

**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 виробництва для виготовлення золотника поршневого механізму автоматичного затвору за умов дрібносерійності»

КРБ.133ГМбд\_21[1].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\_21[1]  
ГУБА Олександр

Керівник: докт. техн. наук, доцент  
ВЕТОХІН Володимир

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

На даний час все частіше на підприємствах сільськогосподарського виробництва застосовуються автоматичні системи. Вони використовуються як під час виготовлення продукції, так і при її переробці.

Використання автоматичних систем дозволяє зменшити частку людської праці у технологічних процесах, зекономити ресурси та створити оптимальні умови, наприклад для зростання рослин, тварин, а також процесу переробки. На даний час випускається апаратура різної модифікації, призначення та ступеня складності.

Для регулювання подачі пари на підприємствах до сфери діяльності яких входить термічна обробка круп, широко застосовуються пристрої автоматичної подачі пари, зокрема автоматичні затвори. Подібні пристрої застосовують для швидкого регулювання потоку робочого середовища у трубопроводі. Управління затворами здійснюється дистанційно або в ручному режимі [5-7, 13].

Отже, мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є вузол поршневий автоматичного затвору, а **предметом** – технологічне забезпечення процесів виготовлення золотника, 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 золотника, а також здійснити розрахунок захисного заземлення, оцінити вплив стічних вод машинобудівних підприємств на довкілля;
- розробити комплект технічної документації для забезпечення потреб підприємств галузевого машинобудування.

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Механізм поршневий (рисунок 1.1) діє від тиску мастила і призначений для перевстановлення клапанів регулювання або для повороту регулюючих діафрагм. Вертикально рухомий поршень механізму через важільну передачу повертає кільце, яке змінює відкривання вікон в діафрагмі, і регулює, таким чином, пропуск пари у частину середнього тиску. Рух поршня вгору викликає збільшення пропускання пари.

Рисунок 1.1 – Механізм поршневий

Механізм поршневий складається з наступних основних деталей: корпусу 9, поршня 2, відсічного золотника 5 із буксою 7, системи важелів зворотного зв'язку 6, тяги 3, траверси 1 і 4, корпусу пружин 8.

Корпус механізму виготовлений із сірого чавуну та має ряд внутрішніх камер, призначення яких полягає у заповненні на зливанні мастила. При зниженні тиску під золотником поршень підсилювача рухається вниз і через траверси 1, 4 і тяги 3 закриває-відкриває перепускні клапани. У той же час золотник повертається у середнє положення важелем зворотного зв'язку 6.

Для пом'якшення удару поршня при швидкому його опусканні передбачена наявність демпферного пристрою. Уповільнення руху механізму здійснюється за рахунок того, що поршень має знизу видовжену форму і на останніх 6-7 мм ходу нижня кромка повністю перекриє зливі вікна. У результаті чого мастило, яке залишиться під поршнем, загальмує його подальший рух. Дані механізми використовують для керування захисними парочними клапанами.

У таблиці 1.1 наведена технічна характеристика вузла.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика механізму поршневого

№ з п.	Найменування параметра	Значення
1	Робочий тиск мастила, МПа	10
2	Робочий хід клапану, мм	150
3	Габаритні розміри, мм	1040×1757×720
4	Маса, кг	925

Деталлю, що виноситься на розгляд у кваліфікаційній роботі буде золотник механізму поршневого, зображений на рисунку 1.2.

Рисунок 1.2 – Золотник

Золотник виготовлено із сталі 25Х1МФ за діючим ГОСТ 20072-74 [16, 36].

### 1.2 Аналіз параметрів точності

На підставі даного аналізу визначимо доцільність та однозначність заданих вимог точності і шорсткості поверхонь, раціональність виставлених розмірів деталі із точки зору технологічності. За результатами проведення аналізу точності золотника (рисунок 1.2) заповнюємо таблицю 1.2 [17, 22, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Параметри точності золотника

