

**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: «Удосконалення машинобудівного виробництва із виготовлення корпусу регулятора тиску пневматичної гальмівної системи КраЗ-6511С4»

КРБ.133ГМбд\_21[1].09.00.00.000 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]  
ЛЕВЦУН Максим

Керівник: докт. техн. наук, професор  
КОВБАСА Володимир

**Полтава – 2023 року**

## ВСТУП

Як відомо пневматичний гальмівний привод є видом конструкції гальмівної системи. У якості енергоносія вона використовує стиснуте повітря. Досить широкого поширення набуло використання пневматичних гальм у різних видах транспортних засобів. До них відносять автобуси, комерційні вантажні автомобілі, спеціалізовані види техніки, наприклад, грейдери, бульдозери, навантажувачі, автомобільні крани, залізничний транспорт [5-7, 13].

Функцією гальмівної системи є своєчасна зупинка транспортного засобу. Причому, це повинно відбуватися незалежно від зовнішніх факторів та умов. Транспортний засіб повинен зупинитися не завдавши шкоди водію, самому засобу, а також іншим учасникам дорожнього руху.

Отже, **мета** роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є регулятор тиску гальмівної системи зерновогозу, а **предметом** – технологічне забезпечення процесів виготовлення корпусу, 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 поверхень 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;
- розрахувати економічну ефективність методу отримання заготовки корпусу, а також здійснити обчислення штучного заземлення методом коефіцієнту використання електродів, визначити чи можливий баланс між промисловістю та екологією;

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

Полтавський державний аграрний університет

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Службове призначення вузла, характеристика, опис

Вузол, що винесений на розгляд у роботі (рисунок 1.1), є складовою частиною пневматичної гальмівної системи зернового КрАЗ-6511С4.

а)

б)

Рисунок 1.1 – Регулятор тиску:

а – вигляд загальний; б – конструктивна схема

Регулятор тиску забезпечує регулювання стиснутого повітря, що потрапляє від компресору до ресиверів пневматичної системи.

Технічна характеристика вузла наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика вузла

№ з.п.	Найменування параметра	Значення
1	Тиск повітря, МПа, не менше	0,65
2	Тиск вимкнення, МПа	0,8±0,02
3	Тиск спрацювання запобіжного клапану, МПа	0,9... 1,05
4	Приєднувальні різьби	M22×1,5
5	Температурний інтервал, °С	-45...+60
6	Габаритні розміри, мм	132×155×135
7	Маса, кг	0,93

Стиснуте повітря від компресору потрапляє на вивід I регулятора тиску (рисунк 1.1). Далі, через зворотний клапан 1 та вивід II до ресиверу пневматичної гальмівної системи. Однчасно стиснуте повітря потрапляє до порожнини А над діафрагмою 10. Із наповнення системи стиснутим повітрям відбувається зростання тиску на виводі II та у порожнині А. При досягненні величини тиску, на який відрегульовано слідкуючий пристрій гвинтом 12, діафрагма 10, долаючи зусилля пружини 11, відривається від сідла у корпусі 13 і стиснуте повітря каналом Б потрапляє до порожнини В. Під дією тиску стиснутого повітря поршень 8 зі штовхачем 6, долаючи зусилля пружини 7, переміщуються до низу. Штовхач 6, діючи на клапан 9, відриває його від сідла. Унаслідок чого вивід I сполучається із атмосферним виводом III. Тиск стисненого повітря спадає і компресор працює у режимі розвантаження.

Тиск стиснутого повітря у гальмівній системі залишається постійним завдяки зворотному клапану 1. Він щільно притиснутий до сідла пружиною 2. Із

витрачанням стиснутого повітря у гальмівній системі та падіння тиску на виводі II до певної величини діафрагма 10 сідає на сідло, і потрапляння стиснутого повітря у порожнину В припиняється. Після чого поршень 8 під дією пружини 7 повертається у початкове положення, клапан 9 сідає на сідло, ізолюючи вивід I від атмосферного виводу III. Компресор переходить у режим навантаження. Так здійснюється слідкуюча дія. У випадку неспрацювання слідкуючого чи розвантажувального пристрою підвищення тиску стиснутого повітря у системі буде відбуватися до тих пір, доки тиск, що діє на клапан 3, не здолає зусилля пружини 5 та не відірве його від сідла, сприяючи перетіканню стиснутого повітря із виводу II гальмівної системи через отвір 4 до атмосфери. Тобто відбувається спрацювання запобіжного клапану. У міру падіння тиску в гальмівній системі відбудеться закриття клапану 3 і процес накачування стиснутим повітрям буде повторюватися аналогічно описаному вище.

Кріплення регулятора тиску на автотранспортному засобі здійснюється за допомогою шпильки M10. При встановленні регулятора тиску повинно бути достатньо місця для його монтажу і регулювання. На автотранспортному засобі регулятор тиску рекомендується встановлювати атмосферним патрубком вниз. Це унеможливує потрапляння конденсату, що викидається, на інші вузли.

Під час монтажу регулятора на транспортному засобі ущільнення трубопроводної арматури, що приєднується до різьбових отворів M22×1,5, необхідно здійснювати за допомогою гумових ущільнювальних елементів. Застосування різного роду герметиків, ущільнювальних композицій не допускається.

Корпус, зображений на рисунку 1.2, є деталлю, що виноситься на розгляд у даній роботі. Він виготовлений із алюмінієвого сплаву марки АК6М2 за ДСТУ 2839-94 [16, 36].

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.2 – Корпус регулятора тиску

## 1.2 Аналіз параметрів точності

Необгрунтоване завищення щодо точності окремих поверхонь деталі ускладнює їх обробку та здорожує виробництво. Тому проведемо аналіз точності розмірів, форм та шорсткості корпусу. Аналіз точнісних параметрів зводимо до таблиці 1.2 відповідно до рисунку 1.3 [17, 22, 47, 48].

