу водяного у кількості 600 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 заготовки, приймаємо рівною 3-5% від програми випуску, тис. од;

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

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

$$N_{зан} = (600 + 0,04 \cdot 600) \cdot (1 + 0,025) = 624 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла є одним з ключових моментів, так як саме цей пункт визначає, наскільки змінено буде процес складання та пригонки частин вузла. Крім того, аналіз технологічності є одним з найважливіших моментів у поліпшенні ергономічних, економічних та технічних якостей вузла [23].

При аналізі вузла на технологічність необхідно перевірити його по ряду факторів, які відповідають технологічності виробу. Якщо вузол по яким-небудь параметрам не відповідає вимогам технологічності, то необхідно (по можливості) здійснити заходи по поліпшенню конструкції. Нижче перераховані основні вимоги до технологічності.

1. При складанні вузла припасувальні роботи відсутні. Це пояснюється точністю виготовлення деталей, правильним вибором конфігурації деталей, доцільним їх розташуванням, застосуванням прокладок, які компенсують похибку при встановленні.

2. Вузол не має у своєму складі стандартних деталей, але має ряд уніфікованих деталей, що значно спрощує його виготовлення. Наглядно це можна представити у вигляді коефіцієнтів стандартизації та уніфікації.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{E_{cm}}{E} = \frac{6}{24} = 0,25 \quad (2.1)$$

де E_{cm} – кількість стандартизованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{E_y}{E} = \frac{8}{24} = 0,33, \quad (2.2)$$

де E_y – кількість уніфікованих одиниць,

E – загальна кількість одиниць.

Оцінка технологічності складальної одиниці за коефіцієнтами стандартизації та уніфікації проводиться з метою поліпшити технологічні властивості деталі, зменшити кількість не стандартизованих деталей, унікальних трудомістких деталей.

3. Можливість спрощення з'єднання деталей виключається, так як при цьому зміниться герметичність вузла. У даному випадку з'єднання деталей найпростіше і зменшення кількості деталей виключається. Вузол не має зайвих складових частин. Дана складальна одиниця піддається в умовах експлуатації періодичним розбиранням при ремонті. Вузол технологічний з точки зору процесу розбирання завдяки простому закріпленню одної деталі до іншої, наявності різьбового з'єднання і складових частин.

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

На основі цих факторів можна зробити висновок, що технологічність забезпечується. Це призводить до спрощення та скорочення трудомісткості складання, дозволяє не тільки знизити вартість виробів, але й одночасно підвищити їх якість. При складанні, для збільшення ефективності праці, необхідно передбачити гідравлічне запресування, що полегшує встановлення деталей, встановлення втулок та ін. Це дозволить також значно підвищити точність складальної одиниці.

Технологічність деталі представляє собою сукупність властивостей конструкції, визначаючих її пристосованість до досягнення оптимальних затрат при виробництві, експлуатації та ремонті для заданих показників якості, об'єму випуску і умов виконання робіт.

Аналіз проведений в декілька етапів:

1. Аналіз раціональності конструктивних форм деталі;
2. Розгляд поверхні деталі з точки зору їх використання у ролі установчих технологічних баз;
3. Аналіз взаємозв'язку точності форм і розмірів, а також шорсткості поверхонь.

В таблиці 2.1 наводимо аналіз технологічності деталі.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність деталі

№ з.п	Показники вимог до технологічності	Висновки за показниками	Зауваження з поліпшення технологічності
1		3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, які забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільний підхід інструмента до оброблюваної поверхні.	Деталь має зручні технологічні бази. Таким чином забезпечується необхідна орієнтація і закріплення заготовки.	Не потрібні
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою простих затискних пристроїв та пристосувань.	Так як деталь має циліндричну форму і закріплюється в патроні або центрах верстата без проблем.	Не потрібні
3	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь має один отвір – наскрізний Ø 13мм. Тому при свердлінні операція виконується на прохід, деталь затискається в патроні.	Не потрібні