№ пов.	Назва поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет точності	Точність		Шорст. Ra, мм
				Форми	Розташування	
1	2	3	4	5	6	7
1	Отвір	$\varnothing 24^{+0,023}$	H7	-	-	2,5
2	Лін. розмір	2	H12	-	-	12,5
3	Циліндр. пов	$\varnothing 26$	H14	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
4	Отвір	Ø18	H10	-	-	6,3
5	Різь M36x3	M36x3	6H	-	-	3,2
6	Циліндр. пов	Ø37,2	H14	-	-	6,3
7	Паз	5	H8	-	-	2,5
8	Фаска	2 <sup>-0,1</sup>	h12	-	-	12,5
9	Паз	12	H8	-	-	2,5
10	Паз	6	H8	-	-	2,5
11	Плоска пов.	30 <sup>+0,25</sup>	h8	-	-	0,63
12	Отвір	Ø12	H8	-	-	12,5
13	Плоска пов.	50	h12	-	-	12,5
14	Циліндр. пов	60 <sup>-0,07</sup>	c7	-	-	0,63
15	Циліндр. пов	60 <sup>-0,07</sup>	c7	-	-	0,63
16	Циліндр. пов	60 <sup>-0,07</sup>	d8	-	-	0,63
17	Плоска пов.	2,5	h12	-	-	12,5
18	Плоска пов.	7	h12	-	-	12,5
19	Плоска пов.	16,5	h12	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
20	Циліндр. пов	Ø56	h12	-	-	12,5
21	Лін. розмір	139±0,1	h12	-	-	12,5
22	Циліндр. пов	Ø45	h12	-	-	12,5
23	Плоска пов.	38±0,1	h12	-	-	12,5
24	Плоска пов.	30	h12	-	-	12,5
25	Плоска пов.	30	h12	-	-	12,5
26	Лін. розмір	65	h12	-	-	12,5
27	Плоска пов.	34±0,1	h12	-	-	12,5
28	Плоска пов.	24±0,1	h12	-	-	12,5
29	Циліндр. пов	Ø35	h12	-	-	12,5
30	Лін. розмір	52	h12	-	-	12,5

Провівши аналіз параметрів точності золотника можна зробити висновок, що взагалі вимоги до точності деталі та її поверхонь не завищені. Вони цілком відповідають службовому призначенню поверхонь. Найточніший квалітет 6, найвища шорсткість поверхонь 0,63 мкм за параметром  $R_a$ .

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Золотник, що входить до складу поршневого вузла, виготовлений із термостійкої сталі марки 25X1МФ за діючим ГОСТ 20072-74 [7, 34, 36].

Сталь застосовується для виготовлення деталей до яких необхідні підвищені фізико-механічні властивості. Ця сталь широко застосовується у енергосиловому машинобудуванні. Із неї можна виготовляти деталі для яких необхідні такі властивості: висока міцність, пластичність, твердість, пружність (ротори, осі, зубчасті колеса, відповідальні пружини, золотники). Сталь важко зварюється, температура кування 850...1200°C. Як можливий варіант заміни базової сталі можна вибрати сталь 25X2МВФ ГОСТ 20072-74 (таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Властивості матеріалу золотника та матеріалу-замінника

Марка матеріалу	Хімічний склад в %	Механічні властивості
25X1МФ	0,22...0,29%С, 0,17...0,37%Si, 0,4...0,7%Mn, ≥0,3%Ni, 1,5...1,8%Cr	$\sigma_B=900$ МПа, HB=229 $\sigma_T=750$ МПа, $\delta=15\%$
25X2МФ	0,22...0,29%С, 0,17...0,37%Si, 0,4...0,7%Mn, ≥0,3%Ni, 1,5...1,8%Cr	$\sigma_B=800$ МПа, HB=229 $\sigma_T=680$ МПа, $\delta=12\%$

### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку у поршневих вузлах подачі пари у кількості 400 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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

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

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

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

$$N_{зан} = (400 + 0,04 \cdot 400) \cdot (1 + 0,025) = 426 \text{ (шт.)}.$$

Максимальна маса оброблених заготовок деталей вузла не перевищує 20 кг, тому за [35] визначаємо тип виробництва – дрібносерійне.

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Проводячи аналіз технологічності поршневого вузла автоматичного затвору можна сказати, що конструкція вузла є досить складною. Хоча велика кількість деталей є стандартні вироби (гвинти, гайки, підшипники і інші). Складність конструкції обумовлюється великою кількістю деталей, частина з яких має значну масу та поверхні із підвищеними технологічними вимогами, є складними у виготовленні. Маса вузла і деяких деталей призводить до залучення при виготовленні та складанні вантажопідійомних механізмів, що значно підвищує трудомісткість виготовлення вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватися у вузол оброблені достатньо якісно із точки зору точності та визначеності базування. Тобто точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування і розташування їх у машині.

Незважаючи на те, що конструкція має досить велику трудомісткість виготовлення і металемність її можна вважати технологічною і придатною до експлуатації у відповідності до технічних вимог.