Таблиця 1.2 – Аналіз параметрів точності корпусу регулятора тиску

№ пов.	Найменування поверхні	Розмір з відхиленням	Квалітет	Точність форми	Шорсткість, Ra
1	2	3	4	5	6
1	Виточка	$\varnothing 42,8^{+0,16}$	H11	-	6,3
2	Торець	$91_{-1,4}$	$\pm t_2/2$	-	6,3
3	Отвір	$69^{+0,36}$	H14	-	12,5
4	Виточка	$\varnothing 28_{-0,13}$	H11	-	6,3
5	Виточка	$\varnothing 36^{+0,16}$	H11	-	6,3
6	Отвір	$\varnothing 38,43^{+0,22}$	H11	-	6,3
7	Торець	$91_{-1,4}$	$\pm t_2/2$	-	6,3
8	Торець бобишки	$7,5 \pm 0,2$	$\pm t_2/2$	-	6,3
9	Фаска	$(0,8..1,7) \times 45^\circ \pm 2^\circ$	$\pm t_2/2$	-	12,5
10	Торець виточки	$3 \pm 0,1$	$\pm t_2/2$	-	6,3
11	Отвір	$\varnothing 8,81^{+0,16}$	H11	-	12,5
12	Канавка	$\varnothing 40,5^{+0,39}$	H13	-	6,3
13	Паз канавка	$4^{+0,3}$	$\pm t_2/2$	-	6,3
14	Фаска	$(0,8..1,7) \times 45^\circ \pm 2^\circ$	$\pm t_2/2$	-	12,5
15	Фаска	$(0,8..1,7) \times 45^\circ \pm 2^\circ$	$\pm t_2/2$	-	12,5
16	Торець	$65 \pm 0,3$	$\pm t_2/2$	-	12,5
17	Різьба	M10×1,25A <sub>0</sub>	-	-	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
18	Торець радіусний	R0,5±0,1	-	-	1,6
19	Різьба	M40×1,5	6H	-	6,3
20	Отвір	Ø3 <sup>+0,25</sup>	H14	-	12,5
21	Лінійний розмір	0,1±0,1	±t <sub>2</sub> /2	-	-
22	Торець канавки	13,5±0,2	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
23	Торець виточки	15,5±0,2	±t <sub>2</sub> /2	-	1,6
24	Торець виточки	17±0,2	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
25	Отвір	Ø25 <sup>+0,52</sup>	H14	-	6,3
26	Отвір	Ø30,2 <sup>+0,16</sup>	H11	-	1,6
27	Отвір	Ø33,43 <sup>+0,3</sup>	H11	-	6,3
28	Отвір	Ø11 <sup>+0,43</sup>	H14	-	6,3
29	Отвір	Ø20,43 <sup>+0,3</sup>	H11	-	6,3
30	Фаска на отворі	Ø25×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
31	Отвір	Ø11 <sup>+0,43</sup>	H14	-	6,3
32	Отвір	Ø20,43 <sup>+0,3</sup>	H11	-	6,3
33	Торець	65±0,3	±t <sub>2</sub> /2	-	12,5
34	Фаска	(1...1,6)×30°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
35	Фаска на отворі	Ø25×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
36	Отвір	Ø12,43 <sup>+0,22</sup>	H11	-	6,3
37	Фаска на отворі	(0,8...1,7)×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
38	Отвір	Ø4 <sup>+0,3</sup>	H14	-	12,5
39	Канавка	Ø35,5 <sup>+0,62</sup>	H14	-	6,3
40	Фаска	Ø35,5 <sup>+0,62</sup> ×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	12,5
41	Торець канавки	12±0,2	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
42	Торець отвору	32±0,31	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
43	Торець отвору	37±0,31	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6
44	Торець отвору	23,8±0,2	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
45	Різьба	M14×1,5	6H	-	6,3
46	Фаска на отворі	C3 <sup>+0,62</sup> ×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
49	Отвір	Ø5,5 <sup>+0,3</sup>	H14	-	12,5
50	Різьба	M35×1,5	7H	-	6,3
51	Різьба	M22×1,5	7H	-	6,3
52	Різьба	M22×1,5	7H	-	6,3
53	Міжосьова відстань	36±0,3	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
54	Торець	120±0,3	±t <sub>2</sub> /2	-	12,5
55	Отвір	Ø12 <sup>+0,43</sup>	H14	-	6,3
56	Отвір	Ø20,43 <sup>+0,3</sup>	H11	-	12,5
57	Фаска	(0,8...1,7)×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
58	Торець	120±0,3	±t <sub>2</sub> /2	-	6,3
59	Отвір	Ø20,43 <sup>+0,3</sup>	H11	-	12,5
60	Фаска	(0,8...1,7)×45°±2°	±t <sub>2</sub> /2	-	3,2
61	Різьба	M22×1,5	7H	-	6,3
62	Різьба	M22×1,5	7H	-	6,3
63	Отвір	Ø1,2 <sup>+0,3</sup>	H14	-	12,5

Провівши аналіз параметрів точності корпусу можна зробити висновок, що взагалі вимоги до точності деталі та її поверхонь не завищені. Вони цілком відповідають службовому призначенню. Найточніший квалітет 6 найвища шорсткість поверхонь 1,6 мкм за параметром Ra.

Полтавський державний аграрний університет

Рисунок 1.3 Аналіз параметрів точності корпусу

### 1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

При виготовленні корпусу регулятора тиску використовують алюмінієвий сплав АК6М2. Чистий алюміній мало застосовуються в конструкціях, оскільки його механічна міцність відносно мала ( $\sigma_b < 70$  МПа). Для підвищення механічних властивостей алюмінію додають легуючі компоненти Mg, Mn, Cu, Zn, Si, Ni, Cr та інші. Присутність легуючих компонентів в алюмінієвих сплавах може досягти 20% [7, 34, 36].

Легарний сплав використовується для литва. Найбільш характерні властивості алюмінієвих сплавів це невелика щільність ( $\rho = 2700$  кг/м<sup>3</sup>) та низька температура плавлення ( $\approx 660^\circ\text{C}$ ). Незважаючи на велику спорідненість із киснем, алюміній зазнає незначної корозії у повітрі.

Сплав АК6М2 за хімічним складом близький до дюралюмінію та відноситься до системи Al-Mg-Si-Cu. Він має хорошу пластичність та стійкість до появи тріщин при гарячій деформації. З цього сплаву виготовляють штамповані та ковані деталі середньої міцності.