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
4	Розміри і розташування отворів на корпусі деталі повинні дозволити багатошпindelну обробку.	Дана вимога виконується.	Не потрібні
5	Для можливості автоматизації обробки не бажано застосовувати різбові отвори < Ø 6 мм.	В деталі застосовується різбовий отвір Ø 16 мм.	Не потрібні
6	В конструкції деталі необхідно передбачати можливість захвату її роботом.	Захват деталі може проводитися роботом за циліндричну поверхню деталі.	Не потрібні
7	Не бажана наявність глухих шліфованих поверхонь	Деталь не має глухих шліфованих поверхонь.	Не потрібні
8	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
9	При обробці деталей із шпонковими канавками, надавати перевагу валам з шпонковими канавками, що обробляються дисковими фрезами.	Деталь взагалі не має шпонкових канавок.	Не потрібні

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
10	Вали повинні мати центрові отвори, корпусні деталі повинні дозволити багатошпindelну обробку.	Дана вимога виконується.	Не потрібні
11	Для можливості автоматизованої збірки необхідно передбачати на установчих поверхнях лиски, конуси і т. ін.	Дана деталь має лиски, що полегшує її встановлення.	Не потрібні

Зробивши огляд ознак технологічності деталі, робимо висновок про придатність для умов автоматизованого серійного виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Даний вузол повинен виготовлятися в умовах серійного виробництва, тому діючі технологічні процеси мають свою специфіку. Сюди відносяться і застосування універсального обладнання, і верстатів з ЧПК.

При аналізі діючого технологічного процесу видно, що він розроблений грамотно і досить важко зробити які-небудь значні доповнення. У базовому технологічному процесі використовуються переважно агрегатні верстати, які мають велику вартість, більшу собівартість налагодження та дуже велику складність переналагодження на іншу продукцію (практично неможливе). Тому при проектуванні даного технологічного процесу необхідно замінити всі агрегатні верстати на верстати з ЧПК. З одного боку це дещо збільшить час на обробку деталей, але в порівнянні з витратами на підготовку виробництва в цілому дасть значний економічний ефект.

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:

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

де ε – загальне значення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

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

Розкладаючи загальне значення на співмножники, потрібно врахувати 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:

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

Приклад, для обробки поверхні – $\varnothing 28h7/0,021$. Допуск за креслеником 0,021 мм, допуск заготовки – 0,6 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{0,6}{0,021} = 28,6.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 28,6}{0,46} \approx 3,2.$$

Отже, необхідно передбачити не менше 3 етапів обробки для даної поверхні.

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 Ra за кресленням	Допуск заготовки, мкм	Квалітет заготовки	Загальне уточнення	Можливі маршрути обробки поверхонь		Квалітет після обробки	Додатковий допуск, мкм	Коефіцієнт уточнення	Загальне уточнення
							Номер маршруту	Перехід МОП				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	11	110	6,3	1850	15	16,09	1.	Свердління	11	100	6,38	16,09
2	11	130	6,3	1850	15	16,09	1.	Точіння фаски	11	60	6,38	16,09
3	7	20	6,3	1850	15	16,09	1.	Точіння чорнове	9	100	6,38	16,09
								Точіння чистове	7	20	2,52	
4	7	20	6,3	1850	15	6,38	1.	Точіння напівчистове	9	100	6,38	6,38
								Точіння чистове	7	20	2,52	
5	11	130	6,3	1850	15	6,39	1.	Точіння одноразове	11	100	6,39	6,39

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
6	11	100	6,3	1850	15	40	1.	Точіння одноразове	11	100	6,36	6,36
7	11	100	6,3	1850	15	40	1.	Точіння одноразове	11	100	6,36	6,36
8	11	100	6,3	1850	15	40	1.	Точіння одноразове	11	100	6,36	6,36
9	6g	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6g	-	-	-
10	11	130	6,3	1850	15	40	1.	Точіння напівчистове	14	320	7,5	40
								Точіння чистове	11	130	3,48	
11	11	100	6,3	1850	15	40	1.	Точіння одноразове	11	100	6,36	6,36
12	6H	-	-	-	-	-	1.	Нарізання різьби	6H	-	-	-
13	11	150	3,2	1850	15	6,39	1.	Фрезерування одноразове	11	150	6,36	6,36
14	11	150	3,2	1850	15	6,39	1.	Фрезерування одноразове	11	150	6,36	6,36

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

2.4 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних маршрутів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва (таблиця 2.3).