Аналіз технологічності проводимо з урахуванням особливостей технологічних методів обробки, конкретних умов і типу виробництва [2]. Аналіз технологічності золотника подається у вигляді таблиці 2.1

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.e} = \frac{Q_{y.e}}{Q_3}; \quad (2.1)$$

де  $Q_{y.e}$  – число уніфікованих елементів деталі, шт.;

$Q_3$  – загальна кількість конструктивних елементів, шт.

$$K_{y.e} = \frac{21}{30} = 0,7.$$

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності золотника

Показники та вимоги технологічності	Висновок до технологічності деталі	Заходи для поліпшення технологічності
1	2	3
Наявність зручних технологічних баз	Дана деталь має зручні технологічні бази	
Конструкція деталі повинна забезпечувати її установку за допомогою затискних пристроїв	Конструкція деталі дозволяє встановлювати її за допомогою затискних пристроїв	
В конструкції деталі небажано застосовувати отвори довжиною більше 6-8 діаметрів	Деталь відповідає цим вимогам, найбільша глибина отворів 3,5 діаметра	
Для обробки на верстатах з ЧПК повинні бути виконані необхідні вимоги до креслень деталі	Креслення деталі повністю відповідає вимогам для обробки на верстатах з ЧПК	
У глухих отворах для виходу інструменту повинні бути передбачені канавки	Ця вимога в даній деталі виконується повністю	
Деталі типу валів повинні мати центрові отвори	В якості центрових отворів при кінцевій чистовій обробці можуть бути використані отвори з обох кінців деталі	

Продовження таблиці 2.1

1	2	3
При аналізі креслення деталі необхідно узгодити відповідність між полями допусків та параметрами шорсткості	На кресленні деталі всі поля допусків відповідають параметрам шорсткості	

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{M_q}{M}, \quad (2.2)$$

де  $M_q$  – маса деталі;

$M$  – маса заготовки.

Отже,

$$K_m = \frac{3,1}{5,1} = 0,6.$$

Після проведення аналізу технологічності золотника для виготовлення в умовах дрібносерійного виробництва можна зробити висновок: деталь технологічна. Усі її поверхні доступні для обробки інструментом, надають можливість до контрольних вимірювань.

## 2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення

Аналіз діючих технологічних процесів виконаємо із точки зору забезпечення заданої якості продукції.

При виготовленні деталі “Золотник” заготовку обирають із прокату. При цьому значна частина металу іде у відходи, але цей метод найбільш раціональний при одиничному виробництві і дає можливість виготовити деталь згідно креслення з виконанням усіх технологічних вимог, точності та шорсткості деталі.

Чорної бази обрані вірно, але чистові бази при шліфуванні вказані як дві внутрішні фаски, що згідно технічних вимог креслення не дасть потрібної точності виконання деталі. Тому найкраще буде виконати базування по поверхні отвору  $\varnothing 24H7$  за допомогою розписної оправки. Взагалі послідовність обробки деталі в умовах одиничного виробництва вибрана вірно. Обладнання за своїми параметрами і технологічними можливостями підбрано виходячи з габаритів деталі і може забезпечити необхідну точність.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Так як поверхні деталі виконують різні функції тому і вимоги до них різноманітні: за точністю, шорсткістю та ін. Ці вимоги забезпечуються використанням різних технологічних методів обробки. Створюючи маршрут обробки поверхонь виходимо із того, що кожен наступний метод повинен бути більш точний, ніж попередній.

Використовуючи типові маршрути обробки поверхонь призначаємо маршрути обробки окремих поверхонь [48].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_2}{T_d} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_3}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_1}{T_d} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_n = \prod_i \varepsilon_i \quad (2.3)$$

де  $\varepsilon$  – загальне значення;

$\varepsilon_i$  – 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  $\epsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\epsilon = 3 \dots 4$ ; для ступенів чистої обробки  $\epsilon = 1,5 \dots 2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу

$$n_p = \lg(\epsilon) / 0,46. \quad (2.4)$$

Можливі методи обробки поверхонь золотника подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Можливі варіанти технологічних методів обробки поверхонь

1	2	3	4	5	6	7	Можливі маршрути обробки поверхонь		10	11	12	13
							8	9				
Позначення поверхні	Квалітет точності	Допуск за кривизною, $\delta$ , мм	Шорсткість $R_a$ за класифікацією	Допуск заготованки, $\delta\epsilon$ , мм	Припускаємий квалітет	Загальне уточнення	Номер маршруту	Перехід МОП	Квалітет після обробки	Досягнений допуск, мм	Проміжний ступінь уточнення	Загальне уточнення
1	7	0,021	0,63	15	15	714	1	Свердління Зенкування Розверчування чорн. Розверчування чист.	12 10 8 7 0,02 1	2,1 0,9 0,03 3 0,02 1	7,14 2,33 27,3 1,58	73,6
							2	Свердління Зенкерування Шліфування	12 9 7	2,1 0,52 0,02	7,14 40,38 2,48	13,9