Хімічний склад сплаву та матеріалу замінника наведено в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад сплаву АК6М2 та матеріалу-замінника

Матеріал	Al	Mg	Si	Cu	Mn
АК6М2	Основа	0,4-0,45%	5,5-6,5%	1,8-2,3%	До 0,1%
АЛ3	Основа	0,35-0,6%	4,5-5,5%	1,5-3%	0,6-0,9

Фізичні властивості сплаву АК6М2 та матеріалу-замінника наведені у таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Фізичні властивості сплаву АК6М2 та матеріалу-замінника

Границя міцності $\sigma_B$ , МПа	Щільність, кг/м <sup>3</sup>	Відносне подовження $\delta$ , %	Твердість за Брінелем НВ, МПа
АК6М2			
190...294	2750	1...2	700...750
АЛЗ			
250...270	2700	1...1,5	800

#### 1.4 Визначення типу виробництва

Маркетингове дослідження показало попит ринку в регуляторах тиску у кількості 6000 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою [28, 30, 35]:

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

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

$N_{зч}$  – кількість виробів, що йдуть на за частини, 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 за частини.

$$N_{зан} = (6000 + 0,04 \cdot 6000) \cdot (1 + 0,025) = 6396 \text{ (шт.)}$$

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

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Конструкція регулятора тиску є досить складною. Вона містить велику кількість деталей. У даному вузлі також застосовуються стандартні вироби (болти, гайки, шайби та інше), але основна маса деталей виготовляється безпосередньо для даного регулятора тиску. Конструкція виробу дозволяє проводити його складання без особливих складнощів. Точність виготовлення деталей виключає підгоночні операції. Точність виконання основних функціональних поверхонь забезпечує нормальне функціонування вузла.

Базові поверхні складальних одиниць, якими вони будуть встановлюватись у вузел, оброблені достатньо точно, з точки зору безпечності базування та точності.

Будова регулятора тиску дозволяє проводити його складання як гонувлово так і з проміжним складанням-розбиранням складових частин. Регулювання та контроль роботи проводиться без розбирання за допомогою регульовальних винтів. Складові частини мають таку конструкцію, що забезпечує задану точність їх розташування.

Взагалі конструкцію регулятора тиску із запобіжним клапаном можна вважати технологічною і придатною до виготовлення та експлуатації у відповідності до технічних вимог.

Ціль забезпечення технологічності конструкції виробу полягає у наданні конструкції такого комплексу властивостей, при якому досягаються оптимальні значення витрат усіх видів ресурсів на виробництві, експлуатації та ремонту виробів для заданих показників якості, об'єму випуску та умов виконання робіт.

Відпрацювання конструкції деталей на технологічність передбачає взаємозв'язане рішення конструкторських і технологічних задач, спрямованих на підвищення продуктивності праці та якості виробу при максимальному зниженні

витрат часу та засобів на розробку, технологічну підготовку виробництва, виготовлення, експлуатацію та ремонт.

Аналіз технологічності корпусу регулятора тиску зведений до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз технологічності корпусу

Показники та вимоги технологічності	Висновок до технологічності деталі	Заходи для поліпшення технологічності
1	2	3
Наявність зручних баз, що забезпечують необхідну орієнтацію та надійне закріплення заготовки.	Деталь має гнучкі технологічні бази: циліндричні поверхні та шестигранники, на які деталь може зручно базуватись і закріплюватись.	
Отвори в деталі повинні бути такими, щоб їх можливо було обробити на прохід.	Майже всі отвори у деталі виконані на прохід.	Переглянути разом з конструктором призначення отворів. При можливості виконання їх на прохід.
У деяких необхідно включити отвори довжиною 8...10d.	У деталі відсутні глибокі отвори, більші за 8...10d.	
Розмір розташування отворів повинні допускати багатошпindelну обробку, відстані між їх осями повинні бути не менше 30...35 мм.	Відстань між отворами Ø39 та Ø25 допускає проведення багатошпindelної обробки.	
Припуски на	Заготовки мають мінімально	

заготовках повинні бути мінімальними.	допустимі припуски, які забезпечують отримання деталей без обробки.	
Необхідна перевірка співвідношень між квалітетами точності та шорсткістю поверхні.	Шорсткість отворів та поверхонь відповідають квалітетам точності.	
Проставлення розмірів на кресленні при обробці деталі на агрегатних верстатах максимально повинно бути від однієї технологічної бази.	Креслення деталі має всі необхідні розміри, які проставлені від однієї технологічної бази.	

Визначаємо коефіцієнт уніфікації елементів:

$$Y = n/N, \quad (2.1)$$

де  $n$  – кількість різних розмірів конструктивних елементів;

$N$  – загальна кількість конструктивних елементів.

$$Y = 23/38 = 0,6.$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_M = m/M, \quad (2.2)$$

де  $m$  – маса деталі, кг;

М – маса заготовки, кг.

$$K_M = 0,4/0,6=0,7.$$

Після проведення аналізу технологічності деталі для виготовлення в умовах великосерійного виробництва можна зробити висновок: деталь має досить технологічну конструкцію, усі поверхні мають доступ для обробки різальним інструментом та можливість вимірювання отриманих розмірів після обробки.

## **2.2 Аналіз діючих технологічних процесів виготовлення**

Заготовку корпусу регулятора тиску на підприємстві отримують методом литва у кокіль. Цей метод найбільш дешевий порівняно зі спеціальними способами литва. Його можна використовувати як у серійному так і масовому виробництві за рахунок автоматизації та механізації (карусельно-кокільні машини). Якщо порівнювати із методом литва під тиском, то кокільне литво програє, оскільки заготовки одержані під тиском мають менші припуски на механічну обробку нижчу шорсткість поверхонь та вищий якість точності. Але враховуючи недоліки цього методу: висока вартість ливарних форм, можливість виникнення внутрішніх напружень і тріщин (за експлуатаційними вимогами неприпустимо) та інше, діючий метод одержання заготовки корпусу регулятора тиску буде найдоцільнішим.

Для механічної обробки на підприємстві використовують застарілі за можливостями агрегатні верстати, звичайне універсальне обладнання, яке у великосерійному виробництві застосовувати не раціонально, оскільки корпус регулятора тиску має багато різноманітних за розмірами поверхонь.

