

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: «Технологічні особливості виготовлення корпусу
запобіжного пружинного клапану»

КРБ.133ГМбд_41.10.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
ЛОГВИНЕНКО Євгеній

Керівник: канд. техн. наук, доцентка
БІЛОВОД Олександра

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Запобіжний фланцевий пружинний клапан широко використовується в обладнанні агропромислового комплексу (АПК) для захисту систем від надлишкового тиску. Сфера його застосування включає:

- системи водопостачання (захист насосів та трубопроводів від перевантаження);
- парові та термальні установки (контроль тиску в котлах та теплообмінниках);
- системи зберігання та переробки сільськогосподарської продукції (забезпечення безпеки в ємностях з рідинами та газами);
- обладнання для біогазових установок (запобігання аваріям у процесі отримання та зберігання біогазу).

Основне призначення клапана – запобігання руйнуванню обладнання та системи у разі різкого підвищення тиску, що особливо важливо для забезпечення безпеки та ефективної роботи виробничих процесів.

Деталь, винесена на розгляд у кваліфікаційній роботі (корпус), є складовою частиною запобіжного пружинного клапана.

Мета роботи полягає у розробленні базових положень для підготовки виробництва із забезпечення потреб ринку. **Об'єктом** розробки є запобіжний пружинний клапан, а **предметом** – конструкторсько-технологічні аспекти забезпечення процесів виготовлення корпусу.

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 здійснити його розрахунок;
- визначити економічну ефективність методу отримання заготовки деталі, а також запропонувати технічні та організаційні заходи із 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

Клапан запобіжний пружинний повнопідйомний фланцевий (рисунок 1.1) призначений для захисту обладнання від неприпустимого тиску викидом робочого середовища. Принцип викладу при тиску закриття та відновленні робочого тиску.

Основна технічна характеристика вловлювача наведена у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика запобіжного пружинного клапану

Назва параметра	Величина
Робочий тиск, МПа	4,0
Умовний прохід, мм	25
Робоче середовище	рідке, газоподібне, нейтральне
Температура робочого середовища, °C	40...120
Напрямок робочого середовища	під золотник
Робоче положення	вертикальне, клапаном вгору
Коефіцієнт втрат, не менше:	
- для газу	0,6
- для рідини	0,1
Площа поперечного перерізу сідла, мм ²	220,27
Пропускання середовища у затворі, см ³ /хв. не більше	2
Температура навколишнього середовища, °C	-40...+40
Хід клапана, мм	4
Габаритні розміри, мм	168×162×115
Маса, кг	12,4

Рисунок 1.1 – Клапан запобіжний пружинний

До складу клапану входять: 1 – корпус; 2 – каркас; 3 – ковпак; 4 – шток; 5 – сопло; 6 – обмежувач; 7 – напрямна; 8 – опора; 9 – пружина; 10 – стакан; 11 – золотник; 12 – шестерня; 13 – вісь; 14 – вилка; 15 – шайба; 16 – ручка; 17-19 – пробка; 20 – болт спеціальний; 21 – гайка спеціальна; 22 – фіксатор; 23-28 – прокладка; 29, 30 – гайка; 31, 32 – шайба; 33 – шпилька; 34 – кулька.

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

Рисунок 1.2 – Корпус

Верхня торцева поверхня корпусу призначена для з'єднання з каркасом клапана за допомогою болтів M10. В отворі Ø62H8 встановлюється опора 8. В різьбові отвори M10×1,5-7H вкручуються деталі 21 і 22. Поверхні Ø145 мм та Ø88 мм слугують для з'єднання клапана з іншим вузлом. Установочною поверхнею клапана є Ø115. Поверхні Ø58H9, Ø27,7 слугують для установки сопла 5, що вкручується в різьбу M27×1,5-7H.

Сопло 5 призначено для підведення робочого середовища до запірних елементів клапана. Воно встановлюється в отвір корпусу 1. Закручується сопло за допомогою спеціального ключа. Підведення робочої рідини виконується через внутрішню поверхню сопла.