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
5	7	0,021	0,63	9	15	346	1	Свердління	12	0,26	34,6	345,4
								Чорн.	10	0,11	2,36	
								розточування	8	0,03	2,82	
								Напівчист.	7	9	1,5	
								розточув.	7	0,02	1	
								Чист.		6		
розточування		0,02										
Навізна різі		6										
14, 15	7	0,03	0,63	3	15	99	1	Точіння чорнове	12	0,3	10	98,75
								Точіння чистове	10	0,13	2,3	
								Шліфування	8	0,04	2,8	
								обдирне	7	6	1,53	
								Шліфування чистове		0,03		
16	7	0,03	0,63	3	15	99	1	Точіння чорнове	12	0,3	10	98,75
								Точіння чистове	10	0,13	2,3	
								Шліфування	8	0,04	2,8	
								обдирне	7	6	1,53	
								Шліфування чистове		0,03		
22	12	0,3	12,5	3	15	24	1	Точіння чорнове	13	0,46	10	24,2
								Точіння	11	0,19	2,46	
								напівчистове				

Орієнтуючись на маршрут обробки деталі у цілому, для конкретних поверхонь приймаємо маршрути, що зменшують номенклатуру різального інструменту та обладнання. Обираємо маршрут №1. Маршрути обробки інших поверхонь не розглядаємо з тієї причини, що вони обробляються або за один прохід, або не мають функціонального значення.

## 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь з урахуванням типу виробництва, схеми базування та призначених металорізальних верстатів (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки золотника

Номер і найменування операції	Зміст операції	Обладнання
1	2	3
005 Заготівельна	Гаряче штампування	-
010 Термічна	1 Гартування: підігрів до температури 860° з витримкою 1,5 год. Температура гартування 930-950°С з витримкою 1 год 20хв. Охолодження в мастило. 2 Високе відпускання: температура 620-660°С. Витримка 4-5 год. із охолодженням на повітрі. Твердість HB 2170...2410 МПа.	Термічна піч ПТ56В
015 Фрезерно-центрувальна	Фрезерувати торці деталі в розмір. Центрувати деталь з обох сторін.	Фрезерно-центрувальний верстат МР-71М
020 Токарна	Точити поверхні з припуском під попереднє шліфування. Точити поверхню на листо.	Токарно-гвинторізний верстат 16К20

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
025 Токарна	Свердлити отвір в розмір. Зенкерувати отвір в розмір. Розвернути отвір в розмір. Точити фаску. Розточувати канавку в розміри. Точити канавки в розміри.	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3
030 Токарна	Свердлити отвір у розмір на глибину 64 мм. Розточувати отвір під різбу у розмір на глибину 28 мм. Зняти фаску на глибину 3 мм під кутом 60 град. Нарізати різбу у розмір за два проходи. Точити три канавки, витримуючи розміри.	Токарно-гвинторізний верстат з ЧПК 16К20Ф3
035 Фрезерна	Фрезерувати пази у розмір.	Вертикально-фрезерний 6P10
040 Слюсарна	Розмітити пази, витримавши розміри. Розмітити отвори, витримавши розміри.	Верстак слюсарний
045 Електроерозійна	Виготовити пази, витримуючи розміри	Електроерозійна установка
050 Свердлильна	Свердлити і розгорнути отвори у розміри.	Вертикально-свердлильний 2A118
060 Термічна	Азотувати золотник. Різбу M36x3 від азотування зберегти. Глибина азотованого шару h=0,3-0,35 мм та твердістю HV 650-800.	Електропід

Продовження таблиці 2.3

1	2	3
065 Шліфувальна	Шліфувати поверхні, витримуючи розміри, начисто	Кругло-шліфувальний 3М15Ф2
070 Токарна	Точити начисто у розмір.	Токарно-гвинторізний 16К20
075 Слюсарна	Калібрувати різьбу у розмір	Верстак слюсарний
080 Контрольна	Контролювати розміри відповідно до креслення.	Стіл 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 проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 50e8 \begin{pmatrix} -0,07 \\ -0,09 \end{pmatrix}$  мм.