Це зумовлює велику кількість перевстановлювань з верстата на верстат деталі а також зменшенню точності розмірів. Тому пропонується змінити діючий технологічний процес виготовлення деталі та розробити новий, котрий мав би

змогу зменшити кількість установів деталей, збільшити кількість оброблюваних поверхонь на одній операції. Використовуючи спеціальний прогресивний ріжучий інструмент є можливість підвищити швидкості різання та точність оброблюваних поверхонь, зменшити штучний час виготовлення, витрати електроенергії і найголовніше – собівартість деталі.

### 2.3 Маршрути обробки поверхонь

Використовуючи типові маршрути обробки поверхонь призначаємо маршрути обробки окремих поверхонь [45].

Кількість ступенів обробки визначається за формулою:

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

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 чорншої обробки досяжними є величини уточнення  $\varepsilon < 6$ ; для проміжних ступенів напівчистої обробки  $\varepsilon = 3..4$ ; для ступенів чистої обробки  $\varepsilon = 1,5..2$ .

Для найбільш спрямованого вибору числа ступенів обробки необхідно застосувати формулу:

$$n_p = \lg(\varepsilon) / 0,46. \quad (2.3)$$

Можливі методи обробки поверхонь корпусу подані у таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Зведена таблиця технологічних маршрутів обробки поверхонь

Позначення	Допуск на поверхню за кресленням	Шорсткість, Ra, мкм	Допуск заготовки, δE, мкм	Уточнення, Єзаг	Загальні технологічні маршрути обробки поверхонь	Квалітет після обробки
					Зміст	
1	0,16	6,3	2	12,5	Зенкерувати одноразово	11
3	0,36	12,5	3	8,3	Свердлити	14
5	0,16	6,3	3	18,75	Зенкувати попередньо	12
					Зенкувати остаточно	11
					Зенкувати Розточити	12 10
11	0,16	12,5	2,5	15,0	Свердлити	11
26	0,16	1,6	3,5	21,87	Зенкувати попередньо	13
					Зенкувати остаточно	12
					Розсвернути	11
					Зенкувати	12
					Розточити попередньо Розточити остаточно	12 10
28	0,43	6,3	2,5	8,1	Свердлити	14
36	0,22	6,3	3	13,6	Зенкувати	11
38	0,3	12,5	3	10	Свердлити	14
39	0,62	6,3	3	4,8	Розточити	14
47	0,3	1,6	3,5	11,6	Зенкувати попередньо	12
					Зенкувати остаточно	11
49	0,3	12,5	2,5	8,3	Розсвердлити	14
54	0,3	3,2	3,5	11,66	Зенкувати попередньо	14
					Зенкувати остаточно	12

## 2.4 Розробка маршруту обробки деталі

Маршрут обробки деталі будемо на підставі обраних етапів обробки окремих поверхонь (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 [37-39].

Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проведемо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це поверхня  $\varnothing 30,2^{+0,16}$  мм.

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

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

де  $R_{i-1}$  – 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

$$z_{0 \max} - z_{0 \min} = \delta_{\text{ар}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.5)$$

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  $\varnothing 30,2^{+0,16}$  мм

Технологічний перехід		Заготовка	Зенкерув. чорнове	Зенкерув. чистове	Розгортання	Всього
Елемент припуску, мкм	Rz	200	55	20	5	
	T	100	50	20	10	
	$\rho$	822	694	174	92	
	E	-	100	-	-	
Розрахунковий припуск $2Z_{\text{min}}$ , мкм			2257	-	-	
Розрахунковий розмір $d_p$ , мкм		26,296	28,553	30,145	30,36	
Допуск $\delta$ , мкм		620	390	250	160	
Граничний розмір, мкм	dmin	25,68	28,16	29,9	30,2	
	dmax	26,3	28,55	30,15	30,36	
Граничний припуск, мкм	$2Z_{\text{min}}$	-	2250	1600	210	4060
	$2Z_{\text{max}}$	-	2480	1870	310	4520

На рисунку 2.1 наведено розташування припусків та допусків при обробці  $\varnothing 30,2^{+0,16}$  мм.

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\text{max}} - 2 \cdot Z_{\text{min}} = \delta_z - \delta_d \quad (2.6)$$

$$4520 - 4060 = 620 - 160;$$

$$460 = 460.$$

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

На даному етапі виконання кваліфікаційної роботи було розроблено пристосування для закріплення корпусу регулятора тиску на операції 020 механічної обробки (рисунок 3.1) [3, 11, 14, 25, 26, 41].

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне для обробки корпусу регулятора тиску

Операція (2) механічної обробки корпусу регулятора тиску виконується на агрегатному трьохсторонньому барабанному напівавтоматі моделі DTA 400.

Провівши аналіз операції за позиціями, робимо висновок, що найбільша сила затиску потрібна на позиції II, де проводиться чорнове зенкерування трьох отворів (max  $\varnothing 19$ ,  $\varnothing 29$ ,  $\varnothing 19$  мм).

При розробці розрахункової схеми пристосування врахуємо також, що оскільки деталь встановлюється на палець, торцем буде вперта у товщину корпусу пристосування, а шестигранником у підпружинену призму, то дія осьової сили  $P_0$  при зенкеруванні не приведе до переміщення заготовки.

Пристосування складається (рисунок 3.1) з корпусу 1, у якому розміщений гідроциліндр. Останній складається із поршня 3, кришки 5, гумових кілець 4 та ущільнень 6, 7, що ізольовують порожнину із мастилом.

Заготовка базується за допомогою пальця 17, запресованого в корпус 1 та призми 13. Для забезпечення надійного базування призма 13 оснащена пружиною 14 та напрямною шпонкою 22, що рухається в пазу корпусу 1. Необхідний виліт призми забезпечується упором 16. Під призмою 13 на упорі 16 закріплені вусики 15 для попередження випадання заготовки.

Заготовка закріплюється плиткою 2, що з'єднана зі штоком поршня 3. Для запобігання обертання плита 2 рухається вздовж напрямного валика 8, запресованого у корпус 1. Плита 2 оснащена кондукторною втулкою 12, що закріплена гвинтом 19 та має напрямну шпонку 20.