2.5 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 $\varnothing 28h7_{(-0,021)}^{+0,021}$ мм.

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

$$2z_{i \min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.4)$$

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, перетину 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:

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

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 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункова карта припусків і граничних розмірів за технологічними переходами при обробці $\varnothing 28h7_{(-0,021)} \text{ мм}$

Технологічний перехід	Елементи припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R	T	Δ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Прокат	125	120	80	-	-	30,0	260	29,97	30,23	-	-
Чорнове точіння	60	80	60	-	2·900	28,3	52	28,3	28,352	1878	1670
Чистове точіння	15	15	10	-	2·150	28,0	21	27,979	28	352	321
Σ										2230	1991

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

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

$$2230 - 1991 = 260 - 21;$$

$$239 = 239.$$

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

Рисунок 2.1 – Графічна схема розташування припусків на обробку
ступені валу $\varnothing 28H7(k6)$ мм

На решту поверхонь деталі припуски визначаємо табличним способом із використанням довідників. Конкретні значення припусків заносимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Припуски на механічно оброблювані поверхні деталі

№ поверхні	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск $Z_{\min}$, мм
1	2	3	4
1	Отвір Ø13	Свердління одноразове	0,2
2	Циліндрична	Точіння одноразове	0,2
3	Циліндрична	Точіння чорнове	0,9
		Точіння чистове	0,15
4	Циліндрична	Точіння напівчистове	1,0
		Точіння чистове	0,1
5	Циліндрична	Точіння одноразове	0,3
6	Циліндрична	Точіння одноразове	0,2
7	Циліндрична	Точіння одноразове	0,3
8	Циліндрична	Точіння одноразове	0,2
9	Різьбова M27×1,5-6g	Точіння одноразове	0,1
10	Циліндрична	Точіння напівчистове	1,0
		Точіння чистове	0,4
11	Циліндрична	Точіння одноразове	0,3
12	Різьбова	Нарізання різьби мітчиком	-
13	Площина	Фрезерування одноразове	0,4
14	Площина	Фрезерування одноразове	0,5

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки деталі (015 токарна із ЧПК) 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 – кулачок змінний, 2 – кулачок основний; 3 – куштка; 4 – корпус; 5 – шток; 6 – тяга; 7, 13 – штифт; 8 – ексцентрик; 9 – шток; 10 – болт спеціальний; 11 – втулка; 12 – упор; 14 – пружина; 15 – гвинт.

Пристосування призначене для базування та закріплення деталей типу «стакан» при їх обробці на верстатах з ЧПК.

Затиск та розтиск заготовок здійснюється за допомогою пневматичного приводу, що встановлено на задньому кінці шпинделя верстата. При переміщенні поршня циліндра, з'єднаного тягою зі штоком 5, з клиновими замками, встановленими в отворах корпусу 4, основні кулачки 2 зі змінними кулачками 1 переміщуються до центру або від центру патрона, затискаючи або розтискаючи заготовку. Отвір у корпусі закрито кришкою 3. Швидка заміна або переустановка кулачків здійснюється поворотом ексцентриків 8, що рухають тяги 6, відмикаючи змінні кулачки 1. Штифти 7 запобігають випаданню ексцентриків 8 з корпусу патрона. Після заміни або переустановки кулачка його закріплюють поворотом ексцентрика 8 у протилежному напрямку.