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

$$2z_{i \text{ min}} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (2.5)$$

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

$$Z_{0 \max} - Z_{0 \min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.6)$$

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  $\varnothing 60e8 \begin{pmatrix} +0,07 \\ -0,09 \end{pmatrix}$  мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$ , мкм	Розр. розмір, $d_p$ , мм	Допуск $\delta$ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мм	
	$R_z$	T	$\rho$	$\varepsilon$				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Штамповка	150	250	1820	-	-	65,166	3000	65,166	68,166	-	-
Обточування попереднє	50	50	109	-	4440	60,726	400	60,726	61,126	4,44	7,04
Обточування чистове	30	30	73	-	418	60,308	120	60,308	60,428	0,298	0,698
Шліфування попереднє	10	20	36	-	266	60,042	35	60,042	60,072	0,266	0,356
Шліфування чистове	5	15	-	-	132	59,91	20	59,91	59,93	0,132	0,142
Усього										5,136	8,236

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці  $\varnothing 60e8 \begin{pmatrix} -0,07 \\ -0,09 \end{pmatrix}$  мм.

Рисунок 2.1 – Графічне розташування припусків та допусків на розмір  $\varnothing 60e8 \begin{pmatrix} -0,07 \\ -0,09 \end{pmatrix}$  мм

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

Таблиця 2.5 – Припуски та допуски на поверхні золотника

№ пов.	Найменування поверхні	Найменування переходу	Припуск, $Z_{\min}$ , мм	Квалітет	Технологічний допуск
1	2	3	4	5	6
1	Отвір $\varnothing 24H7$	Свердління	12	12	0,21
		Зенкерування	1,5	10	0,09
		Розвердування попереднє	0,5	8	0,027
		Розверчування чистове	0,05	7	0,021

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5	6
2	L=4	Точіння	1	14	0,03
3	Отвір Ø26	Розточування	1	14	0,52
4,25	Отвір Ø18	Свердління	9	14	0,43
5,28	Різь М36×3-6H	Нарізання різі	3	6H	0,26
6	L=6	Точіння	0,6	14	0,025
7,8	Паз 5×12	Фрезерування	2	14	0,036
12	Отвір Ø12	Свердління	6	14	0,043
16,22	Ø60d8	Точіння	2	14	0,74
		попереднє	1,3	12	0,3
		Точіння чистове	0,5	10	0,13
		Шліфування поперед.	0,06	8	0,039
		Шліфування чистове			
17,18,19	Ø55	Проточування	2,5	14	0,74
20	Биточка Ø56	Точіння	2	14	0,74
21	L=286	Торцування	4	14	±0,1
22,25	Циліндрична Ø45	Точіння чистове	4	12	0,26
		Точіння чистове	1	9	0,052

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення золотника на операції 050 (свердлильна) механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки золотника:

- 1 – притискач; 2 – кришка; 3 – призма центральна; 4 – прихват; 5 – клин;  
6 – корпус; 7 – діафрагма; 8 – кришка нижня; 9 – упор; 10 – призма передня;  
11 – призма задня; 12 – шток; 13 – прокладка; 14 – пружина; 15 – штифт,  
16 – кришка; 17-19 – болти; 20 – гайка; 21 – гвинт

При обробці деталі на операції 050 необхідно просвердлити отвір  $\varnothing 12$  мм. Для встановлення та закріплення деталі на верстаті моделі 2A118 застосовується пристосування з двома поворотними прижимами-затискачами. Заготовка встановлюється на три призми 3, 10, 11 до упору 9. При подачі повітря у порожнину пневмоциліндру його шток переміщується вгору. В результаті клин 5 розжимає прихвати 4 і вони затискають заготовку. Для кращого повернення прихватів у початкове положення після обробки деталі використовують пружини. Хід прихватів можна регулювати за допомогою регулюючого гвинта і контргайки. Для більш швидкого затискання чи розтискання заготовок використовується пневмоциліндр подвійної дії. Для запобігання втрат робочого повітря між штоком пневмоциліндра і корпусом встановлюється гумова прокладка, яка за допомогою гвинтів і притискача міцно закріплюється.

Пристосування призначено для встановлення його на радіально-свердлильний верстат моделі 2A118. Пристосування встановлюється на стіл верстака шпонкою в пази на столі і закріплюється за допомогою болтів.

### 3.2 Визначення зусилля затискання

При обробці заготовки, окрім сил закріплення, на неї діють сили різання, моменти цих сил, сила тяжіння, реакції опор, сили тертя, у деяких випадках – сили інерції.