Принцип роботи пристосування наступний.

Заготовка базується за допомогою елементів 13, 15, 17. Після цього оператор на пульті керування вмикає кнопку затиску. Завдяки цьому мастило потрапляє у штокову порожнину гідроциліндра. Поршень 3 рухається ліворуч разом з плитою 2, що затискає заготовку.

Після механічної обробки заготовки оператором верстата реверсується гідронасос і мастило починає рухатись у зворотному напрямку. Таким чином здійснюється відтискання заготовки.

### 3.2 Визначення зусилля затискання

Розглянемо послідовність розрахунку режимів різання для операції 020 на позиціях 2 та 3 корпусу регулятора тиску. На позиціях 2 та 3 ведеться горнова та чистова, відповідно, обробка отворів перовими ступінчатими зенкерами з твердосплавними частинами ВК8 та ВК6 для розрахунку режимів різання береться максимальний діаметр ступеня зенкера.

Позначимо кожний інструмент нумерацією згідно технологічного процесу (для спрощення запасів), а в дужках поставимо максимальний діаметр отвору, для якого буде розраховуватись режим різання. Наприклад, зенкер 1 (Ø 19). На позиції 2 чорнове зенкерування 3-х отворів (зенкера 1, 2, 3), а на позиції 3 – чистове зенкерування трьох отворів (зенкера 4, 5, 6).

Глибина різання визначається за формулою [9]:

$$t = 0,5 (D - d), \quad (3.1)$$

де  $D$  – діаметр отвору після обробки, мм;

$d$  – діаметр отвору до обробки, мм.

Швидкість різання визначається за формулою [9]:

$$V = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_b; \quad (3.2)$$

де  $C_v$  – поправочний коефіцієнт;

$q, m, x, y$  – показники ступеня;

$T$  – стійкість інструмента, хв. (залежить від діаметра інструмента);

$t$  – глибина різання, мм;

$S$  – подача, мм/об.;

$K_b = K_{mб} \cdot K_{nб} \cdot K_{eб} \cdot K_{nб}$  – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання.

Значення коефіцієнтів та показників ступеню вибираємо з довідника [9], причому їх значення будуть постійними для кожного зенкера:  $C_v = 143$ ;  $q = 0,4$ ;  $m = 0,4$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ ;  $K_{чб} = 0,8$ ;  $K_{нб} = 2,7$ ;  $K_{об} = 1,0$ ;  $K_{пб} = 0,9$ .

$$K_p = 0,8 \cdot 2,7 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 1,94.$$

Інші параметри для розрахунку швидкості різання визначасмо згідно [9].

Таким чином швидкості різання будуть дооб'єднувати:

$$V_{1(19)} = \frac{143 \cdot 19^{0,4}}{30^{0,4} \cdot 0,25^{0,45} \cdot 1,5^{0,15}} \cdot 1,94 = 188,2 \text{ м/хв};$$

де  $T = 30$  хв.;

$t = 1,5$  мм;

$S = 0,25$  мм/об.

$$V_{2(28)} = \frac{143 \cdot 28^{0,4}}{40^{0,4} \cdot 0,45^{0,45} \cdot 1^{0,15}} \cdot 1,94 = 172,4 \text{ м/хв},$$

де  $T = 40$  хв.;

$t = 1,0$  мм;

$S = 0,45$  мм/об.

$$V_{3(19)} = V_{1(19)} = 188,2 \text{ м/хв};$$

$$V_{4(20,4)} = \frac{143 \cdot 20,43^{0,4}}{30^{0,4} \cdot 0,5^{0,45} \cdot 0,7^{0,15}} \cdot 1,94 = 211,1 \text{ м/хв};$$

де  $T = 30$  хв.;

$t = 0,7$  мм;

$S = 0,5$  мм/об.

$$V_{5(33)} = \frac{143 \cdot 33^{0,4}}{50^{0,4} \cdot 0,35^{0,45} \cdot 2,5^{0,15}} \cdot 1,94 = 194,1 \text{ м/хв};$$

де  $T = 50$  хв.;

$t = 2,5$  мм;

$S = 0,35$  мм/об.

$$V_{6(20,43)} = V_{4(20,43)} = 211,1 \text{ м/хв.}$$

Частоту обертів визначають за формулою:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (3.3)$$

Розраховане значення частоти обертів далі уточнюють за паспортом верстата.

$$n_{1(19)} = \frac{1000 \cdot 158,2}{3,14 \cdot 19} = 3161,8 \text{ об/хв};$$

$$n_{\phi 1} = 3160 \text{ об/хв};$$

$$n_{2(28)} = \frac{1000 \cdot 172,4}{3,14 \cdot 28} = 1965 \text{ об/хв};$$

$$n_{\phi 2} = 2000 \text{ об/хв};$$

$$n_{3(19)} = n_{1(19)} = 3161,8 \text{ об/хв};$$

$$n_{\phi 3} = 3160 \text{ об/хв};$$

$$n_{4(20,43)} = \frac{1000 \cdot 211,1}{3,14 \cdot 20,43} = 3361 \text{ об/хв};$$

$$n_{\phi 4} = 3400 \text{ об/хв};$$

$$n_{5(33)} = \frac{1000 \cdot 194,1}{3,14 \cdot 33} = 1875 \text{ об/хв.};$$

$$n_{\phi 5} = 1850 \text{ об/хв.};$$

$$n_{\phi 4(20,43)} = n_{4(20,43)} = 3361 \text{ об/хв.};$$

$$n_{\phi 6} = 2400 \text{ об/хв.};$$

Визначимо фактичні швидкості різання за формулою:

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\phi}}{1000} \quad (3.4)$$

$$V_{\phi 1(19)} = \frac{3,14 \cdot 19 \cdot 3160}{1000} = 185,9 \text{ м/хв.};$$

$$V_{\phi 2(28)} = \frac{3,14 \cdot 28 \cdot 2000}{1000} = 175,8 \text{ м/хв.};$$

$$V_{\phi 3(19)} = V_{\phi 1(19)} = 185,9 \text{ м/хв.};$$

$$V_{\phi 4(20,43)} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 3400}{1000} = 213,5 \text{ м/хв.};$$

$$V_{\phi 5(33)} = \frac{3,14 \cdot 33 \cdot 1850}{1000} = 191,7 \text{ м/хв.};$$

$$V_{\phi 6(20,43)} = V_{\phi 4(20,43)} = 213,5 \text{ м/хв.};$$

Потужність різання визначаємо за формулою [9].