3.2 Розрахунок зусилля затиску та параметрів силового приводу

Визначимо силу, яка необхідна для затиску W деталі під час токарної обробки [7, 28, 12, 36, 38, 39]. На даній операції максимальна сила різання P_z при чорновому точінні деталі. Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення. Складемо рівняння рівноваги у вигляді $\sum F_{iy}$:

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

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

де f – коефіцієнт тертя

Тоді рівняння (3.1) прийме вигляд:

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

Звідки

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

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

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

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

$K_2 = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує затуплення РІ;

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

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

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

$K_6 = 1,0$

Тоді K дорівнює:

$$K = 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 2,4.$$

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Розрахуємо силу різання при точінні за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (3.5)$$

де C_p – коефіцієнт, 40;

t – глибина різання, мм, 0,5;

S – подача, мм/хв, 0,15;

V – швидкість різання, м/хв. (не розраховуємо, т.я. показник ступеня 0);

x, y, n – показники ступеня ($x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = 0$).

Визначаємо загальний поправочний коефіцієнт:

$$K_p = K_{mP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{\tau P}, \quad (3.6)$$

де $K_{mP} = 1,1$ – коефіцієнт, який враховує матеріал заготовки;

$K_{\phi P} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma P} = 1,1$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\alpha P} = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу головного леза;

$K_{rP} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіуса при вершині.

Тоді

$$K_P = 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,1.$$

$$P = 10 \cdot 40 \cdot 0,5^{1,0} \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1,1 = 53 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{53 \cdot 24}{0,1} = 1272 \text{ (Н)}.$$

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

Для даного механізму можна записати:

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

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

З урахуванням цього зусилля $Q = W = 1272 \text{ (Н)}$.

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндру:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} p \eta. \quad (3.8)$$

З цієї формули виразимо значення діаметра:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi p \eta} + d^2}, \quad (3.9)$$

де D – діаметр поршня;

d – діаметр гітса, 8 мм;

η – ККД пневмоциліндру;

p – тиск повітря, що подається у пневмоциліндр.

$\eta = 0,8$; $p = 0,6$ МПа.

Обчислимо:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1272}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 10^6} + (8 \cdot 10^{-3})^2} = 0,058 \text{ (м)} = 58 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 63$ мм.

3.3 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Розрахунок проведемо для осі, що з'єднує шток пневмоциліндру та важелі.

Обчислення виконуватимемо на зріз за формулами опору матеріалів:

$$\tau = \frac{P_{\max}}{F_{\min}} \leq [\tau],$$

$P_{\max}$ – максимальне значення зусилля затиску, Н;

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

$$P_{\max} = \frac{3,14 \cdot (63^2 - 8^2)}{4} \cdot 0,6 \cdot 0,8 = 1471,4 \text{ (Н)};$$

$[\sigma] = 70 \text{ МПа}$ – допустиме напруження на зріз;

$F_{\min}$ – площа поперечного перерізу осі;

$$F_{\min} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 8^2}{4} = 50,24 \text{ (мм}^2\text{)}.$$

Тоді:

$$\sigma = \frac{1471,4}{50,24} = 29,3$$

$$29,3 \text{ МПа} < 70 \text{ МПа}.$$

Отже робимо висновок, що міцність осі достатня.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для стакана, що виготовляється зі сталі 45, способи отримання заготовок для порівняння наступні: виготовлення із прутка та штампування у закритих штампах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

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

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

Розрахуємо собівартість виготовлення заготовки деталі.

Маса заготовки, кг, що виготовлена з прокату:

$$Q_{zag} = \frac{Q_d}{k_i}, \quad (4.1)$$

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

k_i – коефіцієнт використання матеріалу.

$$Q_{zag} = \frac{0,15}{0,5} = 0,3 \text{ (кг)}.$$

При отриманні деталі штампуванням маса заготовки буде становити:

$$Q_{zag} = \frac{Q_d}{k_i} = \frac{0,15}{0,8} = 0,2 \text{ (кг)}.$$

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

$$C_3 = Q_{\text{заг}} \left(\frac{C_{\text{мат}}}{1000} \cdot K_m \cdot K_{\text{в}} \cdot K_M \cdot K_n \cdot K_{\text{СК}} \right) - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{д}}) \frac{C_{\text{від}}}{1000}; \quad (4.2)$$

$C_{\text{мат}}$ – вартість тону матеріалу заготовки, грн., 34000;

$C_{\text{від}}$ – вартість тону відходів матеріалу заготовки, грн., 7000;

K_m – коефіцієнт, що залежить від класу точності. Оскільки клас точності заготовки Т3, то $K_m = 1,1$;

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, $K_{\text{в}} = 1,2$;

K_M – коефіцієнт, що залежить від маси заготовки, за $K_M = 1,20$;

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

$K_{\text{СК}}$ – коефіцієнт, що залежить від конструктивної та технологічної складності заготовки, $K_{\text{СК}} = 1,2$.

Визначаємо собівартість штампованої заготовки:

$$C_3 = 0,2 \left(\frac{34000}{1000} \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,2 \cdot 1,05 \cdot 1,2 \right) - (0,2 - 0,15) \frac{7000}{1000} = 13,2 \text{ (грн.)}.$$

Визначаємо собівартість заготовки із прокату, грн.:

$$C = C_{\text{за}} \cdot C_{\text{мат}} - (Q_{\text{заг}} - Q_{\text{д}}) \frac{C_{\text{від}}}{1000}, \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{заг}}$ – маса заготовки, кг;

$C_{\text{мат}}$ – вартість 1 кг матеріалу заготовки, грн., 34;

$Q_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$C_{\text{від}}$ – вартість 1 т. відходів, грн., 7000.

Визначаємо собівартість заготовки з прокату:

$$C = 0,3 \cdot 34 - (0,3 - 0,15) \frac{7000}{1000} = 9,15 \text{ (грн.)}.$$

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

$$E = (13,2 - 9,15) \cdot 600 = 2430 \text{ (грн.)}.$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення з прокату (пруток), оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 4,05 грн. за одиницю у порівнянні з виготовленням заготовки обробкою тиском.

4.2 Інженерний розрахунок заземлення геростату

Розрахуємо контурне заземлення для обладнання з нижче приведеними даними $\rho=300 \text{ Ом}\cdot\text{м}$, довжина вертикальних електродів $l = 5,0 \text{ м}$ діаметр стержнів $d=30 \text{ мм}$, горизонтальний електрод зі сталі 50 мм , відстань між вертикальними електродами $L_z= 8 \text{ м}$, траншея глибини $G = 0,8 \text{ м}$, вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на $S = 0,3 \text{ м}$, вологість ґрунту середня. Під час розрахунків використовуватимемо джерела [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41-46, 50].

1) розрахований питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi, \quad (4.4)$$

де $\psi=1,5$ – коефіцієнт сезонності, що залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору;

$$\rho_p = 300 \cdot 1,5 = 450 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

$$t_g = G - S + \frac{L_g}{2}, \quad (4.5)$$

$$t_g = 0,3 - 0,3 + \frac{5}{2} = 3,0 \text{ м};$$

3) опір розтікання струму одиничного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot L_B}{d_B} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) \quad (4.6)$$

$$R_B = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 5,0} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 5,0}{0,03} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 3 + 5}{4 \cdot 3 - 5} \right) = 89,6 \text{ Ом};$$

4) визначимо потрібну кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_3 \cdot \eta_B} \quad (4.7)$$

де η_B – коефіцієнт використання вертикального електрода (приймаємо у цій формулі початково $\eta_B = 1,0$);

$$n = \frac{89,6}{10 \cdot 1,0} = 8,96 \approx 9 \text{ шт.};$$

5) визначимо довжину горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_r \cdot n \quad (4.8)$$

$$L = 5 \cdot 9 = 72 \text{ м};$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода буде становити:

$$t_r = G - S \quad (4.9)$$

$$t_r = 0,8 \cdot 0,2 = 0,5 \text{ м};$$

7) визначимо опір розтікання струму від горизонтальних електродів:

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot t_r} \cdot \ln \frac{l^2}{b \cdot t_r}; \quad (4.10)$$

$$R_r = \frac{450}{2 \cdot 3,14 \cdot 72} \cdot \ln \frac{72^2}{0,05 \cdot 0,5} = 2,1 \text{ Ом};$$

8) коефіцієнт використання вертикального електрода $\eta_B = 0,7$;

9) коефіцієнт використання горизонтального електрода $\eta_r = 0,44$;

10) уточнений опір заземлюючого пристрою.

$$R_o = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n}; \quad (4.11)$$

$$R_o = \frac{89,6 \cdot 12,1}{89,6 \cdot 0,44 + 12,1 \cdot 0,7 \cdot 9} = 9,4 < R_3 = 10 \text{ Ом}.$$

Висновок $R_0=9,4$ – захист забезпечено.

4.3 Екологічні аспекти використання занурювальних насосів для зрошування посівних площ

Занурювальні насоси відіграють важливу роль у сільському господарстві, особливо в умовах нестачі водних ресурсів. Їхнє застосування пов'язане з різними екологічними аспектами, які необхідно враховувати для забезпечення сталого розвитку аграрного сектору.

1. Ефективність водокористування. Занурювальні насоси забезпечують високий ступінь контролю за обсягами води, що подається. Це дозволяє значно скоротити витрату ресурсів. Ефективне зрошення може знизити споживання води на 30-50%, що є важливим аспектом в умовах клімату, що змінюється.

2. Вплив на підземні води. Надмірне використання занурювальних насосів може призвести до виснаження підземних вод. Це негативно позначатиметься на екосистемах, що залежать від цих джерел. Зниження рівня ґрунтових вод може погіршити умови зростання рослин і знизити доступність води для місцевих екосистем.

3. Забруднення водних ресурсів. Використання хімічних добрив та пестицидів у сільському господарстві може призвести до забруднення підземних вод. Занурювальні насоси, що беруть воду з цих джерел, можуть переносити забруднюючі речовини, що негативно позначиться на якості питної води та екосистемах.

4. Вплив на структуру ґрунту. Зрошення може змінювати фізичні та хімічні властивості ґрунту. Тривале використання води може призводити до засолення та інших проблем, що впливають на родючість та структуру ґрунту, особливо в умовах недостатнього дренажу.

5. Енергетичні витрати та вплив на клімат. Занурювальні насоси вимагають електроенергії для роботи. Якщо ця енергія виробляється з невідновлюваних

джерел, це сприяє збільшенню викидів парникових газів. Використання відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова, може знизити екологічний слід.

6. Біорізноманіття. Правильне зрошення може підтримувати біорізноманіття, створюючи умови існування різних екосистем. Однак неправильне керування водними ресурсами може загрожувати місцевим видам та знижувати біорізноманіття.

Отже, застосування насосів для зрошення має як переваги, так і недоліки. Для досягнення сталого розвитку в сільському господарстві важливо впроваджувати практики, що мінімізують негативний вплив на довкілля. Це включає сучасні технології моніторингу водних ресурсів, скорочення використання хімікатів і перехід на відновлювані джерела енергії. Збереження балансу між агрономічними потребами та екологічними вимогами є ключовим для сталого використання природних ресурсів.

ВИСНОВКИ

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

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

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь стакану. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 28_{-0,021}^{+0,021}$ мм розрахунково-аналітичним та табличним методами.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час токарної 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 затівельними технологіями для програми випуску 600 шт. склав 2430 грн. Окрім того, проведено інженерні розрахунки захисного заземлення виробничого обладнання. Приділено увагу екологічним аспектам використання занурювальних насосів для зрошування посівних площ.

5. У графічній частині роботи наведене складальний креслення насосу водяного, креслення стакану, креслення клітки, складальний креслення затискного пристосування для виконання токарної операції механічної обробки.