Для знаходження потрібної сили затискання необхідно визначити сили різання.

Розраховуємо осьову силу при свердлінні [7]:

$$P_o = 10 \cdot C_p \cdot D^{ap} \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр свердла,  $D=12$  мм;

$S$  – подача,  $S=0,14$  мм;

$t$  – глибина різання,  $t = 6$  мм,

$Y = 0,7$ ,  $K_p = 1$ ,  $C_r = 68$ ,  $x = 0$ .

Схема свердління зображена на рисунку 3.2.

Рисунок 3.2 – Схема свердління

Отже,

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 12^1 \cdot 6^{0,7} \cdot 0,14^{0,7} \cdot 1 = 2060 \text{ (Н)}.$$

Визначимо необхідну силу затискання, дотримуючись рекомендацій [3, 14, 26, 41].

$$W = \frac{K \cdot P_0}{f_1 + \frac{f_2}{\sin \alpha / 2}}, \quad (3.2)$$

де  $P_0$  – осьова сила;

$K$  – коефіцієнт запасу  $K=2,5$ ;

$f_1$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і затискним пристроєм;

$f_2$  – коефіцієнт тертя між заготовкою і опорами;

$f_2=0,18$

$$W = \frac{2,5 \cdot 2060}{0,12 + \frac{0,18}{\sin 45^\circ / 2}} = 8186,1 \text{ (Н)}.$$

Визначимо необхідне зусилля на штоці пневмоциліндра:

$$Q_1 = \frac{W}{i}, \quad (3.3)$$

де  $i$  – передаточне відношення механізму  $i=1$ ;

$$Q_1 = \frac{W}{i} = \frac{8186,1}{1} = 8186,1 \text{ (Н)}.$$

Визначимо зусилля, що створюється на штоці пневмоциліндра:

$$Q_2 = 1,04 \cdot P \cdot K^2 = 1,04 \cdot 0,6 \cdot 115^2 = 8252,4 \text{ Н}$$

де  $P$  – тиск стиснутого повітря, 0,6 МПа

$K$  – радіус діафрагми, 115 мм

У даному випадку зусилля, яке створюється на штоці діафрагми більше від необхідного  $Q_2 > Q_1$ :

$$8252,4 \geq 8186,1 \text{ (Н)}.$$

### 3.3 Розрахунок на міцність слабкої ланки

Однією з найслабкіших ланок механізму затискного пристосування є штифти прихватів. Проведемо розрахунок на зріз. Критерієм є умова міцності, що має наступний вид:

$$\tau = \frac{R}{A} \leq [\tau] \quad (3.4)$$

де  $[\tau]$  – межа міцності на зсув,  $[\tau] = (0,4 \dots 0,6) \cdot \sigma$ . Для легированої сталі зі зміцненою азотуванням поверхнею  $[\tau] = 60$  МПа;

$R$  – навантаження, визначаємо як половину від зусилля затиску  $\frac{1}{2} Q_1$ ;

$A$  – площа навантаженого перерізу.

$$\tau = \frac{4 \cdot R}{\pi \cdot d^2} = \frac{4 \cdot 0,5 \cdot 8186,1}{3,14 \cdot 0,012^2} = 36,2 \text{ МПа.}$$

Отже, робимо висновок, що міцність є достатньою.

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Виготовлення заготовок є одним із основних етапів машинобудівного виробництва, що визначає витрати матеріалів та енергії, трудомісткість виготовлення та якість виробів.

Для порівняння виберемо два способи отримання заготовки золотника із сталі 25X1МФ: виготовлення з прокату та виготовлення штампуванням. Проведемо порівняння їх собівартості одержання із використанням [8, 31, 49]:

Собівартість заготовки, виготовленої з прокату, можна розрахувати за формулою [7]:

$$C = Q \cdot S - (Q - q) \cdot S_{\text{від}} \quad (4.1)$$

де  $Q$  – маса заготовки з каліброваного прутка,  $Q=7,1$  кг;

$q$  – маса готової деталі,  $q=3,1$  кг;

$S$  та  $S_{\text{від}}$  – відповідно вартість матеріалу прутка та відходів.  $S=125$  грн/кг;  
 $S_{\text{від}}=35$  грн/кг [1].