$$N_{\text{різ}} = N_{\text{табл}} \cdot K_n \cdot t \cdot \frac{V_{\phi}}{100} \quad (3.5)$$

де  $N_{\text{різ}}$  – табличне значення потужності в залежності від подачі, кВт [9];

$K_n$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу заготовки для алюмінію  $K_n=0,5$

[9]:

$t$  – глибина різання, мм;

$V_\phi$  – фактична швидкість різання;

Підставивши значення у формулу (3.5) отримаємо:

$$N_{piz.1(19)} = 0,2 \cdot 0,5 \cdot 1,5 \cdot \frac{185,9}{100} = 1,11 \text{ кВт};$$

$$N_{piz.2(28)} = 1,2 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \frac{175,8}{100} = 1,05 \text{ кВт};$$

$$N_{piz.3(19)} = N_{piz.1(19)} = 1,11 \text{ кВт};$$

$$N_{piz.4(20,43)} = 1,3 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot \frac{213,5}{100} = 0,64 \text{ кВт};$$

$$N_{piz.5(33)} = 1,1 \cdot 0,5 \cdot 0,25 \cdot \frac{191,7}{100} = 0,4 \text{ кВт};$$

$$N_{piz.6(20,43)} = N_{piz.4(20,43)} = 0,64 \text{ кВт}.$$

Момент різання при зенкеруванні визначаємо за формулою [9]:

$$M_{kp1(19)} = 3,06 \cdot \frac{N_{piz} \cdot D}{V_\phi}, \quad (3.6)$$

$$M_{kp1(19)} = 3,06 \cdot \frac{1,11 \cdot 19}{185,9} = 0,34 \text{ кЗ} \cdot \text{м} = 3,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{kp2(28)} = 3,06 \cdot \frac{1,05 \cdot 28}{175,8} = 0,51 \text{ кЗ} \cdot \text{м} = 5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{kp3(19)} = M_{kp1(19)} = 3,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{kp4(20,43)} = 3,06 \cdot \frac{0,64 \cdot 20,43}{213,2} = 0,18 \text{ кЗ} \cdot \text{м} = 1,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{kp5(33)} = 3,06 \cdot \frac{2,4 \cdot 33}{191,7} = 1,26 \text{ кЗ} \cdot \text{м} = 12,3 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{kp6(20,43)} = M_{kp4(20,43)} = 1,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначимо величину осьової сили за формулою: [9]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p \quad (3.7)$$

де  $C_p$  – поправочний коефіцієнт [9],  $C_p = 17,2$ ;

$x = 1$ ,  $y = 0,4$  – показники ступеню;

$K_p = K_{mp} = 2,34$ .

Підставивши значення у формулу отримуємо:

$$P_{01} = 10 \cdot 17,2 \cdot 1,5^1 \cdot 0,25^{0,4} \cdot 2,34 = 346,7 \text{ Н};$$

$$P_{02} = 10 \cdot 17,2 \cdot 1^1 \cdot 0,45^{0,4} \cdot 2,34 = 292,4 \text{ Н};$$

$$P_{03} = P_{01} = 346,7 \text{ Н};$$

$$P_{04} = 10 \cdot 17,2 \cdot 0,7^1 \cdot 0,5^{0,4} \cdot 2,34 = 213,5 \text{ Н};$$

$$P_{05} = 10 \cdot 7,2 \cdot 2,5^1 \cdot 0,35^{0,4} \cdot 2,34 = 661H ;$$

$$P_{06} = P_{04} = 213,5H .$$

Розрахуємо сили різання, що діють на заготовку, за формулою [9]:

$$P_{zi} = \frac{M_{kri}}{r} , \quad (3.8)$$

де  $M_{kri}$  – крутний момент і-того інструменту, Н×м;

$r$  – радіус отвору, м.

Тоді:

$$P_{z1} = \frac{3,3}{0,0095} = 347,4H ;$$

$$P_{z2} = \frac{5}{0,014} = 357,1H ;$$

$$P_{z3} = \frac{3,3}{0,0095} = 347,4H .$$

Розрахуємо коефіцієнт запасу по формулі [3, 14, 26, 41]:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 , \quad (3.9)$$

де  $K_0$  – коефіцієнт гарантованого запасу, 1,5;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення сил різання через випадкові нерівності поверхні, 1,2;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує затуплення різального інструменту, 1,15;

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

$K_4$  – коефіцієнт, що враховує постійність сили закріплення, 1,0;

$K_5$  – коефіцієнт, що враховує ергономіку 0, 1,0;

$K_6$  – коефіцієнт, що враховує можливість повороту заготовки, 1,0.

$$K = 1,5 \times 1,2 \times 1,15 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 = 2,48.$$

Складемо рівняння рівноваги на вісь X:

$$\sum F_{ix} = 0,$$

$$P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} - F_{tr1} - \frac{2F_{tr}}{2} = 0.$$

Враховуючи, що

$$F_{tr} = Wf;$$

$$\frac{2F_{tr}}{2} = \frac{Wf}{2} + \frac{Wf}{2},$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя алюмінію об сталь,  $f = 0,2$ , рівняння буде мати такий вигляд:

$$P_{z1} + P_{z2} + P_{z3} - Wf - \left( \frac{Wf}{2} + \frac{Wf}{2} \right) = 0. \quad (3.10)$$

Звідси визначаємо силу закріплення заготовки без урахування коефіцієнта запасу:

$$W = (P_{Z1} + P_{Z2} + P_{Z3}) / 2F, \quad (3.11)$$

$$W = (347,4 + 357,1 + 347,4) / 2 \cdot 0,2 = 2629,711 \text{ (Н)}.$$

З урахуванням коефіцієнту запасу сила закріплення складає:

$$W = 2629,7 \cdot 2,48 = 6521,8 \text{ (Н)}.$$

Зусилля на штоці гідроциліндра буде рівним силі закріплення:

$$Q = W = 6521,8 \text{ Н}.$$

### 3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

Розрахуємо діаметр поршня гідроциліндра двобічної дії за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot p \cdot \eta}}, \quad (3.12)$$

де  $Q$  – зусилля на штоці гідроциліндра, Н;

$p$  – тиск мастила в гідросистемі, МПа;  $p = 7$  МПа;

$\eta$  – ККД гідроприводу;  $\eta = 0,93$ .