1.2 Аналіз параметрів точності

При проведенні аналізу параметрів точності деталі заповнюємо таблицю 1.2 (рисунок 1.3), 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 точності деталі «Корпус»

Номер поверхні деталі	Назва поверхні	Розміри з відхиленнями	Квалітет точності	Точність форми	Точність відносного положення	Шорсткість R_a , мкм
1	2	3	4	5	6	7
1	Плоска	158	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	12,5
2	Циліндрична	Ø50	H14	-	-	12,5
3	Циліндрична	Ø62	H8	-	-	6,3
4	Різьба	M10×1,5	7H	-	-	6,3
5, 6	Циліндрична	Ø145	h14	-	-	12,5
7	Циліндрична	Ø88	h14	-	-	12,5
8, 9	Циліндрична	Ø115	h14	-	-	12,5

Продовження таблиці 1.2

1	2	3	4	5	6	7
10	Циліндрична	Ø58	H9	-	-	6,3
11	Плоска	12	$\pm \frac{IT14}{2}$	-	-	6,3
12	Циліндрична	Ø27,7	H14	-	-	6,3
13	Різьба	M27×1,5	7H	-	-	6,3

Рисунок 1.3 – Аналіз параметрів точності корпусу

Виконавши аналіз параметрів точності деталі робимо висновок про те, що шорсткість поверхні відповідає вимогам точності. Найточніший розмір мають поверхні 4 та 13 з розмірами M10×1,5 та M27×1,5. Найнижча шорсткість Ra=6,3 мкм. Деталь легко виготовляється в умовах машинобудівного виробництва.

1.3 Характеристика матеріалу деталі, замінник

Для виготовлення корпусу застосовується сталь 25Л за ДСТУ 8781:2018 [24, 37]. Ливарна сталь 25Л – це різновид сталі, призначений для лиття. Вона має вуглецевий склад близько 0,25% та легуючі добавки, що покращують її властивості. Основні характеристики ливарної сталі 25Л включають.

- рідкотекучість (легкість формування складних деталей);
- висока міцність та твердість (довговічність виробів);

- стійкість до зношування (дозволяє використовувати в умовах високого навантаження).

Сталь 25Л використовується у виробництві різних деталей машин та конструкцій, що вимагають поєднання міцності та високої точності.

У таблицях 1.3 та 1.4 наводимо основні хімічні та механічні властивості даного матеріалу.

Таблиця 1.3 – Хімічний склад матеріалу сталь 25Л

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0,22-0,3	0,22	0,4	до 0,3	до 0,045	до 0,04	до 0,3

Таблиця 1.4 – Механічні властивості матеріалу сталь 25Л

δ_B , МПа	δ_T , МПа	d_5 , %	y , %	KCU, кДж/м ²	Термічна обробка	HB
441...491	235...294	19...25	30...33	343...392	Нормалізація (гартування), відпускання	124...207

Замінити сталь 25Л можна за допомогою сталі 35Л, що максимально підходить за своїми хімічними та механічними властивостями (таблиці 1.5, 1.6).

Таблиця 1.5 – Хімічний склад матеріалу 35Л

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0,32-0,4	0,2...0,52	0,45...0,9	до 0,3	до 0,05	до 0,06	до 0,3

Таблиця 1.6 – Механічні властивості матеріалу 35Л

δ_B , МПа	δ_T , МПа	d_5 , %	y , %	KCU, кДж/м ²	Термічна обробка	HB
---------------------	---------------------	-----------	------------	----------------------------	---------------------	----

491...540	275...343	15...16	25...20	294...343	Нормалізація (гартування), відпускання	137...229
-----------	-----------	---------	---------	-----------	--	-----------

1.4 Визначення типу виробництва та програми запуску

Маркетингове дослідження показало попит ринку в деталях вузла у кількості 450 штук на рік. Визначимо річну програму запуску виробів за формулою:

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

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

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

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

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

$$N_{зан} = (450 + 0,04 \cdot 450) \cdot (1 + 0,025) = 480 \text{ (шт.)}.$$

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

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності вузла та деталі

Аналіз технологічності вузла – це процес оцінки проектного вузла (деталі або конструкції) з точки зору його продуктивності, зручності у виготовленні, збиранні та експлуатації. Основні аспекти, які слід враховувати під час аналізу технологічності вузла, включають:

Конструкторські рішення:

- застосування простих форм та геометрії для полегшення обробки.
- мінімізація кількості деталей для спрощення складання.

Матеріали:

- вибір оптимальних матеріалів з урахуванням їх властивостей, вартості та доступності;

- оцінка впливу матеріалів на виробничі процеси.

Виробничі процеси:

- аналіз технологій обробки (механічна обробка, лиття, зварювання тощо).
- оцінка можливості застосування автоматизації та механізації.

Складання:

- спрощення процесу складання та зменшення кількості операцій;
- застосування уніфікованих деталей зниження складності.

Економічні показники:

- оцінка витрат на виготовлення та складання вузла;
- аналіз рентабельності та термінів окупності.

Якість та надійність:

- оцінка впливу технологічності на якість готового виробу;
- аналіз надійності вузла за умов експлуатації.

Технічна документація – підготовка зрозумілих креслень та специфікацій для зниження ймовірності помилок під час виробництва та складання.

Отже, проведення аналізу технологічності вузла дозволяє виявити слабкі місця та оптимізувати конструкцію для підвищення ефективності виробництва та експлуатації [23].

Конструкцію клапану запобіжного можна вважати технологічною і придатною для виготовлення й експлуатації відповідно до технологічних вимог.

У процесі аналізу креслення деталі (корпус) було виявлено, що деталь практично повністю відпрацьована на технологічність для визначеного типу виробництва, бо витрати на налагодження верстатів будуть порівняно незначні з економією матеріалу та часу.

Результати аналізу на технологічність корпусу наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз на технологічність корпусу

№ з.п.	Показники технологічності	Висновки за показниками технологічності	Дії щодо поліпшення технологічності
1	2	3	4
1	Наявність зручних технологічних баз, що забезпечують жорстке і надійне закріплення заготовки, вільне підведення різального інструменту.	Цей показник технологічності є задовільним. Заготовка має технологічні бази для кріплення.	-
2	Конструкція деталі повинна забезпечувати її встановлення за допомогою простих пристосувань.	Деталь має складну форму, тобто цей показник не є задовільним.	-

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4
3	Отвори повинні бути такими, щоб їх можна було обробляти на прохід.	Дана деталь не відповідає даній вимозі.	-
4	В багатоопераційних верстатах із ЧПК не рекомендується обробка кутів відмінних від 45 та 90°.	Відносно цього показника деталь повністю відповідає.	-
5	Для можливості автоматичної обробки корпусних деталей небажано застосовувати різьбові отвори, менші за М6.	Цей показник є задовільним.	-
6	Наявність внутрішніх торців, які необхідно обробляти.	Цей показник не витримано, у корпусі наявні внутрішні торці, що підлягають обробці.	-
7	Доступність поверхонь для обробки різальним інструментом та для безпосереднього вимірювання одержаних розмірів.	Цей показник майже відповідає конструкції корпусу за винятком деяких внутрішніх отворів, для вимірювання яких розроблено спеціальний вимірювальний пристрій.	-

Розглянувши таблицю, можна зробити висновки, що в цілому деталь (корпус) за більшістю показників є технологічною для умов автоматизованого виробництва.

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення

Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі включає кілька ключових етапів, що допомагають виявити його ефективність, виявити недоліки і запропонувати шляхи для поліпшення. Основні кроки щодо такого аналізу.

1. Опис поточного процесу:

- етапи виготовлення (визначити усі етапи технологічного процесу від підготовки матеріалів до фінальної обробки);
- обладнання (перерахувати використовуване обладнання та інструменти);
- матеріали (вказати типи та характеристики матеріалів, що використовуються для виготовлення деталей);

2. Збір даних:

- час виконання операцій (визначити час, що витрачається на кожну операцію);
- витрати (визначити витрати на матеріали, трудовитрати та експлуатаційні витрати);
- якість (оцінити відсоток браку та кількість переробок).

3. Аналіз процесу:

- ідентифікація вузьких місць (знайти етапи, що уповільнюють процес чи збільшують витрати);
- ефективність обладнання (оцінити завантаження та працездатність обладнання);
- порівняння з нормативами (порівняти дані зі встановленими стандартами та нормативами).

4. Оцінка якості:

- контроль якості (визначити методи контролю якості кожному етапі процесу);

- аналіз дефектів (виявити причини виникнення дефектів та бракованих виробів).

5. Пошук можливостей для покращення:

- оптимізація процесів (розглянути варіанти оптимізації послідовності операцій або заміни обладнання);
- поліпшення якості (дослідити методи покращення контролю якості та запобігання дефектам);
- автоматизація (оцінити можливість автоматизації окремих етапів процесу).

6. Рекомендації:

- пропозиції щодо покращення (на основі аналізу запропонувати конкретні зміни для підвищення ефективності процесу);
- впровадження нових технологій (розглянути можливість впровадження нових технологій чи обладнання).

7. Реалізація змін:

- план впровадження (розробити план для реалізації запропонованих змін із зазначенням термінів та відповідальних);
- моніторинг (встановити систему моніторингу для оцінки ефективності змін).

Проведення такого аналізу допомагає покращити виробничі процеси, знизити витрати та підвищити якість кінцевого продукту.

У діючому виробництві корпус виготовлявся за умов одиничного типу виробництва. Тому було застосовано універсальне обладнання, зокрема, токарно-гвинторізний верстат моделі 1М63, радіально-свердлильний верстат моделі 2М57. Також слюсарна операція зачистки заусенців та притуплення гострих крайків виконувалася вручну за допомогою напилка і шабера.

Нами пропонується здійснити перехід на обладнання із числовим програмним керуванням.

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 $\varnothing 58H9$. Допуск за кресленням 0,074 мм, допуск заготовки 2 мм. Загальне уточнення складає:

$$\varepsilon = \frac{2}{0,074} = 27,027.$$

Орієнтовна кількість ступенів обробки:

$$n_p = \frac{\lg 27,027}{0,46} \approx 3,1.$$

Отже, необхідно передбачити 3 етапи обробки для даної поверхні №10.

Пропонуємо два методи обробки поверхонь корпусу (таблиця 2.2, рисунок 1.3).

Таблиця 2.2 – Методи обробки поверхонь корпусу

№	1 метод	2 метод
1	Фрезерування.	Точіння.
2	Розточування.	Розточування.
3	Розточування попереднє.	Розточування попереднє, розточування остаточне, свердління, різьбонарізання.
4	Розточування кінцеве.	Точіння.
5	Свердління, різьбонарізання.	Точіння.
6	Фрезерування.	Точіння.
7	Фрезерування.	Точіння.
8	Фрезерування.	Точіння.
9	Фрезерування.	Розточування.
10	Розточування попереднє, проміжне і кінцеве.	Точіння.
11	Розточування.	Розсвердлювання.
12	Розточування.	Різьбонарізання.
13	Розточування, різьбонарізання.	Свердління, різьбонарізання.

Порівнюючи дані методи обробки поверхонь видно, що перший метод обробки більш раціонально використовувати при обробці нерухомо закріпленої деталі

інструментом, що обертається. Головна відмінність даних варіантів полягала у тому, що деякі поверхні першого варіанту обробляються фрезеруванням, другого точінням.

Для заданих умов найбільш прийнятним є перший метод, оскільки він дає можливість автоматизувати виробництво, використати верстати із ЧПУ. При реалізації другого методу, необхідно більша кількість обслуговуючого персоналу.

Загальний висновок: під час вибору методів обробки кожної поверхні деталі, будемо керуватися показниками собівартості обробки та підвищення якості оброблених 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).

Таблиця 2.3 – Маршрут обробки корпусу

№ оп.	Найменування операції	Устаткування	Зміст операції
1	2	3	4
005	Заготівельна	Піч	
010	Термічна	Піч	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
015	Фрезерні із ЧПК	6904Ф3	
020	Свердлильна	2554	
025	Фрезерно-свердильно-розточувальна із ЧПК	6904Ф3	

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4
025	Фрезерно-свердильно-розточувальна із ЧПК	6904ФЗ	
030	Мийна	M103	
035	Контрольна	Стп РТК	

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, 43]. Визначення припусків на механічну обробку розрахунково-аналітичним методом проводимо для однієї найбільш точної поверхні. У нашому випадку це розмір $\varnothing 2H3$ мм.

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

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

де Rz_{i-1} – висота мікронервностей, 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 $\varnothing 62\text{H}8$ мм

Технологічний перехід	Елемент припуску, мкм				Розр. припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розр. розмір, d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				$D_{\min}$	$D_{\max}$	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
Заготовка	800	-	394	-	57,649	1000	53,65	57,65	-	-	-
Розточування чорнове	50	50	24	130	4030	61,679	250	61,43	61,68	4,78	4,03
Розточування чистове	6	6	16	80	367	62,646	50	62	62,65	0,57	0,37
Σ										5,35	4,4

Проводимо перевірку правильності розрахунку:

$$2 \cdot Z_{\max} - 2 \cdot Z_{\min} = \delta_{\text{заг.}} - \delta_{\text{дет.}} \quad (2.5)$$

$$5350 - 4400 = 1000 - 50$$

$$950 = 950.$$

На решту поверхонь деталі припуски визначаються за довідником (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Припуски і допуски на поверхні деталі

№ пов.	Найменування поверхні	Розмір, мм	Припуск, мм
1	Плоска	158	7±2
2	Циліндрична	Ø50	3,5
3	Циліндрична	Ø62H8	4,03
4	Різьба	M10	1,0
5	Циліндрична	Ø145	3
6	Циліндрична	Ø145	3
7	Циліндрична	Ø88	3
8	Циліндрична	Ø115	3
9	Циліндрична	Ø115	3
10	Циліндрична	Ø58	3,5
11	Плоска	12	1,0
12	Циліндрична	Ø27,7	3
13	Різьба	M27	1,5

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Розробка конструкції затискного пристосування

Для операції механічної обробки корпусу (фрезерування функціональних поверхонь) розробляємо конструкцію затискного пристосування, керуючись рекомендаціями [12, 26, 38, 39]. Складальне креслення пристосування представлено у графічній частині роботи, а також на рисунку 3.1.

Рисунок 3.1 – Пристосування затискне

Пристосування складається із наступних елементів: 1 – корпус; 2, 5 – палець; 3 – призма; 7 – повзун; 8, 14 – кришка; 9 – гільза; 10 – втулка; 11 – шток-клин; 12 – важіль; 13 – планка; 15 – установ; 16 – планка; 17 – шайба; 18 – ролик; 19 – штуцер; 20 – губка; 21 – поршень; 22 – трубопровід; 24 – пружина; 25-27 – кільце; 28, 29 – манжета; 32, 33 – болт; 36-42 – гвинти; 44, 45, 62 – гайка; 46-49 – шайба; 50 – пробка; 51-54 – штифти; 55 – шплінт; 56 – шпонка; 57 – ролик; 58 – вісь; 60 – кран; 61 – з'єднання; 63, 64 – ніпель.

Принцип роботи пристосування наступний. Робоча рідина із насоса потрапляє в розподільчий кран. При подачі краном рідини в безштокову порожнину шток гідроциліндра рухається вправо і через клин приводить у рух важіль, що рухає

повзун вліво і тискає деталь. Переключивши кран – подаємо рідину в штокову порожнину, шток рухається наліво і повзун під дією пружини розкріплює деталь.

Для точного встановлення пристосування на стіл верстату без вивірки і більшої його стійкості застосовують дві напрямні шпонки. Вони вставляються у паз, виконаний в основі пристосування.

Для швидкого налагодження фрези на потрібний розмір у пристосуванні є спеціальний устанок. Деталь орієнтується на корпусі пристосування за призмою з кутом 90° .

3.2 Розрахунок зусилля затиску

Складемо схему діючих сил і визначимо з неї силу, що необхідна для затиску W , використовуючи положення [7, 28, 12, 36, 28, 39].

На даній операції (015) максимальна сила різання P_z при чорновому фрезеруванні верхньої площини деталі.

Сила P_z намагається виштовхнути заготовку паралельно площині закріплення.

Складемо рівняння рівноваги у вигляді ΣF_n :

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

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

де F – коефіцієнт тертя

Тоді рівняння прийме вигляд:

$$W \cdot F - K \cdot P_z = 0; \quad (3.3)$$

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

де K – коефіцієнт запасу:

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6, \quad (3.5)$$

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

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт стану поверхні деталі;

$K_2 = 1,4$ – коефіцієнт затуплення різального інструменту;

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

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

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

$K_6 = 1,0$.

Тоді K дорівнює:

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

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя.

Силу різання P_z визначимо за формулою:

$$P_z = \frac{C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^o} \cdot K_p, \quad (3.6)$$

де $t = 2,0$ мм – глибина різання;

$S = 0,3$ мм/зуб – подача;

$B = 74$ мм – ширина фрезерування;

$z = 12$ – кількість зубів фрези.

$D = 120$ мм – діаметр фрези;

$n = 600$ хв – частота обертання фрези;

$K_p = 1,1$ – загальний поправочний коефіцієнт;

$C_p = 82,5$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $u = 1,1$; $q = 1,3$; $\omega = 0,2$ – коефіцієнт та показники степеню, які вибираються з таблиць.

Визначимо силу різання:

$$P_z = \frac{82,5 \cdot 2,0^1 \cdot 0,3^{0,75} \cdot 74^{1,1} \cdot 12}{120^{1,3} \cdot 600^{0,2}} \cdot 1,1 = 55,4 \text{ (Н)}.$$

Визначимо силу, необхідну для закріплення:

$$W = \frac{55,4 \cdot 3,6}{0,1} = 1994,4 \text{ (Н)}.$$

3.3 Розрахунок параметрів силового приводу

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

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 $Q = W = 1994,4 \text{ (Н)}$.

Знайдемо діаметр поршня пневмоциліндра:

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

З цієї формули виразимо значення діаметра:

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

де D – діаметр поршня;

d – діаметр штока, 15 мм;

η – ККД пневмоциліндра, 0,8;

p – тиск повітря що подається у пневмоциліндр, 0,5 МПа.

Таким чином, маємо значення:

$$D = \sqrt{\frac{2 \cdot 1994,4}{3,14 \cdot 0,8 \cdot 0,5} + 15^2} = 58,3 \text{ (мм)}.$$

Приймаємо стандартний діаметр $D = 65$ мм.

3.4 Розрахунок слабкої ланки на міцність

Однією з найслабкіших ланок механізму затискного пристосування є різьба М12 на штоці. Проведемо її розрахунок на міцність. Умова міцності має наступний вид:

$$\sigma_p = \frac{P_z}{A_p} \leq [\sigma]_p \quad (3.10)$$

де σ_p – діюче напруження розтягу, МПа;

A_p – площа навантаженого перерізу, м²;

$$A_p = \frac{3,14 \cdot (10,25 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 8,25 \cdot 10^{-5} \text{ (м}^2\text{)}. \quad (3.11)$$

Отже,

$$\sigma_p = \frac{1994,4}{8,25 \cdot 10^{-5}} = 24,2 \cdot 10^6 \text{ (МПа)}.$$

Так як, діюче напруження становить 24,2 МПа, а допустиме 100 МПа, то можна зробити висновок, що шток із різьбою має достатню міцність.

РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки деталі

Для деталі «Корпус», що виготовляється зі сталі 25Л, способи отримання заготовок: литво у кокіль та литво під тиском.

Проведемо економічну оцінку добору способу виготовлення заготовки, методом порівняння собівартості одержання заготовок по варіантах [1, 4, 5, 30, 34, 49].

При отриманні деталі литвом у кокіль маса заготовки буде становити:

$$m_{\text{заг}} = m_{\text{д}} / k_{\text{в}}, \quad (4.1)$$

де $m_{\text{д}}$ – маса деталі, кг;

$k_{\text{в}}$ – коефіцієнт використання матеріалу;

$$m_{\text{заг}} = 6,0 / 0,75 = 8,0 \text{ кг.}$$

При литві під тиском:

$$m_{\text{заг}} = 6,0 / 0,85 = 7,1 \text{ кг.}$$

Проведемо порівняння методів отримання заготовки за собівартістю виготовлення.

Собівартість виготовлення заготовки визначається за формулою:

$$C_{\text{о}} = C_{\text{з}} \cdot M_{\text{з}} + C_{\text{м.р.}} (M_{\text{з}} - M_{\text{о}}), \quad (4.2)$$

де $C_{\text{з}}$ – оптова ціна одиниці маси заготовки;

M_3 – маса заготовки;

M_n – маса готової деталі;

$C_{стр}$ – витрати на механічну обробку, віднесені до 1 кг стружки.

Для заготовки, отриманої литвом в кокіль: $M_3 = 8$ кг; $C_3 = 63,5$ грн/кг;
 $C_{стр} = 120$ грн/кг.

$$C_o = 63,5 \cdot 8 + 120(8,0 - 6,0) = 748 \text{ (грн.)}$$

Для заготовки, отриманої литвом під тиском $M_3 = 7,1$ кг.; $C_3 = 63,5$ грн/кг;
 $C_{стр} = 120$ грн/кг.

$$C_o = 63,5 \cdot 8 + 120(8,0 - 7,1) = 616 \text{ (грн.)}$$

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

$$E = (748 - 616) \cdot 450 = 59400 \text{ (грн.)}$$

Висновок: проаналізувавши два методи виготовлення заготовки обираємо метод виготовлення литвом під тиском, оскільки собівартість виготовлення заготовки даним методом менша на 132 грн. за одиницю, у порівнянні з виготовленням заготовки литвом у кокіль.

4.2 Розрахунок заземлення металорізального верстата

Розрахуємо контурне заземлення для обладнання з нижче приведеними даними $\rho=250 \text{ Ом} \cdot \text{м}$, довжина вертикальних електродів $l = 3,5 \text{ м}$ діаметр стержнів $d=35 \text{ мм}$, горизонтальний електрод зі сталі 50 мм , відстань між вертикальними електродами $L_e=9 \text{ м}$, траншея глибиною $G = 1,0 \text{ м}$, вертикальний електрод здійснюється над дном траншеї на $S = 0,2 \text{ м}$, вологість ґрунту середня [2, 8, 10, 14-17, 19, 20, 22, 26, 27, 31, 33, 41, 46, 50].

1) розрахований питомий опір ґрунту:

$$\rho_p = \rho \cdot \psi; \quad (4.3)$$

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

$$\rho_p = 250 \cdot 1,5 = 375 \text{ Ом} \cdot \text{м},$$

2) глибина залягання середини вертикального електрода:

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

$$t_g = 1,0 - 0,2 + \frac{3,5}{2} = 2,55 \text{ м};$$

3) опір розтікання струму одиничного вертикального електрода:

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

$$R_F = \frac{375}{2 \cdot 3,14 \cdot 3,5} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3,5}{0,035} + 0,5 \cdot \ln \frac{4 \cdot 2,55 + 3,5}{4 \cdot 2,55 - 3,5} \right) = 96,5 \text{ Ом};$$

4) визначимо потрібну кількість вертикальних електродів:

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

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

$$n = \frac{96,5}{10 \cdot 1,0} = 9,7 \approx 10 \text{ шт.};$$

5) визначимо довжину горизонтального електрода при контурному заземленні:

$$L = L_n \cdot n \quad (4.7)$$

$$L = 9 \cdot 10 = 90 \text{ м};$$

6) глибина залягання середини горизонтального електрода буде становити:

$$t_r = G \cdot S \quad (4.8)$$

$$t_r = 1,0 \cdot 0,2 = 0,2 \text{ м};$$

7) визначимо опір розтікання струму від горизонтальних електродів:

$$R_r = \frac{\rho_p}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \frac{L^2}{b \cdot t_r}; \quad (4.9)$$

$$R_r = \frac{375}{2 \cdot 3,14 \cdot 90} \cdot \ln \frac{90^2}{0,05 \cdot 0,8} = 8,1 \text{ Ом};$$

8) коефіцієнт використання вертикального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_B = 0,7;$$

9) коефіцієнт використання горизонтального електрода визначаємо за [50]:

$$\eta_r = 0,44;$$

10) уточнений опір заземлюючого пристрою

$$R_o = \frac{R_B \cdot R_r}{R_B \cdot \eta_r + R_r \cdot \eta_B \cdot n}; \quad (4.10)$$

$$R_o = \frac{96,5 \cdot 8,1}{96,5 \cdot 0,44 + 8,1 \cdot 0,7 \cdot 10} = 7,9 < R_3 = 10 \text{ Ом.}$$

Висновок $R_o = 7,9$ – захист забезпечено.

4.3 Екологічні аспекти використання резервуарів під тиском

Використання резервуарів під тиском пов'язане з низкою екологічних аспектів, які важливо враховувати для мінімізації негативного впливу на довкілля. Розглянемо кілька ключових моментів.

Викиди та витоки. Резервуари під тиском можуть стати джерелом витоків небезпечних речовин, що може призвести до забруднення ґрунту та води. Регулярний моніторинг та технічне обслуговування допоможуть знизити ризик.

Матеріали та технології. Використання екологічно чистих матеріалів та технологій при виробництві резервуарів може скоротити негативний вплив на

природу. Наприклад, застосування стійких до корозії сплавів може збільшити термін служби резервуарів.

Енергетична ефективність. Процеси, пов'язані із заповненням та обслуговуванням резервуарів, потребують енергії. Оптимізація цих процесів може знизити вуглецевий слід та споживання ресурсів.

Переробка та утилізація. Важливо передбачити ефективні методи утилізації резервуарів наприкінці їхнього терміну служби, щоб мінімізувати відходи та забруднення.

Пожежна безпека. Резервуари під тиском можуть становити небезпеку у разі пожежі або вибуху, що також може вплинути на екологічну обстановку. Вжиття заходів щодо підвищення безпеки є критично важливим.

Законодавство та нормативи. Дотримання екологічних норм та стандартів, що регулюють експлуатацію резервуарів, сприяє зменшенню їх негативного впливу на природу.

Управління ризиками. Необхідність розробки та впровадження систем управління ризиками для запобігання аварійним ситуаціям. Це включає аналіз можливих сценаріїв і розробку заходів з мінімізації їх наслідків.

Інновації в технологіях. Розробка нових технологій контролю стану резервуарів, таких як системи моніторингу в реальному часі, може допомогти виявляти проблеми на ранніх стадіях і запобігати вибоку.

Зниження кількості відходів. Оптимізація процесів, пов'язаних із виробництвом та використанням резервуарів, може допомогти зменшити кількість відходів. Наприклад, переробка старих резервуарів для використання у нових проєктах.

Екологічні наслідки аварій. У разі витоків або аварій важливо мати план дій щодо усунення наслідків, який включає оцінку впливу на навколишнє середовище та відновлення постраждалих екосистем.

Навчання та підвищення поінформованості. Навчання працівників безпечним методам роботи з резервуарами та підвищення їх поінформованості про потенційні екологічні ризики може суттєво знизити ймовірність помилок.

Стійкий розвиток. Впровадження принципів сталого розвитку в проєктування та експлуатацію резервуарів може допомогти знизити їхній екологічний слід та підвищити довгострокову ефективність.

Дотримання міжнародних стандартів. Підтримка відповідності міжнародним стандартам та угодам, таким як ISO 14001 (екологічний менеджмент), допоможе покращити екологічну відповідальність та репутацію компанії.

Ці аспекти наголошують на важливості комплексного підходу до управління резервуарами під тиском, спрямованого на захист навколишнього середовища та зменшення ризиків для екосистем.

ВИСНОВКИ

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

1. Визначено службове призначення запобіжного пружинного клапану. Проведено аналіз деталі, що є складовою частиною, а саме корпусу. Охарактеризовано конструкційний матеріал цієї деталі, надано рекомендації стосовно замітника-аналогу. Здійснено визначення типу виробництва на підставі маркетингового дослідження – дрібносерійний.

2. Відпрацьовано на технологічність вузол та його деталь. Проаналізовано діючий технологічний процес виготовлення. Розроблено маршрут обробки поверхонь корпусу. Здійснено визначення припусків на обробку та операційних розмірів поверхні $\varnothing 218$ мм розрахунково-аналітичним методом, на решту поверхонь – табличним способом.

3. Запропоновано конструкцію затискного пристосування, що може бути використано під час операції механічної обробки корпусу (фрезерування). Визначено зусилля затиску. Розраховано параметри силового приводу, слабку ланку на міцність.

4. Здійснено техніко-економічне обґрунтування виробництва заготовки корпусу запобіжного пружинного клапану. Річний економічний ефект для програми випуску 450 шт склав 59400 грн. Окрім того, здійснено розрахунок закріплення металорізального обладнання. Приділено увагу екологічним аспектам застосування резервуарів під тиском.

5. У графічній частині роботи наведено складальний креслення запобіжного пружинного клапану, креслення корпусу, креслення заготовки корпусу, складальний креслення затискного пристосування для виконання операції механічної обробки деталі фрезеруванням.