$$C = 7,1 \cdot 125 - (7,1 - 3,1) \cdot 35 = 747,5 \text{ (грн.)}$$

Ціну заготовки виготовленої куванням чи штампуванням, визначаємо за формулою:

$$C_{\text{к.ш}} = [C_{\text{бк.ш}} \cdot C_{\text{к.ш}} \cdot K_{\text{т}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{м}} \cdot K_{\text{п}} \cdot K_{\text{в}} - (C_{\text{к.ш}} - G_{\text{д}}) \cdot C_{\text{від}}], \quad (4.2)$$

де  $C_{\text{бк.ш}}$  – базова ціна одного кілограму кованок (штамповок), виготовлених з базового матеріалу, з базовою точністю та складністю, грн.;  $C_{\text{бк.ш}}=102,5$  грн/кг;

$C_{\text{відх}}$  – ціна одного кілограму відходів, грн.  $C_{\text{відх}}=35$  грн/кг [1].

$G_{\text{д}}$ ,  $G_{\text{к,ш}}$  – маса відповідно готової деталі та кованки, кг;  $G_{\text{к,ш}} = 5,1$  кг;

$K_{\text{т}}$ ,  $K_{\text{с}}$ ,  $K_{\text{м}}$ ,  $K_{\text{п}}$ ,  $K_{\text{в}}$  – коефіцієнти відповідно точності розмірів, конструктивної та технологічної складності заготовки, марки матеріалу, програми річного замовлення та маси кованки (штамповки) [7]:  $K_{\text{т}}=1,2$ ;  $K_{\text{с}}=1,1$ ;  $K_{\text{м}}=1$ ;  $K_{\text{п}}=1,09$ ;  $K_{\text{в}}=1,04$ .

Підставивши отримані значення, маємо:

$$C_{\text{к,ш}} = [102,5 \cdot 5,1 \cdot 1,2 \cdot 1,1 \cdot 1,09 \cdot 1,04 - (5,1 - 3,1) \cdot 35] = 712,2 \text{ (грн.)}$$

Порівнюючи ці методи, можна відмітити, що метод виготовлення заготовки штампуванням дешевший, тому обираємо його.

Економічний ефект у цьому випадку буде становити:

$$E = (747,5 - 712,2) \cdot 426 = 15033 \text{ (грн.)}$$

#### 4.2 Розрахунок системи електричного захисту

Проведемо інженерний розрахунок захисного заземлення з урахуванням літературних джерел [4, 10, 12, 18-21, 23, 24, 27, 29, 32, 40, 42-46, 50].

У якості заземлювачів можуть використовувати, як спеціально створені конструкції, так і існуючі споруди та пристрої. Заземлення поділяють на природне і штучне. Природне заземлення – це трубопроводи прокладені у землі. Окрім призначених для протікання горючих рідин і газів, електричні кабелі розташовані у землі, металеві та залізобетонні конструкції, що стикаються із землею, обсадні труби свердловин.

У якості штучних заземлень використовують стрижні круглого перерізу, або з куткової сталі довжиною до 5 м круга, до 3,5 м кутова. У плані стрижні розташовують послідовно, або по контуру. В якості горизонтального стержня

використовується сталевіа полоса мінімальним розміром 40 мм, або кругла сталь діаметром 10 мм.

Отже, здійснимо розрахунок заземлюючого пристрою методом коефіцієнта використання. Початкові дані:

довжина вертикальних електродів –  $l_B=3,5$  м;

кутик з полицею 50 мм;

вимірний питомий опір – 250 Ом/м;

кліматична зона – II;

грунт малої вологості;

відношення  $a/l=1$ ;

опір заземлення – 10 Ом;

електроди розташовані по контуру;

горизонтальний електрод діаметром 15 мм.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр}} = \rho_{\text{вим}} \cdot \varphi; \quad (4.3)$$

де  $\rho_{\text{вим}}$  – вимірний питомий опір;

$\varphi$  – коефіцієнт питомого опору  $\varphi=1,7$

$$\rho_{\text{розр}} = 250 \cdot 1,7 = 425 \text{ (Ом/м)}.$$

Визначимо опір розширення струму одного вертикального електроду:

$$R_B = \frac{\rho_{\text{розр}}}{2\pi l} \left( \ln \frac{2l}{d} + 0,5 \ln \frac{4t_1 + l}{4t_1 - l} \right) \quad (4.4)$$

де  $t_1$  – відстань від землі до середини зануреного електроду  $t_1=2,35$  м;

$d$  – діаметр електроду, для кутика  $d=0,95B_1$

$b_1$  – ширина плітки

$$d = 0,95 \cdot 5 = 4,75 \text{ см.}$$

$L$  – довжина електрода

$$R_B = \frac{425}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \left( \ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,0475} + 0,5 \ln \frac{4 \cdot 2,35 + 3,5}{4 \cdot 2,35 - 3,5} \right) = 19,34 \cdot (4,99 + 0,39) = 104,07 \text{ (Ом)}.$$

Визначимо орієнтовну кількість вертикальних електродів:

$$n' = \frac{R_B}{R_n \cdot \eta_B}, \quad (4.5)$$

$$\eta_B = 1;$$

$$n' = \frac{104,07}{10 \cdot 1} = 10,4 \text{ (шт.)}.$$

Визначимо фактичну кількість електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_n \cdot \eta_B} \quad (4.6)$$

$\eta_B$  – для ґрунту малої вологості  $\eta_B = 0,63$ .

$$n = \frac{104,07}{10 \cdot 0,63} = 16,52.$$

Кількість електродів приймемо  $n = 17$  шт.

Визначимо довжину горизонтальних електродів:

$$l_1 = a \cdot n, \quad (4.7)$$

$$l_1 = 3,5 \cdot 17 = 59,5 (\text{м}).$$

Визначимо опір розтікання струму горизонтальних електродів:

$$R_r = \frac{\rho_{\text{сталева}}}{2 \cdot b \cdot l_r} \ln \frac{l_r^2}{b t_2}, \quad (4.8)$$

$b$  – ширина сталевої полоси

$$R_r = \frac{425}{2 \cdot 3,14 \cdot 5} \ln \frac{59,5^2}{0,015 \cdot 0,6} = 17,1 (\text{Ом}).$$

Загальний опір заземлення:

$$R_3 = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \eta_2 + R_r \eta_3 \cdot n}, \quad (4.9)$$

$$R_3 = \frac{104,07 \cdot 17,1}{104,07 \cdot 0,7 + 17,1 \cdot 0,62 \cdot 17} = 6,9 (\text{Ом}).$$

Визначений у процесі розрахунків загальний опір заземлення  $R_3 = 6,9$  Ом, говорить про те, що при заданих вихідних даних заземлення буде надійно виконувати свої функції так, як

$$R_3 = 6,9 \text{ Ом} < R_n = 10 \text{ Ом}.$$

### 4.3 Вплив стічних вод машинобудівних підприємств на екологію

Стічні води від машинобудівельної галузі суттєво забруднюють поверхневі та підземні води. Можливо відзначити чотири основні види небезпек:

1) зі стеками до водойм потрапляє багато органічних з'єднань, що біологічно розкладаються. Цей процес призводить до зниження активності водних організмів, навіть до загибелі;

2) макропоживні речовини (азот, фосфор) провокують збільшення біологічної продуктивності – розростання водоростей із подальшим відмиранням та мінералізацією. Цей процес призводить до зниження вмісту кисню та загибелі тваринного світу водойм внаслідок голоксії;

3) стічні води приносять до водойм неіонізований аміак, таніни, з'єднання, що містять хром. Ці речовини безпосередньо викликають смерть та отруєння рослин і тварин;

4) теплове забруднення, викликане скиданням нагрітої води, гальмує або робить неможливим розмноження риб. Серед більшості цінних видів нерест відбувається за температури нижче 13°C. Навіть незначне підвищення на кілька градусів різко знижує здатність риб до розмноження. Зниження рибних запасів та тваринного світу водойм у цілому зменшує кількість тварин та птиці, що харчуються біля водойми.

Отже, захист водойм від стічних вод та їх очищення є важливим завданням сьогодення щодо збереження довкілля.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення поршневого вузла, що застосовується у складі автоматичного затвору. Наведено його технічну характеристику, складові частини. Проведено аналіз точності золотника. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно заміника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь золотника. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів отвору корпусу  $\varnothing 60\text{H}8$  розрахунково-аналітичним методом. На інші поверхні золотника припуски визначено довідниковим способом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки свердлінням отвору в золотникові. Здійснено розрахунки зусилля різання, зусилля затиску, а також слабкої ланки пристосування у вигляді штифта на міцність.

4 Здійснено техніко економічне обґрунтування виробництва заготовки золотника автоматичного затвору. Річний економічний ефект для програми випуску 400 шт склав 15038 грн. Крім того, здійснено інженерний розрахунок захисного заземлення. Визначено вплив стічних вод машинобудівних підприємств на довкілля.

5 У графічній частині наведено складальний кресленик поршневого вузла, робочий кресленик золотника, кресленик заготовки золотника, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції свердління.