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 6521,8}{3,14 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,93}} = 0,054 = 54 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня  $D = 63$  мм. Дійсне зусилля на штоці гідроциліндра розраховуємо за формулою:

- при подачі мастила в поршневу порожнину:

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot p \cdot \eta}{4}, \quad (3.13)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,063^2 \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,93}{4} = 8692,7 \text{ (Н)};$$

- при подачі мастила в штокову порожнину:

$$Q = \frac{\pi(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta}{4}, \quad (3.14)$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot (0,063^2 - 0,02^2) \cdot 3 \cdot 10^6 \cdot 0,93}{4} = 7816,6 \text{ (Н)}.$$

За довідниковими таблицями знаходимо гідроциліндр для верстатних пристосувань із потрібними нам параметрами:  $D = 63$  мм;  $d = 20$  мм; хід поршня 32 мм.

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

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Заготовку для корпусу регулятора тиску найбільш доцільно виготовляти методом литва. Розглянемо декілька методів литва: під тиском; литво в кокіль [8, 31, 49].

Литво під тиском полягає у тому, що рідкий метал з великою швидкістю заповнює порожнину металевої прес-форми та кристалізується під тиском. У зв'язку з цим можна отримати заготовку з товщиною стінок до 0,5 мм, точністю розмірів до 9 квалітету та параметрами шорсткості поверхні  $Ra=1,25$  мкм. При цьому припуск на механічну обробку цим методом отримуються низьким, порівняно із кокільним литвом. Однак литво під тиском має і недоліки, які полягають у складності та довгочасності виготовлення прес-форми, її великій вартості та невеликій стійкості. У металевих прес-формах важко виготовляти та витягати відливки зі складними порожнинами, до яких відносяться і корпус регулятора тиску. Через невіддатливість форми можлива поява залишкових напружень, а також газових раковин, шорсткості через швидке заповнення порожнини прес-форми. Цей вид дефектів для нашої деталі зовсім неприпустимий, оскільки корпус регулятора тиску повинен забезпечувати герметичність стінок при його використанні у вузлі.

Литво у кокіль полягає у багаторазовому використанні металевої форми кокілю. Стійкість сталевих кокілів при виготовленні заготовок з алюмінієвого сплаву становить 50000...75000 відливок. Кокілі дозволяють отримувати відливки зі стабільними і точними розмірами (до 12 квалітету). Параметр шорсткості може досягати  $Ra 4$  мкм. У зв'язку із високою теплопровідністю матеріалу форми швидкість кристалізації дуже велика. Це підвищує механічні властивості вилівки (отримується мікрозерниста структура). Кокіль практично не володіє

піддатливістю та газопроникливістю, що необхідно враховувати при конструюванні виливка.

Проведемо порівняння за технологічною собівартістю заготовок.

Вартість литої заготовки визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000}, \quad (4.1)$$

де  $C_i$  – вартість однієї тони відливок, 58500 грн./т [1];

$Q_{заг}$  – маса заготовки, 0,6 кг;

$K_T$  – коефіцієнт точності, 1,05;

$K_{II}$  – коефіцієнт програми випуску, 1,0;

$K_B$  – коефіцієнт маси виливка, 1,05;

$K_C$  – коефіцієнт складності, 2,1;

$K_M$  – коефіцієнт матеріалу, 1,0;

$q$  – маса деталі, 0,4 кг;

$S_{відх}$  – вартість відходів, 15000 грн./т.

Підставивши значення у формулу отримуємо

$$S_{заг} = \frac{58500}{1000} \cdot 0,6 \cdot 1,05 \cdot 1,0 \cdot 1,05 \cdot 2,1 \cdot 1,0 - (0,6 - 0,4) \frac{15000}{1000} = 78,3 \text{ (грн.)}$$

Вартість виливка, отриманого литвом у кокіть визначається за формулою [7]:

$$S_{заг} = \left( \frac{C_i}{1000} \cdot Q_{заг} \cdot K_T \cdot K_{II} \cdot K_B \cdot K_C \cdot K_M \right) - (Q - q) \frac{S_{відх}}{1000} \quad (4.2)$$

де  $C_i$  – базова вартість тонни заготовок, 58500 грн./т [1];

$Q_{заг}$  – маса заготовки, 0,6 кг;

$K_T$  – коефіцієнт точності, 0,8;

$K_{II}$  – коефіцієнт пролами випуску, 1,0;

$K_B$  – коефіцієнт маси вилізка, 1,4;

$K_C$  – коефіцієнт складності, 1,0;

$K_M$  – коефіцієнт матеріалу, 1,09.

$q$  – маса деталі, 0,4 кг;

$S_{відк}$  – вартість стружки, 15000 грн./т [1];

$$S_{заг} = \left( \frac{38500}{1000} \cdot 0,6 \cdot 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,09 \right) - (0,6 - 0,4) \frac{15000}{1000} = 39,9 \text{ (грн.)}.$$

В результаті розрахунків видно, що в умовах великосерійного виробництва доцільніше використовувати литво в піщані форми.

Економічний ефект в цьому випадку буде становити для корпусу:

$$E = (78,3 - 39,9) \cdot 6396 = 245606 \text{ грн.}$$

Отже, для виготовлення заготовки корпусу регулятора тиску обираємо литво в кокіль.

#### 4.2 Розрахунок системи штучного заземлення

Розрахуємо штучне заземлення контурного типу для електроустановки напругою до 1000 В методом коефіцієнту використання електродів. Вимірний питомий опір ґрунту  $\rho_B$ , вертикальні електроди з арматури діаметром  $d$ , довжиною  $L_B$ , горизонтальний електрод із штабової сталі шириною  $b$ , відстань між

вертикальними електродами  $L_{\Gamma}$ , траншея глибиною  $G$ , вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на  $S$  (рисунок 4.1).

Рисунок 4.1 – Розрахункова схема

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

1 Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho_p \cdot \psi, \quad (4.3)$$

$$\rho_p = 25 \cdot 2,0 = 50 \text{ (Ом}\cdot\text{м)},$$

де  $\psi$  – коефіцієнт сезонності, залежить від вологості ґрунту під час вимірювання питомого опору.

2 Глибина залягання середини вертикального електроду:

$$t_B = G - S + \frac{L_B}{2}, \quad (4.4)$$

$$t_B = 0,8 - 0,2 + \frac{1,7}{2} = 1,45 \text{ м.}$$

3 Опір розтіканню струму одиночного вертикального електрода:

$$R_B = \frac{\rho_P}{2 \cdot \pi \cdot L_B} \left( Ln \frac{2 \cdot L_B}{d_B} + 0,5 \cdot Ln \frac{4 \cdot t_B + L_B}{4 \cdot t_B - L_B} \right) \quad (4.5)$$

$$R_B = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} \left( Ln \frac{2 \cdot 1,7}{0,036} + 0,5 \cdot Ln \frac{4 \cdot 1,45 + 1,7}{4 \cdot 1,45 - 1,7} \right) = 27,3 \text{ Ом}$$

4 Потрібна кількість вертикальних електродів:

$$n = \frac{R_B}{R_{\Sigma} \cdot \eta_B}, \quad (4.6)$$

$$n = \frac{27,3}{10 \cdot 1,0} = 2,7 \approx 3 \text{ шт.},$$

де  $\eta_B$  – коефіцієнт використання вертикального електрода (приймається з цієї формулі початково  $\eta_B = 1,0$ ).

Довжина горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_r \cdot n, \quad (4.7)$$

$$L = 4,3 \cdot 3 = 12,9 \text{ м}$$

Глибина залягання середини горизонтального електрода:

$$t_r = G - S, \quad (4.8)$$

$$t_r = 0,8 - 0,2 = 0,6 \text{ м.}$$

Опір розтікання струму всіх горизонтальних електродів:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L} \ln \frac{L^2}{b \cdot t_{\Gamma}}, \quad (4.9)$$

$$R_{\Gamma} = \frac{50}{2 \cdot 3,14 \cdot 10,2} \ln \frac{10,2^2}{0,01 \cdot 0,6} = 7,61 \text{ Ом.}$$

Коефіцієнт використання вертикального електроду  $\eta_B = 0,80$ .

Коефіцієнт використання горизонтального електроду  $\eta_{\Gamma} = 0,59$ .

Отже, уточнений опір заземлюючого пристрою:

$$R_0 = \frac{R_B \cdot R_{\Gamma}}{R_B \cdot \eta_{\Gamma} + R_{\Gamma} \cdot \eta_B} \quad (4.10)$$

$$R_0 = \frac{27,3 \cdot 7,61}{27,3 \cdot 0,59 + 7,61 \cdot 0,80 \cdot 3} = 8,24 \leq R_3 = 10 \text{ Ом.}$$

#### 4.3 Промисловість та екологія: пошук балансу

Пів століття тому промислові підприємства були головними «шкідниками» екології. Існувала думка, що баланс між індустрією та захистом довкілля неможливий. Але керівні еліти країн Європи, Америки зрозуміли, що настає час змін. Країни та наддержавні утворення, наприклад Європейський Союз, стали регуляторами процесу подолання протиріч у промисловому розвитку та охороні довкілля. Їм це вдалося.

Були застосовані моделі, що прораховують вплив промисловості на екологію. Була обрана політика, що мінімізувала ризики, але не зруйнувала промисловий потенціал. Наприклад, модель ENV-Linkages, що використовується у ЄС,

допомагає аналізувати вплив забруднення повітря від промислових об'єктів на здоров'я людей, економіку у цілому. Модель Rains застосовується для моделювання забруднення повітря у регіонах. Вона враховує викиди CO<sub>2</sub>, аміаку, оксидів азоту, летючих органічних поєднань. Модель Gains порівнює забруднення повітря із кліматичними змінами. Вона демонструє вплив факторів на тривалість життя людини, що очікується в середньому.

Промислові підприємства розвинених країн працюють у рамках національних екологічних стандартів. Вони визначені державою. Наприклад, у США Агентство з охорони довкілля визначило наступні стандарти для якості повітря, які називається NAAQS. Вони діють в усій країні. Стандарти фіксують максимально допустимий рівень діоксиду сірки, твердих частинок, оксиду вуглецю, оксиду азоту і свинцю.

Ефективність контролю промислових викидів у ЄС оцінюють позитивно. Наприклад, Німеччина із 1990 року скоротила викиди у повітря за оксидом азоту майже на 60%, за оксидом сірки на 95%, а за оксидом вуглецю на 77%.

Отже, як бачимо, на зазначених прикладах баланс між екологією та промисловістю цілком можливий. Числою задачею є перейняття сучасного досвіду розвинених країн та впровадження його в Україні.

## ВИСНОВКИ

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

1 Визначено службове призначення регулятора тиску, що широко застосовується на у складі пневматичного приводу гальмівних систем автотранспортних засобів сільськогосподарського виробництва і не тільки. Наведено його технічну характеристику складові частини. Проведено аналіз точності корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал, надано рекомендації стосовно заміника аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – крупносерійний.

2 Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючі технологічні процеси виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів розміру корпусу  $\varnothing 30,2^{+0,16}$  мм розрахунково-аналітичним методом.

3 Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки деталі, визначеної на розробку. Здійснено розрахунки зусилля різання, затиску, а також параметрів силового приводу.

4 Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу регулятора тиску. Річний економічний ефект для заданої програми випуску склав 245606 грн. Окрім того, здійснено інженерний розрахунок заземлення методом коефіцієнту використання електродів. Приділено увагу пошуку балансу між промисловістю та захистом довкілля.

5 У графічній частині наведено складальний кресленик регулятора тиску, робочий кресленик корпусу, кресленик заготовки корпусу, складальний кресленик затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі.