

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Модернізація конструкції автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення профільних виробів

Виконав: студент 2-го курсу, групи ІГМ-22м
спеціальності 133 – Галузеве
машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

 Богдан МЕЛЬНИК

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор, зав. каф. ГМ

 Леонід ПОЛІЩУК

(прізвище та ініціали)

« 12 » грудня 2023 р.

Опоцент: к.т.н., доцент кафедри АТМ

 Олександр ГАЛУЩАК

(прізвище та ініціали)

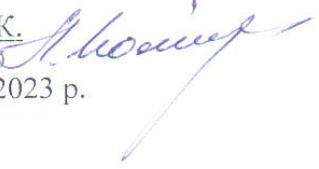
« 12 » грудня 2023 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

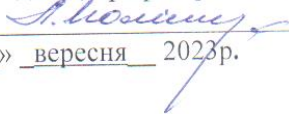
(прізвище та ініціали)


« 12 » грудня 2023 р.

Вінниця ВНТУ - 2023 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 13 Механічна інженерія
Спеціальність – 133 Галузеве машинобудування
Освітньо-професійна програма – Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор Поліщук Л.К.


« 18 » вересня 2023р.

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мельнику Богдану Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи «Модернізація конструкції автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення профільних виробів», керівник магістерської кваліфікаційної роботи Поліщук Леонід Клавдійович
д.т.н.,
професор

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

- затверджені наказом вищого навчального закладу від “18 ”вересня 2023 року № 247
2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 12.12.2023.
 3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: схема та складальне креслення силового гідроциліндра ; тип приводу – гідравлічний; кількість гідродвигунів – 2; номінальний тиск в гідросистемі, МПа – 16; номінальні витрати, л/хв. – 3 л.
 4. Зміст текстової частини: постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування теми роботи; аналіз відомих технічних рішень; теоретичні та експериментальні дослідження процесу формоутворення монтажних отворів холодним штампуванням; розрахунково-конструкторський розділ; економічний розділ; розділ охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях.
 5. Перелік графічної та ілюстративної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
 - 5.1 Аналіз відомих технічних рішень (2 листа ф. А1).
 - 5.2 Складальне креслення штампувального обладнання (1 лист ф. А1).
 - 5.3 Складальне креслення гідравлічної станції (1 лист ф. А1).
 - 5.4 Креслення силових гідроциліндрів та штампувального інструмента (1.5 листа ф. А1).
 - 5.5 Гідравлічна схема штампувального обладнання (0,5 листа ф. А1)
 - 5.6 Результати теоретичних та експериментальних досліджень (2л. – А1).

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Поліщук Леонід Клавдійович. д.т.н., професор	19.09.2023 <i>Л.К. Поліщук</i>	03.12.2023 <i>Л.К. Поліщук</i>
Економічна частина	Ратушняк Ольга Георгіївна к.т.н., доцент	16.10.2023 <i>О.Г. Ратушняк</i>	04.12.2023 <i>О.Г. Ратушняк</i>
Охорона праці та безпека життєдіяльності	Дембіцька Софія Віталіївна д.п.н., професор, Березюк Олег Володимирович, д.т.н., професор	04.09.2023 <i>С.В. Дембіцька</i>	04.12.2023 <i>О.В. Березюк</i>

7. Дата видачі завдання 15.09.23

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	При-мітка
1.	Вибір та узгодження теми МКР. Огляд літературних джерел.	04.09.2023- 11.09.2023	<i>вс</i>
2	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	12.09.2023-15.09.2023	<i>вс</i>
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	18.09.2023-25.09.2023	<i>вс</i>
4.	Техніко-економічне обґрунтування теми роботи. Аналіз вирішення поставленої задачі.	19.09.2023-06.10.2023	<i>вс</i>
5.	Теоретичні та експериментальні дослідження процесу формоутворення монтажних отворів холодним штампуванням. Їх аналіз.	16.10.2022-06.11.2023	<i>вс</i>
3.	Розрахунково-конструкторський розділ	07.11.2023-08.12.2023	<i>вс</i>
4.	Економічний розділ.	16.10.2023-04.11.2023	<i>вс</i>
5.	Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях.	04.09.2023-13.10.2023	<i>вс</i>
6.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи	02.12.2022	<i>вс</i>
7.	Нормоконтроль	11.12.2022	<i>вс</i>
8.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	12.12.2023	<i>вс</i>
9.	Захист МКР ЕК	20.12.2022-21.12.2023	<i>вс</i>

Студент

Мельник Б.В.
(підпис)

Мельник Б.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

Л.К. Поліщук
(підпис)

Поліщук Л. К.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК 621.97.01

Мельник Б.В. Модернізація конструкції автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення профільних виробів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма - галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2023. 120 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 51 назв; рис.: 33; табл. 29.

У магістерській кваліфікаційній роботі обґрунтовано ефективність штампування отворів в металевому профілю за допомогою силового гідроприводу.

Проведено аналіз впливу технологічного зазору на характеристики пружних деформацій під час штампування, між інструментами штампу на їх довговічність. Експериментально досліджено вплив зазору між інструментами штампу на їх довговічність та встановлено його оптимальне значення.

Розраховано робочі (виконавчі) розміри матриці та пуансона, визначено енергосилову характеристику процесу формоутворення монтажних отворів; визначено залежності сили штампування від товщини металу та величини сили штампування від границі плинності матеріалу, які дозволяють отримати оптимальні величини цих параметрів.

У розділі охорони праці визначені заходи з безпеки життєдіяльності та цивільної оборони для робочого місця дослідника.

Графічна частина складається з 8 плакатів та складальних і робочих креслень із отриманими результатами досліджень та проектування.

Ключові слова: автоматична лінія, штампування отворів, гідравлічний привід, гідроциліндр, теоретичні та експериментальні дослідження.

ABSTRACT

Melnyk B.V. Modernization of the design of the automatic cold stamping line for the production of profiled products. Master's qualification work on specialty 133 - industrial mechanical engineering, educational program - industrial mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2023. 120 p.

In Ukrainian speech Bibliography: 51 titles; Fig.: 33; table 29.

In the master's qualification work, the effectiveness of punching holes in a metal profile with the help of a power hydraulic drive is substantiated.

An analysis of the influence of the technological gap on the characteristics of elastic deformations during stamping, between the tools of the stamp on their durability, was carried out. The effect of the gap between the stamp tools on their durability was experimentally investigated and its optimal value was established.

The working (executive) dimensions of the matrix and punch were calculated, the energy characteristic of the process of forming the mounting holes was determined; the dependences of the stamping force on the metal thickness and the amount of the stamping force on the yield strength of the material are determined, which allow obtaining the optimal values of these parameters.

In the occupational health and safety section, life safety and civil defense measures for the researcher's workplace are defined.

The graphic part consists of 8 posters and assembly and working drawings with the obtained research and design results.

Key words: automatic line, hole punching, hydraulic drive, hydraulic cylinder, theoretical and experimental studies.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ	
ТЕМИ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ	
	11
1.1 Суть технічної проблеми.....	11
1.2 Аналіз відомого аналогу.....	11
1.3 Технічні показники аналога та нового технічного рішення	12
1.4 Співставлення аналога новому технічному рішенню	13
1.5 Техніко-економічне обґрунтування розробки нового гідравлічного обладнання.....	14
1.6 Економічна доцільність нової розробки.....	16
2 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	
	20
2.1 Утворення отворів на автоматичних та напівавтоматичних лініях у листовому металі	20
2.2 Види приводів для холодного штампування.....	24
2.2 Висновки до розділу 2.....	34
3 ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ МОНТАЖНИХ ОТВОРІВ	
ХОЛОДНИМ ШТАМПУВАННЯМ	
	35
3.1 Вплив зазору між інструментом на характеристики пружних деформацій під час штампування.....	35
3.2 Експериментальні дослідження впливу зазору між інструментами штампу на їх довговічність	40
3.3 Визначення робочих (виконавчих) розмірів пуансонів і матриць	41
3.4 Енергосилові характеристики процесу	44
3.5 Висновки до розділу 3.....	51
4 РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	
	52
4.1 Розробка конструктивної схеми гідроциліндра.....	52
4.2 Аналіз існуючих конструкцій демпфірувальних пристроїв.....	63

4.3 Розрахунок основних параметрів силового гідроциліндра.....	64
4.4 Розрахунок на втомне напруження зварного шва при циклічних навантаженнях.....	68
4.5 Аналіз існуючих конструкцій демпфувальних пристроїв.....	72
4.6 Конструкція та розрахунок основних параметрів демфівувального пристрою.....	75
4.7 Висновки до розділу 4.....	77
5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	79
5.1 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР.....	79
5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку нового технічного рішення.....	88
5.3 Внесок магістранта-дослідника в досягнення отриманих результатів НДР.....	98
5.4 Висновки до розділу 5.....	98
6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА ЖИТЄДІЯЛЬНОСТІ.....	100
6.1 Аналіз умов праці.....	100
6.2 Виробнича санітарія.....	100
6.3 Організаційно технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	105
6.4 Пожежна безпека.....	106
6.5 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи.....	108
ВИСНОВКИ.....	114
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	116
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	121
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина.....	126
Додаток В(обов'язковий). Специфікації.....	133
Додаток Г(обов'язковий). Ілюстративна частина.....	138
Додаток Д(обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	144

ВСТУП

При будівництві об'єктів різного експлуатаційного призначення для підвищення продуктивності виконуваних робіт широко використовуються під час монтажних робіт металеві профілі різного типорозміру. Для їх виготовлення використовується різне технологічне обладнання, зокрема, прокатні стани, листозгинальні верстати як найбільш продуктивні.

В українській групі Limited liability company «KNESS GROUP» (м. Вінниця) для потреб відновлюваної енергетики і розподільчих мереж організовано виробництво металоконструкцій, зокрема металевих профілів з різними геометричними характеристиками. Особливістю цих профілів є наявність монтажних отворів, за допомогою яких профіль кріпиться до відповідних поверхонь будівельних споруд. Ці отвори можуть бути виконані різними способами: холодне штампування, свердління, вирізка лазерним різакром, вирізка плазмовим різакром тощо. На зазначеному підприємстві використовується автоматична технологічна лінія холодного штампування для виготовлення зазначених профілів, в якій монтажні отвори виготовляються холодним штампуванням. Для цього застосовуються гідроциліндри двосторонньої дії, поверхні яких піддаються циклічним навантаженням з асиметричним напруженням. Експлуатація силових гідроциліндрів на цій автоматичній лінії показала, що через певний час відбувається руйнування зварних з'єднань кришки та опорного фланця з корпусом гідроциліндра. Це призводить до вимушеного простоювання технологічної лінії, яке пов'язане з передчасним ремонтом чи заміною гідроциліндрів на автоматичній лінії і втрат на виробництві.

Тому, удосконалення конструкції силового гідроциліндра, який використовується при холодному штампуванні монтажних отворів різних типорозмірів профілів з метою підвищення надійності та економічності технологічної лінії, є актуальною задачею для цього виробництва.

Мета роботи – підвищення економічності та надійності обладнання технологічної лінії холодного штампування монтажних отворів металевих профілів для металоконструкцій відновлюваної енергетики та будівельних споруд за рахунок удосконалення конструктивної схеми та конструкції силового гідроциліндра.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати техніко-економічне обґрунтування доцільності виконання МКР згідно із заданою темою;
- виконати аналіз існуючих конструкцій пристроїв для виготовлення технологічних отворів в металевих профілях, що призначені для будівельних споруд;
- удосконалити конструктивну схему силового гідроциліндра, виконати перевірені розрахунки на міцність його основних конструктивних елементів і на їх основі запропонувати конструктивні параметри гідроциліндра, що забезпечують надійну їх експлуатацію;
- виконати проектні розрахунки елементів конструкції гідроциліндра;
- виконати та проаналізувати результати теоретичних досліджень для обґрунтування розрахункових параметрів силового гідроциліндра;
- виконати розрахунки економічних витрат на розробку та термін окупності нового обладнання;
- виконати необхідні розрахунки з охорони праці та безпеки життєдіяльності.

Об'єкт дослідження – технологічні процеси холодного штампування для виготовлення монтажних отворів у будівельних профілях.

Предмет дослідження – силові гідроциліндри автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення будівельних профілів.

Методи дослідження:

- за допомогою порівняльного аналізу економічних, конструктивних та технологічних показників існуючих конструкцій виконувався схемний пошук нової конструктивної схеми гідроциліндра;

- за допомогою теорії міцності та пластичності виконано теоретичні дослідження процесу холодного штампування отворів у листовому металевому матеріалі.

Наукова новизна отриманих результатів та їх значення:

- встановлено закономірності зміни сили штампування при утворенні отворів в сталевому листі із Сталі 2 від товщини та границі плинності;

- виявлено вплив зазору між пуансоном і матрицею при штампуванні отворів на довговічність роботи інструмента.

Особистий внесок автора – отримав теоретичні криві для встановлення закономірностей впливу товщини та границі плинності на силу штампування; експериментально встановив вплив зазору між інструментами штампу на їх довговічність; виконав проектні та перевірочні розрахунки силового гідроциліндра.

Публікації – тези доповіді «Модернізація конструкції автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення профільних виробів» опубліковано в збірнику тез Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (2023 р.)

1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

1.1 Суть технічної проблеми

У машинобудуванні отримало поширення холодне штампування за допомогою гідравлічного приводу. Встановлено, що прикладання робочих зусиль до об'єктів операції холодного штампування з гідравлічним приводом забезпечує оптимальність параметрів навантаження і одержання виробів з високими якісними параметрами за високої продуктивності з можливістю застосування інструмента різного розміру.

У цій магістерській кваліфікаційній роботі поставлена задача удосконалити конструкцію приводних гідроциліндрів для холодного штампування, оскільки під час експлуатації виникають проблеми з їх руйнуванням під час циклічної роботи, а також визначити економічну доцільність використання такого обладнання для формоутворення заготовок з листового металічного матеріалу. Крім того, важливо визначити кількість відпрацьованих циклів роботи такого обладнання.

Важливість техніко-технологічного обслуговування холодно штампувального інструмента з гідравлічним приводом зумовлена багатьма факторами, які суттєво впливають на процес роботи штампування. Тому підвищення ефективності процесів формоутворення заготовок з листових металічних матеріалів на холодно штампувальному обладнанні є актуальними.

1.2 Аналіз відомого аналогу

Як аналог для порівняння вибрано гідроциліндр, який використовується у базовому обладнанні (рис.1.1.). Штампи оснащені приводними гідроциліндрами, які за своєю конструкцією є абсолютно ідентичними та відрізняються лише габаритними розмірами та ходом штоку циліндра. Весь гідропривід

штампувального інструмента живиться від гідростанції та працює з номінальним тиском 16,0 МПа.

Принципово новим і перспективним рішенням є заміна конструкції циліндра, а саме його верхньої кришки з можливістю підводу подачі робочої рідини та визначення і обґрунтування параметрів циліндрів, що забезпечить безвідмовну роботу обладнання на операції штампування. За способом створення робочого зусилля на інструменті вони істотно не відрізняються, але за допомогою нашого рішення циклічна робота буде надійною та безпечною.

1.3 Технічні показники аналога та нового технічного рішення

Пропонуються для порівняння (табл. 1.1) лише ті показники, які були змінені і якісно та кількісно впливають на майбутній процес обробки.

Таблиця 1.1 – Основні технічні показники аналога і технічної розробки.

№	Показники	Одиниця виміру	Аналога	Нова розробка	Відношення параметрів
1	Ціна	грн.	10500	12000	0,14
2	Ймовірність руйнування	%	100	20	5
3	Максимальне робоче зусилля на інструмент	bar	180	200	1,11
4	Робота до ремонту	днів	30	360	12
5	Тип кріплення верхньої кришки	-	зварювання	різьбовий	-
6	Вартість ремонту	грн.	1600	200	8

Отже, з отриманих даних, які наведені в таблиці можна зробити висновок, що технічні показники нової розробки кращі: вища продуктивність роботи, що в свою чергу призведе до економії коштів в майбутньому; потужність та тип навантаження більше, ніж у аналога. Ціна та експлуатаційні витрати за певний термін дозволяє повернути втрачені кошти і отримати прибуток.

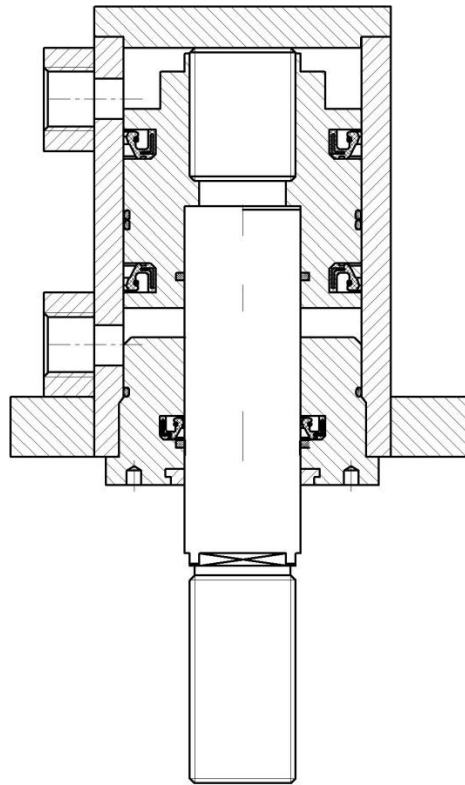


Рисунок 1.1– Аналог гідроциліндра.

1.4 Співставлення аналога новому технічному рішенню

Аналіз роботи обладнання показав, що базовий варіант (аналог) вже не задовольняє своєю роботою підприємство через матеріальні втрати та небезпеку роботи. Хоча певні затрати на модернізацію будуть мати місце, проте це значно дорожче, ніж купити нові гідроциліндри, які так само будуть руйнуватись та працювати з матеріальними втратами, що призведе до зниження продуктивності.

Для підвищення ефективності процесів холодного штампування з гідравлічним приводом була розроблена модернізована конструкція гідроциліндрів, яка має вищу кришку з різьбовим кріпленням до корпусу, що дає змогу зменшити навантаження на верхню частину циліндра, а також можливість проведення ремонту шляхом розгвинчування верхньої різьбової кришки. Також змінено місце подачі робочої рідини у верхню кришку циліндра.

Внаслідок застосування модернізованої конструкції гідравлічного циліндра для холодного штампування забезпечується технічні вимоги до інструменту та більша економічна доцільність цієї операції. Останнє пояснюється суттєвим збільшенням надійності приводу, що приводить до зменшення зносу елементів конструкції приводу. Також забезпечується можливість виконання циклічної роботи операції штампування без збоїв та великих втрат.

1.5 Техніко-економічне обґрунтування розробки нового гідравлічного обладнання

Собівартість одиниці нової розробки може бути розрахована методом питомої ваги. Цей метод застосовується тоді, коли є можливість розрахувати одну з прямих витрат і установити питому вагу даної статі в собівартості аналога. Собівартість існуючого технічного рішення та розробки розраховується за формулою [1]:

$$S = \frac{B_n \cdot K_n \cdot 100\%}{П\%} \text{ грн.} \quad (1.1)$$

де B_n – величина певної статті прямих витрат для нової розробки, грн.;

$П$ – питома вага цієї статті витрат у собівартості аналога, %;

K_n – коефіцієнт, який урахує конструктивні технологічні особливості розробки, приймаємо $K_n = 1,1$.

Отже, для аналога S_1 буде становити:

$$S_1 = \frac{10500 \cdot 1,1 \cdot 100\%}{15\%} = 77000 (\text{грн.})$$

Розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K = B \cdot A \cdot S = B \cdot Ц, \quad (1.2)$$

де B – коефіцієнт, який ураховує витрати на розробку, придбання, транспортування, монтаж, налагодження розробки, тощо, приймаємо $B=1,2$;

A – коефіцієнт, який ураховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник, приймаємо $A=1,8$;

S – собівартість, розрахована спрощеним способом, грн.;

Π – ціна реалізації, грн.

$$K = 1,2 \cdot 1,8 \cdot 77000 = 166320$$

Далі розрахуємо величину експлуатаційних витрат.

$$E = k \cdot \Pi \cdot \beta = k \cdot A \cdot S \cdot \beta \frac{\text{грн}}{\text{рік}}, \quad (1.3)$$

де Π – ціна реалізації технічного рішення;

k – коефіцієнт, який ураховує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонти, тощо, приймаємо $k = 0,2$;

A – коефіцієнт, який ураховує прогнозований прибуток та податки;

S – собівартість, розрахована спрощеним способом, грн.;

β – доля часу, який витрачає працівник на обслуговування технічного рішення в загальному часу своєї роботи.

$$E = 10500 \cdot 0,2 \cdot 0,9 = 1890 \frac{\text{грн}}{\text{рік}},$$

Розрахуємо аналогічні показники для запропонованого нами технологічного рішення. Собівартість нового технічного рішення розраховується наступним чином:

$$S = (12000 \cdot 1,1 \cdot 100\%) / 15\% = 88000 \text{ (грн)} \quad (1.4)$$

Далі розрахуємо величину капітальних вкладень:

$$K_2 = 1,1 \cdot 1,3 \cdot 88000 = 125840 \text{ (грн.)}$$

Розрахуємо величину експлуатаційних витрат:

$$E_2 = 12000 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 240 \text{ (грн/рік)} \quad (1.5)$$

Отже, з наведених розрахунків видно, що $S_2 > S_1$, $K_1 > K_2$, $E_1 > E_2$. Абсолютний ефект по капітальних вкладеннях та експлуатаційних витратах становитиме:

$$K_{\text{еф.}} = 166320 - 125840 = 40480 \text{ (грн.)} \quad (1.6)$$

$$E_{\text{еф.}} = 1890 - 240 = 1650 \text{ (грн/рік)} \quad (1.7)$$

Це свідчить про те, що використання запропонованого нами технічного рішення є вигідним.

1.6 Економічна доцільність нової розробки

Метою нової розробки є удосконалення конструкції приводних гідроциліндрів холодно-штампувального інструмента, тому обґрунтування робиться шляхом зіставлення капітальних та експлуатаційних витрат нової розробки з капітальними та експлуатаційними витратами аналога.

Аналог та запропоноване технічне рішення мають різні значення основного технічного показника Q . При збільшенні основного технічного показника якості об'єкта проектувань пропорційно зростає іншому. Для економічного обґрунтування нової розробки використовують спрощені методи розрахунку капітальних вкладень та експлуатаційних витрат розробки та аналога.

Спочатку розрахуємо питомі капітальні вкладення та питомі експлуатаційні витрати.

Так, питомі капітальні вкладення складуть:

- для аналога:

$$\frac{K_1}{Q_1} = \frac{166320}{12} = 13860 \text{ грн./шт.год;} \quad (1.8)$$

- для нового варіанта:

$$\frac{K_2}{Q_2} = \frac{125840}{12} = 10487 \text{ грн./шт.год.}$$

Питомі експлуатаційні витрати складуть:

- для аналога:

$$\frac{E_1}{Q_1} = \frac{1890}{12} = 157,5 \text{ грн./шт.год;} \quad (1.9)$$

- для нового варіанта:

$$\frac{E_2}{Q_2} = \frac{240}{12} = 20 \text{ грн./шт.год.}$$

Отримані розрахунки відповідають випадку: абсолютна економія як на питомих капітальних вкладеннях, так і на питомих експлуатаційних витратах:

$$\frac{K_1}{Q_1} > \frac{K_2}{Q_2} \quad (1.10)$$

$$\frac{E_1}{Q_1} > \frac{E_2}{Q_2} \quad (1.11)$$

Абсолютна економія на питомих капітальних вкладеннях:

$$K_{EK} = \frac{K_1}{Q_1} - \frac{K_2}{Q_2}, \quad (1.12)$$

$$K_{EK} = 13860 - 10487 = 3373 \text{ грн./шт.рік.}$$

Абсолютна економія на питомих експлуатаційних витратах:

$$E_{EK} = \frac{E_1}{Q_1} - \frac{E_2}{Q_2}, \quad (1.13)$$

де , $K_{EK} = 157,5 - 20 = 137,5$ грн./шт.рік, так як циліндрів у нас п'ять то примножимо суму на 5 та отримаємо 687,5 грн.

Нова розробка "1" є ефективнішою, тому що забезпечує економію як на питомих капітальних вкладеннях, так і на питомих експлуатаційних витратах.

Отже, розробка нової конструкції для удосконалення гідравлічних приводних циліндрів для холодного штампування є доцільною: збільшується надійність роботи приводу та безпека роботи, менші витрати на обслуговування обладнання, невеликі початкові капіталовкладення та інші.

Нова розробка є економічно виправданою, оскільки із співвідношень (1.12) і (1.13) видно, що запропонований варіант модернізації забезпечує економію на питомих капітальних вкладеннях і на питомих експлуатаційних витратах, яка складає 10487 грн./шт.рік.

Тому тепер ми з впевненістю можемо застосовувати холодне штампування з гідравлічним приводом, яке забезпечить виконання технічних вимог до штампування отворів більш економічно і збільшить продуктивність шляхом забезпечення безвідмовної роботи.

З використанням гідравлічного приводу інструмента для операції холодного штампування досягаються такі цілі:

- робітники можуть значно рідше обслуговувати штампувальний вузол з гідравлічним приводом, що в свою чергу зменшить витрати на заробітну плату в декілька разів;
- модернізований штампувальний вузол з гідроприводом може працювати в 2 або навіть в 3 зміни (тобто майже без простою), що в свою чергу збільшить продуктивність також в декілька разів;
- модернізований штампувальний вузол з гідравлічним приводом буде більш безпечним ніж аналог, так як під час роботи надійність його експлуатації значно вища, і робота працівника буде полягати в нагляді за роботою і налагоджуванні технологічного процесу;
- впровадження запропонованої конструкції дозволить працювати за графіком та дотримуватись домовленостей згідно контракту;
- впровадження нової конструкції має період окупності відразу після першого місяця роботи на виробництві. Цей термін залежить від серійності випуску деталей, від економічної стабільності в країні, від правильності розміщення обладнання, від завантаженості цього штампувального обладнання і від багатьох інших факторів.

2.АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Утворення отворів на автоматичних та напівавтоматичних лініях у листовому металі

Холодне профілювання металу – це процес деформування листової або круглої сталі на прокатних станах [2]. Профілювання листового металу здійснюється поетапно в робочих клітках стану. Їх кількість і геометричні розміри валів залежать від форми і складності одержуваного виробу. Основні характеристики лінії холодного профілювання залежать також від товщини заготовки: чим товща заготовка, тим більше навантаження необхідне для деформації, відповідно, більше потужності треба витратити на привід, жорсткіше розрахувати конструкцію [3]. На профілях улаштовані монтажні отвори для закріплення їх на відповідних будівельних конструкціях (рис 2.1).

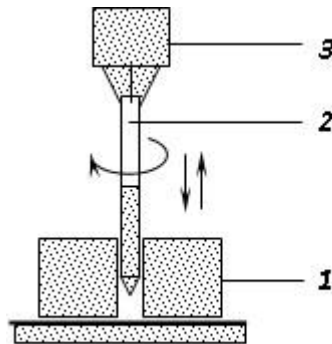


Рисунок 2.1– Монтажні отвори профілю

З погляду на технологію утворення отвори поділяються на наскрізні та глухі. Перші обробляються за один прохід, другі на певну глибину. За формою поверхонь циліндричні отвори бувають гладкі, ступінчасті і складаються з ділянок різних діаметрів та з канавками. Отвори, довжина яких перевищує 5...6 діаметрів, називають глибокими [4].

Проаналізуємо методи утворення наскрізних отворів в металічних виробих.

Свердління виконують спіральними свердлами з високоякісної сталі, а також свердлами з різальними кромками із твердих сплавів. При роботі свердлувального верстату свердло закріплюється в шпинделі станка і робить водночас обертальний рух різання і поступальний рух подачі. Деталь при цьому нерухома (рис.2.2) [5].



1 – заготовка; 2 – свердло; 3 – шпиндель з патроном

Рисунок 2.2 – Схема свердління наскрізного отвору

Рух різання (головний рух) при свердлінні — обертальний рух, рух подачі — поступальний. Як інструмент при свердлінні застосовуються свердла. Найпоширеніші з них — спіральні, що призначені для свердління і розсвердлення отворів, глибина яких не перевищує 10 діаметрів свердла. Шорсткість поверхні після свердління $Ra = 12,5 \dots 6,3$ мкм, точність згідно з 11...14 квалітетами. Для одержання точніших отворів (8...9 квалітет) із шорсткістю поверхні $Ra = 6,3 \dots 3,2$ мкм застосовують зенкери.

До переваг свердління слід віднести низьку вартість інструменту, можливість свердління отворів з великим діапазоном розміру. До недоліків – швидке зношування робочого інструменту, низька вартість відходів після операції.

Вирізка лазерним різачом (рис 2.3) – це технологія термічного різання й розкроювання матеріалів, при якій як джерело енергії використовується лазер високої потужності [6]. Сфокусований лазерний промінь, який керований системою числового програмного керування, забезпечує високу концентрацію

енергії й дозволяє розтинати практично будь-які матеріали незалежно від їх теплофізичних властивостей. Випромінювання, з енергетичними параметрами, які достатні для використання лазерів при технологічних процесах розрізання (розкроювання), має діапазон довжини хвиль від 0,4 до 10,6 мкм. Зокрема, для різання різних матеріалів найбільший ефект дає довжина хвилі 10,6 мкм, яка генерується газовими CO₂-лазерами з активним середовищем суміші вуглецевого газу з азотом і гелієм. Випромінювання з цією довжиною хвилі добре поглинається більшістю неметалічних матеріалів і, у дещо меншій мірі, металевими сплавами. Матеріали з великим коефіцієнтом відбивання (мідь, алюміній) гірше піддаються лазерному різанню [7].

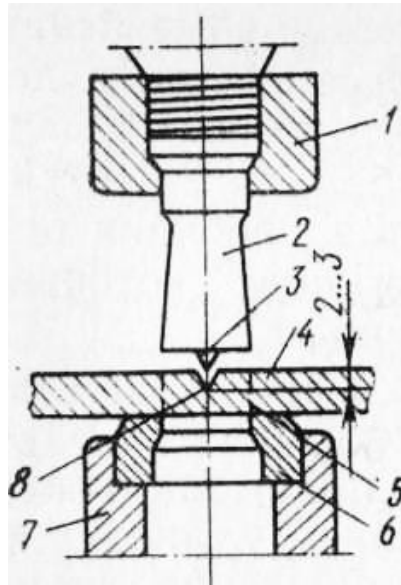


Рисунок 2.3 – Лазерне вирізання листового матеріалу

Основною перевагою є висока точність виготовлення операції. Лазерна різка надзвичайно поширена у серійному виробництві і в точному машинобудуванні. До недоліків цього методу відносяться обмеження за товщиною матеріалу для різання, незначні напливи металу з іншої сторони різку, також висока вартість обладнання.

Холодне штампування тобто пробивання (продавлювання) отворів використовується для маловуглецевої сталі товщиною до 25 мм, низьколегованої сталі до 20 мм, високоміцної сталі до 12 мм включно за температури не нижче 0 °С. Отвори, які утворені пробиванням, мають конусність і задирки, а також гірші механічні властивості сталі в зоні, прилеглій до отвору. Тому в деталях,

призначених для клепаних конструкцій, що працюють на динамічне навантаження, а також деталях, що вимагають високої точності розташування, отвори пробивати забороняється. Матриці і пуансони виготовляють з легованої інструментальної сталі марок 5ХВ2С і Х12М або з інструментальної вуглецевої марок У8А і У9А [8].



1 – гайка для кріплення пуансона; 2 – пуансон; 3 – конус; 4 – оброблювана сталь; 5 – площину сколювання; 6 – матриця; 7 – подушка; 8 – конусне поглиблення

Рисунок 2.4 – Схема пробивання наскрізних отворів

На рис 2.4 зображено схему пробивання наскрізних отворів. Для пробивання отворів деталь укладають між пуансоном і матрицею. При включенні преса штампу пуансон опускається вниз і притискає деталь до матриці. Матриця закріплюється в подушці преса штампу нерухомо. Під тиском пуансона в деталі виникають стискуючі і сколювальні напруження, сконцентровані по периметру різальних крайок пуансона і матриці. Пуансон, долаючи опір, проникає в глиб товщини сталі, видавлюючи її в отвір матриці. Величина проникнення пуансона в сталь з вмістом вуглецю 0,2% до повного сколювання становить 40% товщини сталі.

До переваг цього методу можна віднести високу продуктивність та довговічність інструмента, а також високу вартість відходів після операції. Основним недоліком є коштвна вартість виготовлення штампу.

Проаналізувавши розглянуті види операцій щодо утворення отворів в металевих матеріалах та прийнявши до уваги всі переваги та недоліки, вважаємо найбільш ефективним методом холодне штампування. Він є найбільш продуктивним та економічним для металевих профілей, що використовуються у будівництві. Для його функціональної роботи потрібен привод, який буде ефективно приводити в дію інструмент штампу.

2.2 Види приводів для холодного штампування

Привід, або силовий привід – це пристрій, що призначений для приведення в дію від двигуна різних технологічних машин [9].

Найбільш поширеними у різних галузях промисловості є електричні приводи, в яких джерелом механічної енергії є електродвигун параметри руху якого перетворюються за допомогою редуктора. Їх прийнято називати електромеханічними приводами (ЕПМ). Привід приєднується до виконавчого пристрою різних технологічних механізмів[10]. В залежності від характеру зміни параметрів ЕМП ділять на дві групи: нерегульовані і регульовані. Перші з них іноді називають силовими, а другі – керованими, виконавчими. У нерегульованих ЕМП характеристиками механічного руху на вихідній ланці (швидкістю або переміщенням виконавчого органу, моментом і тощо) в увімкненому стані не управляють. Такі ЕМП характеризуються лише тривалістю роботи двигуна, в залежності від якої встановлені основні режими роботи:

- тривалий(ТР);
- короткочасний(КР);
- повторно-короткочасний (ПКР).

ЕМП тривалого режиму роботи відрізняються великою тривалістю увімкненого стану та невчасними пуском і зупинкою, відсутністю реверсів або малої їх частотою, великим ресурсом роботи.

У ЕМП короткочасного і повторно-короткочасного режимів двигуни мають меншу тривалість робочого стану, їх частіше вмикають, зупиняють і реверсують. Крім того вони мають менший ресурс. Повторно-короткочасний режим характеризується зазвичай відносною тривалістю вмикання, яка є відношенням тривалості робочого стану до тривалості циклу. Нерегульований ЕМП застосовують в різних механізмах літаків, суден, безпілотних літальних апаратів тощо.

У регульованому ЕМП характеристиками механічного руху на виході керують шляхом зміни тривалості увімкненого стану, або регулюванням напруги живлення двигуна. Такі приводи працюють в повторно-короткочасних режимах з частими пусками, зупинками, реверсами з порівняно швидкими змінами вихідної швидкості. Регульований ЕМП застосовують в пристроях автоматичного управління і регулювання у промисловості, енергетиці, спеціальній техніці (авіаційної, ракетної, космічної), автоматичних вимірювальних приладах, заснованих на компенсаційному методі вимірювання, промислових роботах і маніпуляторах, слідкуючих системах дистанційних передач тощо.

Регульовані ЕМП в порівнянні з нерегульованими більш насичені апаратурою керування: елементами управління, блокування і сигналізації, давачами кутової швидкості (тахогенератори, сельсіни, поворотні трансформатори тощо).

Основними вимогами до регульованих ЕМП, в тому числі слідкуючих, є малі інерційність та похибка, широка смуга пропускання частот, простота схеми регулювання, стабільність характеристик. Загальними вимогами як до регульованих, так і до нерегульованих ЕМП є малі маса, габарити, вартість, висока надійність [11].

Пневмопривід – це привід, до складу якого входить пневматичний механізм з одним чи більше об'ємними пневмодвигунами, який призначений для передавання, керування та розподілу енергії робочим газом під тиском [12].

За характером руху пневмоприводи поділяються на обертальної, поворотної, лінійно-зворотної дії.

До приводів обертальної дії групи входять пневмоприводи, в яких як двигун використовують пневмодвигуни з обертальним рухом вихідного вала – пневмомотори. Практичне застосування знайшли пластинчасті, шестеренні та поршневі пневмомотори.

У пневмоприводах поворотної дії приводах використовуються поворотні пневмодвигуни із зворотно-обертальним рухом вихідної ланки поворотного вала, що має обмежений кут повороту. У залежності від конструкції ці пневмодвигуни можуть бути шибєрними або поршневими, плунжерними, мембранними у поєднанні з різними передачами (важільними, зубчасто-рейковими тощо).

До пневмоприводів лінійно зворотно-поступальної дії відносяться приводи що базуються на поршневих та плунжерних пневмоциліндрах, мембранних та сифонних камерах з прямолінійним зворотно-поступальним рухом вихідного штока. Вони можуть бути одно- та двосторонньої дії, дво- та багатопозиційними, одноступеневими і телескопічними.

У пневмоприводах односторонньої дії рухомий елемент (поршень, плунжер, опорний диск мембрани) переміщується під дією тиску повітря тільки в одному напрямку. Зворотний хід виконується за рахунок дії пружини, сили тяжіння чи за допомогою іншого приводу. В приводах двосторонньої дії рухомий елемент переміщується тиском повітря як в прямому, так і в зворотному напрямках.

До переваг пневмоприводу у порівнянні з іншими приводами відносяться:

- на відміну від гідроприводу – відсутність необхідності повертати робоче тіло (повітря) назад до компресора;

- менша вага робочого тіла в порівнянні з гідроприводом і менша вага виконавчих пристроїв у порівнянні з електричними;
- простота конструкцій і висока надійність, а також простота обслуговування;
- можливість спростити систему за рахунок використання як джерело енергії балона із стислим газом (є системи, де тиск в балоні досягає 500 МПа);
- простота і економічність, обумовлені дешевизною робочого газу;
- висока швидкість спрацьовування і великі частоти обертання пневмомоторів (до декількох десятків тисяч обертів за хвилину);
- пожежобезпечність і нейтральність робочого середовища, що забезпечує можливість застосування пневмоприводу в шахтах і на хімічних виробництвах;
- порівняно з гідроприводом – здатність передавати пневматичну енергію на великі відстані (до декількох кілометрів), що дає змогу використовувати пневмопривод як магістральний у шахтах і на копальнях;
- на відміну від гідроприводу, пневмопривод менш чутливий до зміни температури довкілля внаслідок меншої залежності ККД від витоків робочого середовища (робочого газу), тому зміна зазорів між деталями пневмообладнання і в'язкість робочого середовища істотно не впливають на робочі параметри пневмоприводу; це робить пневмопривод зручним для використання в гарячих цехах металургійних підприємств.

Основними недоліками пневмоприводу є:

- нагрівання і охолодження робочого газу в процесі стискування в компресорах і розширення в пневмомоторах; ця вада обумовлена законами термодинаміки, і призводить до таких проблем:
- обмерзання пневмосистем;
- конденсація водяної пари з робочого газу, і у зв'язку з цим необхідність його осушення;

- висока вартість пневматичної енергії в порівнянні з електричною (приблизно у 3...4 рази), що важливо, наприклад, при використанні пневмоприводу в шахтах;
- нижчий ККД, ніж у гідроприводу;
- низькі точність спрацювання і плавність ходу, складність забезпечення заданого закону руху вихідної ланки пневмодвигуна;
- погані умови змащування поверхонь тертя рухомих елементів пневматичних пристроїв та потреба захисту від корозії;
- можливість вибухового розриву трубопроводів і виробничого травматизму, через що в промисловому пневмоприводі застосовуються невеликі тиски робочого газу (звичайний тиск в пневмосистемах не перевищує 1 МПа, хоча відомі пневмосистеми з робочим тиском до 7 МПа, наприклад, на атомних електростанціях), і, як наслідок, зусилля на робочих органах значно менші порівняно з гідроприводом). Там, де такої проблеми немає (на ракетах і літаках) або розміри систем невеликі, тиски можуть досягати 20 МПа і навіть вище.

Гідропривід (гідравлічний привід) – сукупність гідравлічної апаратури і гідроліній для приведення в дію робочих органів машин та механізмів за допомогою потенціальної енергії рідини, що перебуває під тиском [13]. При цьому енергія передається за допомогою переміщення окремих об'ємів рідини.

За принципом роботи гідроприводи поділяються на: об'ємні (гідростатичні), гідродинамічні та змішані:

- у гідродинамічних приводах використовується в основному кінетична енергія потоку рідини;
- у об'ємних гідроприводах використовується потенційна енергія тиску робочої рідини;
- у змішаних гідроприводах поєднуються властивості перших двох видів.

За характером руху вихідної ланки гідродвигуна гідравлічні приводи поділяються на:

- гідроприводи обертального руху (гідродвигуном служить гідромотор);
- гідроприводи поступального руху (гідродвигуном служить у переважній більшості гідроциліндр);
- гідроприводи поворотного руху (гідродвигуном служить поворотний гідродвигун).

За схемою циркуляції рідини у приводі:

- гідропривід із замкнутою схемою циркуляції, у якому робоча рідина від гідродвигуна одразу повертається у всмоктувальну гідролінію насоса;
- гідропривід з розімкненою системою циркуляції, у якому робоча рідина знаходиться у гідробаку і постійно контактує атмосферою.

Гідропривід із замкнутою циркуляцією робочої рідини компактний, має невелику масу і допускає велику частоту обертання ротора насоса без небезпеки виникнення кавітації, оскільки в такій системі у всмоктувальній лінії тиск завжди вищий за атмосферний. До недоліків слід віднести погані умови для охолодження робочої рідини, а також необхідність зливу робочої рідини та заповнення гідросистеми при заміні або ремонті гідроапаратури [14].

Переваги розімкненої схеми — хороші умови для охолодження і очищення робочої рідини. Проте такі гідроприводи громіздкі і мають велику масу, а частота обертання ротора насоса обмежується швидкостями руху робочої рідини, що допускаються (з умов без кавітаційної роботи насоса), у всмоктувальному трубопроводі.

За можливостями і видом регулювання гідропривод може бути нерегульованим і регульованим, останній у свою чергу буває:

- об'ємного регулювання;
- дросельного регулювання.

За задачами регулювання, гідроприводи бувають:

- стабілізаційні;
- слідкувальної дії;
- програмного керування.

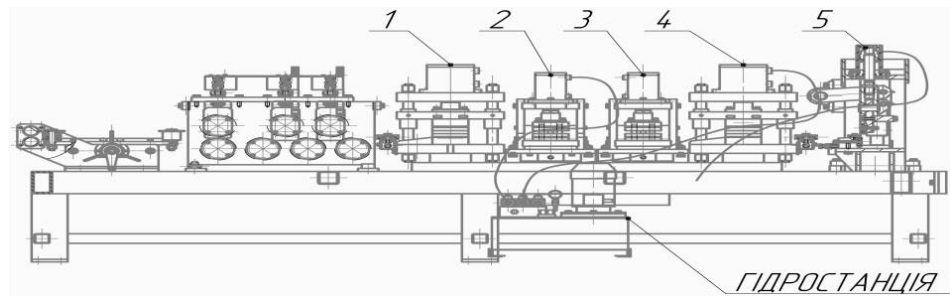
Значне поширення гідроприводів у різних галузях зумовлюється низкою істотних переваг, до яких у першу чергу належать:

- можливість одержання великих сил та обертальних моментів при порівняно малих розмірах та масі гідродвигунів;
- передача великих потужностей за малої маси гідроприводу;
- плавність рухів вихідних ланок;
- можливість безступінчастого регулювання швидкості у широкому діапазоні;
- мала інерційність;
- простота керування та автоматизації;
- висока експлуатаційна надійність та стійкість до перевантажень;
- простота реалізації основних видів рухів: обертального, зворотно-поступального і зворотно-поворотного.

Основні недоліки гідроприводів:

- гідроприводи поступаються електричним у відстані транспортування енергії від джерела до споживача та швидкості передачі командних сигналів;
- актуальним є питанням забезпечення герметичності порожнин, що знаходяться під тиском;
- чутливість до в'язкості робочої рідини, котра у свою чергу залежить від температури;
- нижчий ККД у порівнянні з механічними передачами у приводах

Таким чином, для утворення отворів в металевому профілі, що призначений для будівництва доцільнішим методом є холодне штампування з використанням гідравлічного приводу для роботи інструментів. Цей метод дає високі продуктивність, ККД та якість виробу після операції. Автоматична лінія з таким устаткуванням знаходиться на виробничому підприємстві ТОВ «ПЕК Енерго» [15] (м.Вінниця), моделі ЕСМ-СП/3/04-16 з ЧПУ, яка розроблена та виготовлена на підприємстві «ЕлектроМашСтан» [16] (м.Харків) в 2017 році. Ця лінія оснащена чотирма штампами та одним відрубним ножом, які керуються гідравлічним приводом.



1,2,3,4 – штампи; 5 – відрубний ніж.

Рисунок 2.5– Загальний вигляд штампувального обладнання.

На рис 2.5 наведено загальний вигляд штампувального стану. Штампи 1 та 4 оснащені однаковими гідроциліндрами та відповідно посадочним місцем, а штампи 2 та 3 також однакові, але відрізняються від попередніх габаритами та робочим зусиллям.

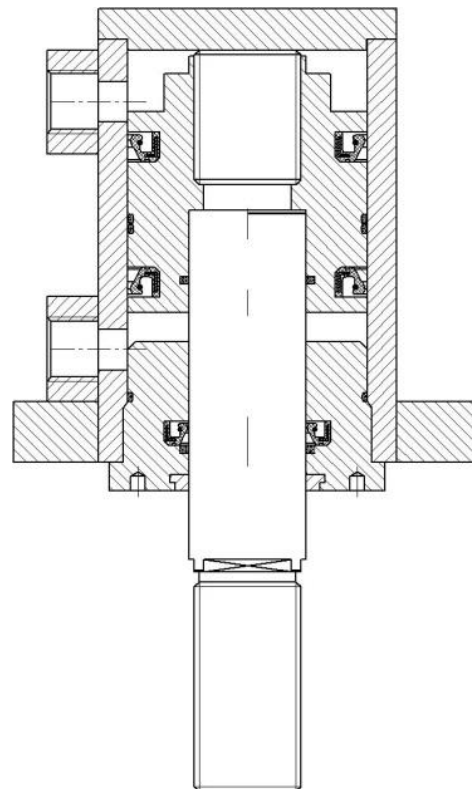


Рисунок 2.6 – Гідроциліндр

Ніж відрубубу має власний гідроциліндр, який відрізняється своїми характеристиками ходу штока, габаритними розмірами та відповідно монтажними отворами.

Гідроциліндри працюють за рахунок гідро станції з наступними параметрами:

- напруга 380 В;
- номінальний тиск 160 Бар;
- об'єм 100 літрів.

Але підприємство «ТОВ ПЕК Енерго» зіштовхнулося з проблемою тріщин усіх гідроциліндрів у ході його циклічної роботи в зоні верхньої кришки (рис. 2.8), яка приварена до корпусу.

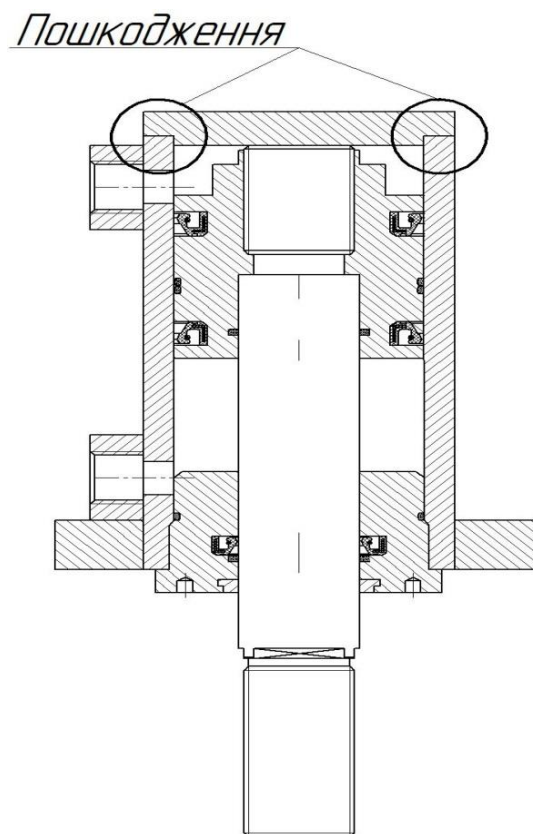


Рисунок – 2.8 Місце розташування пошкодження поверхні циліндрів.

В таб.2.1 наведена характеристика циклічної роботи циліндрів за 24 години, з кількома видами профілю , який випускає лінія.

Таблиця 2.1 – Робота циліндрів при виконанні монтажних отворів.

Робоча ланка	Тип профілю		
	Профіль КМ 25.00.00.001, циклів	Профіль КМ 25.00.00.002, циклів	Профіль «Основа» КМ 25.01.00.003, циклів
Штамп №1	2340	1920	2160
Штамп №2	5850	4800	8640
Штамп №3	–	4800	–
Штамп №4	–	2880	1920
Відрубний ніж	2340	1920	1920

Отже аналізуючи наведені дані приходимо до висновку, що циліндри працюють дуже інтенсивно, тому після їх пошкодження підприємство зазнає матеріальну втрату за рахунок:

- простій лінії , що призводить до зменшення випуску продукції , а це призводить до виплат штрафів, [17] згідно контракту;
- матеріальні втрати на ремонт гідроциліндрів, так як лінія не знаходиться на гарантії за домовленістю сторін;
- матеріальні витрати у вигляді заробітної плати операторам лінії за простою обладнання;
- небезпечна робота обладнання з ймовірністю нещасного випадку у ході робочого процесу.

2.3 Висновки до розділу 2.

1. Проведений аналіз утворення отворів в листовому металевому матеріалі, що дозволило встановити ефективність штампування на операції утворення отворів в листовому матеріалі з якого формується металевий профіль, що призначений для будівельних конструкцій.

2. Встановлено, що найбільш ефективним приводом для штампувального інструменту є гідропривід, який дозволяє реалізувати значні зусилля за невеликих конструктивних розмірів силових гідроциліндрів.

3. Необхідно розрахувати силові параметри, енергосилові характеристики операції штампування для визначення конструктивних параметрів силових гідроциліндрів.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМОУТВОРЕННЯ МОНТАЖНИХ ОТВОРІВ ХОЛОДНИМ ШТАМПУВАННЯМ

3.1 Вплив зазору між інструментом на характеристики пружних деформацій під час штампування

На лінії з виготовлення будівельних профілів, яка оснащена інструментом для холодного штампування монтажних отворів, виникла проблема руйнування гідроциліндрів (див розділ 2), в місцях зварних з'єднань. Для усунення цього дефекту необхідно виконати теоретичні дослідження з метою вивчення впливу параметрів інструмента і матеріалу заготовки на процес утворення отворів під час штампування. Для цього скористаємося методикою Аверкієва О. Ю.[18].

Пробиванням отримують плоскі деталі із листа, а також заготовки, які використовуються для виготовлення просторових деталей згинанням, витяжкою, прокатом, відбортівкою тощо.

Пробивання виконують в штампах, робочі інструменти яких (пуансон 1 та матриця 3) встановлені з відповідним зазором z (рис 3.1). Лист чи полосу встановлюють на матрицю 3, яка має гострі кромки. Пуансон 1, опускаючись разом з верхньою частиною штампу, надавлює на лист 4. При цьому, як при відрізуванні, відбувається відносне зміщення металу в матрицю, що закінчується руйнацією або пробивкою. Окрема частина металу провалюється в отвір у матриці, при цьому відходи 5, під час ходу пуансона вверх знімаються з останнього зйомником 2.

Під час пробивання місце пластичної деформації охоплює всю товщину листа, що прилягає до робочих кромки пуансона 1 та матриці 3 (його контур показаний пунктирними лініями на рис.3.2). Напруження, що виникає під час пробивання, розподілено по місцю деформації нерівномірно, що, в свою чергу, викликає нерівномірне розподілення деформації в шарах металу, паралельних

плоскості заготовки, і по її товщині. Напружений та деформований стан при пробиванні – об’ємний [19].

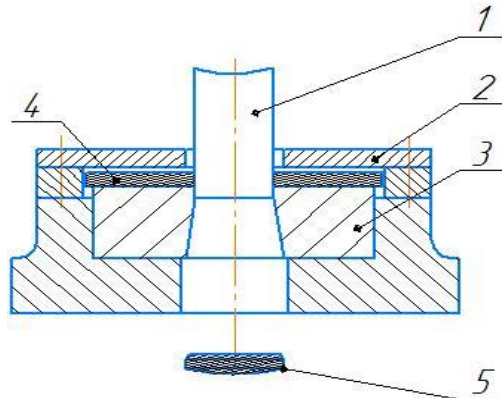


Рисунок 3.1– Штамп для пробивання

Найбільша деформація ε_r в радіальному напрямку виникає поблизу робочих кромek пуансона і матриці, а найменша – приблизно посередині відстані між цими кромками. Епюра розподілення радіальних деформацій по товщині заготовки показана на рис 3.2.

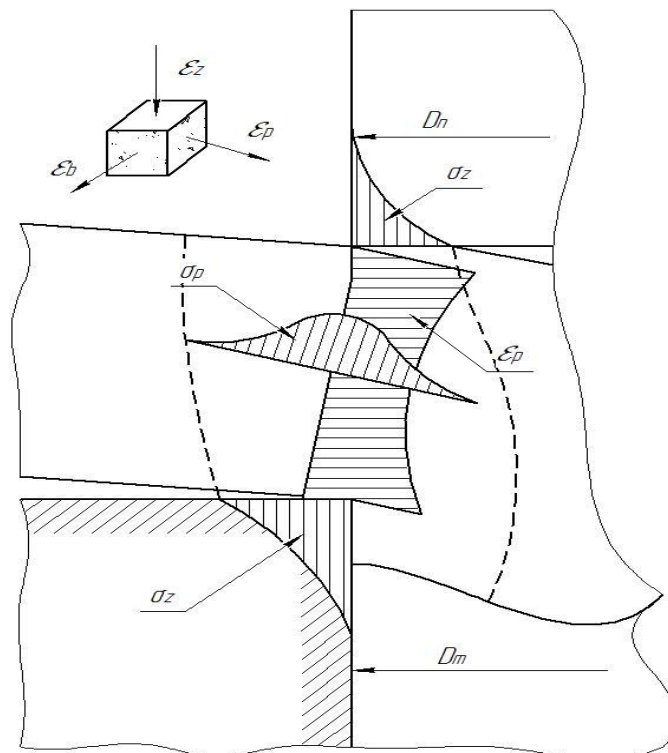


Рисунок 3.2– Епюри напруги і деформацій по місцю деформації при пробиванні

Нерівномірність розподілення деформації і напруження пояснюється дією згинальних моментів, що виникають під час пробивання внаслідок наявного зазору між пуансоном 1 та матрицею 2. Значення цих моментів визначається рівнодією елементарних сил, прикладених до контактної поверхні заготовки 2 з пуансоном 1 і матрицею 3, на плече, яке більше ніж зазор між ними. При певному згинаючому моменті окрема частина металу дещо згинається і отримує випуклу форму. Згин заготовки, поворот її перетину в просторі викликають відхилення центральної частини від торця пуансона, що, в свою чергу призводить до нерівномірного розподілення нормальних напружень σ_z на контактній поверхні (див.рис.3.2.).

Нерівномірне розподілення нормальних напружень σ_z викликає нерівномірне розподілення радіальних напружень σ_r по товщині заготовки і в шарах металу, паралельних її площині [20]. Для зменшення кривизни форми заготовки при пробиванні зменшують згинальний момент, зменшуючи зазор між пуансоном та матрицею.

Найбільша деформація в радіальному напрямку виникає біля робочих кромek пуансона 1 і матриці 3, тому саме там зароджуються мікро-, а далі макротріщини, які швидко розростаються вглиб металу. При злитті тріщин процес розділення металу закінчується. Злиття тріщин сколювання виникає, як і при відрізанні за оптимального зазору $z_{\text{опт}}$ [21] (рис 3.3, а).

При зазорі $z > z_{\text{опт}}$ сколюючі тріщини з'єднуються в серединних шарах листа. Зі збільшенням зазору збільшується згинальний момент, який викликає збільшення розтягувальних напружень в зоні деформації, в зв'язку з чим тріщини сколювання виходять на вільні поверхні листа на деякій відстані від ріжучих кромek інструмента і утворюють задирки.

При зазорі $z < z_{\text{опт}}$ сколюючі тріщини не співпадають і при цьому утворюються два або декілька поясків з відблисками, розділених між собою зонами сколювання (рис.3.3, б).

Оптимальний зазор при пробиванні залежить від товщини заготовки і її механічних властивостей. Він визначається за спеціальними таблицями, які складені на основі практичних даних [19]. За товщини металу 0,3–20,0 мм оптимальний зазор змінюється від 5% до 12% від товщини листа S (менші значення відносяться до меншої товщини, а більші – до більшої).

Існує більш диференційний підхід до визначення значень $Z_{\text{опт}}$ з урахуванням необхідної шорсткості поверхні розділення, технологічного зусилля і стійкості інструмента.

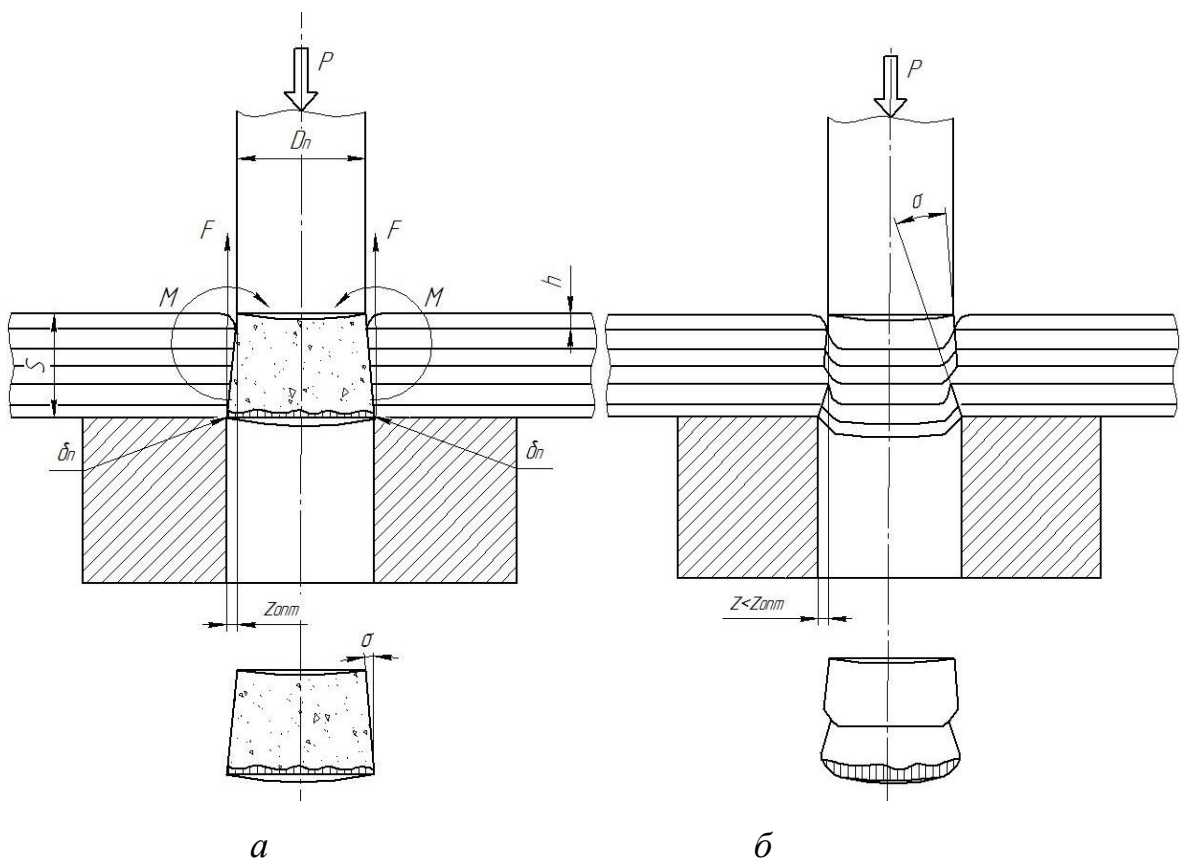


Рисунок 3.3 – Розміщення тріщин сколювання в залежності від зазору при пробиванні

Під час штампуванні особливо тонкого металу товщиною менше 0,3 мм використовують штампи без спеціального зазору між пуансоном і матрицею. В цьому випадку контур сирого (незагартованого) пуансона отримують шляхом

протягування через термічно оброблену матрицю, виготовлену за спеціальним шаблоном.

В умовах високошвидкісної пробивки (при числі подвійних ходів штампу більше 120 циклів за хвилину) через руйнування інструмента внаслідок нагріву назначають зазори між пуансоном і матрицею, збільшені в 1,5– 2 рази в порівнянні з звичайним (оптимальним).

Як показав Ф.П.Михайленко [22], при збільшені зазору пробивки до 15-20% в порівнянні з оптимальною швидкістю інструмента значно збільшується, однак при цьому якість бокових поверхонь відокремленої деталі стає гірше. Зазор між пуансоном і матрицею має вплив на знак і значення пружних деформацій пробитого отвору. Зі збільшенням зазору виникає згинальний момент, в зв'язку з чим збільшується розтягувальне напруження, відповідно і розтягувальні деформації в радіальному напрямку.

Після розвантаження в зонах округлення пробитої деталі і відходу виникають стискаючі пружні деформації ε_p , в результаті чого зовнішній діаметр відходу стає меншим діаметра матриці, а діаметр отвору – більше діаметра пуансона. При цьому відхід вільно провалюється наскрізь матриці, а заготовка легко знімається з пуансона.

З зменшенням зазору (порівняно з оптимальним) $z < z_{\text{опт}}$ згинальний момент зменшується і стає настільки незначним, що розтягувальне напруження, яке діє у радіальному напрямку, майже не здійснює вплив на пружні деформації. Однак при цьому зростає шаровий тензор [23] стискання, в результаті чого після пробивання виникають зворотні за знаком розтягувальні пружні деформації, які призводять до збільшення діаметра пробитої деталі та до зменшення діаметра пробитого отвору. При цьому деталь залишається в матриці, а відхід щільно охоплює пуансон. Крім того, зі зменшенням зазору зростає концентрація нормальних напружень σ_z в робочих кромках пуансона та матриці і це викликає швидке їх притуплення, що відповідно знижує ресурс.

Разом з тим за малого зазору відокремлена деталь має більш точні розміри і залишається плоскою без додаткової правки.

3.2 Експериментальні дослідження впливу зазору між інструментами штампу на їх довговічність

Як описано у розділі вище, пробивання отворів є порівняно дешевим, досить продуктивним та поширеним методом. Правильна робота на штампувальному обладнанні завжди буде зберігати робочий інструмент у цілості, тому одним із головних чинників є зазор між матрицею та пуансоном $z_{\text{опт}}$. На автоматичній лінії холодного штампування для виготовлення будівельних профілів основним оброблювальним матеріалом є Сталь 2 з товщиною $S = 2$ мм. За вище наведеними рекомендаціями оптимальний зазор для пробивання листа, товщиною $S = 2$ мм., $z_{\text{опт}} = 0,1 - 0,24$ мм. (5%...12%) від товщини металу.

Під час роботи на штампувальному обладнанні були виконанні експериментальні дослідження впливу $z_{\text{опт}}$ на довговічність інструмента. Результати показано в таб. 3.1. За отриманими результатами побудована графічна залежність впливу зазору на число циклів роботи інструменту (рис.3.4).

Таблиця 3.1– Показники роботи штампу відносно зміни оптимального зазору

Товщина металу, $S = 2$ мм.								
N, циклів	30000	34000	39200	51000	46000	38600	34200	29000
$z_{\text{опт}}$, мм	0,1	0,12	0,14	0,16	0,18	0,20	0,22	0,24

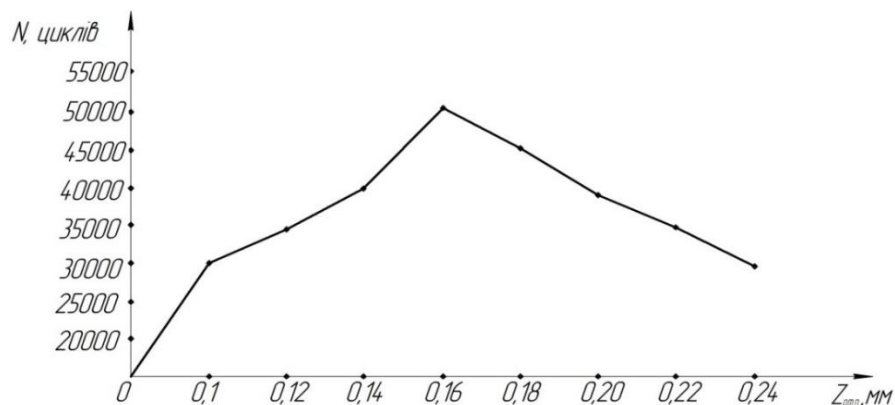


Рисунок 3.4 – Вплив зазору між інструментом на його довговічність

З графіка видно, що збільшення зазору 0,16 мм сприяє збільшенню циклів роботи інструмента. Подальше збільшення зазору призводить до зменшення робочих циклів використання інструменту і, отже зменшує їх довговічність.

3.3 Визначення робочих (виконавчих) розмірів пуансонів і матриць

Розміри отвору, який отримано пробиванням, відповідають розмірам робочого отвору матриці. Зношування матриці призводить до збільшення її робочого отвору. Тому виконавчі розміри робочого отвору матриці для пробивання повинні бути з можливими щонайменшими значеннями поля допусками [24].

Діаметр отвору, отриманого пробиванням, відповідає діаметру пуансона. Зношування пуансона призводить до зменшення його діаметра. Тому виконавчий діаметр пуансона повинен бути з найбільшими можливими значеннями поля допуску.

Якщо допуски на штампувальний виріб призначені в системі отвору, тоді діаметр пуансона визначається як сума номінального діаметра отвору і допуска на цей діаметр:

$$D_{\Pi} = (D_{\text{H}} + \Delta)_{-\delta_{\Pi}} \quad (3.1)$$

Робочий (виконавчий) діаметр матриці для пробивання буде більший діаметра пуансона на значення зазору між ними: $D_{\text{M}} = D_{\Pi} + z$, або враховуючи (3.1)

$$D_{\text{M}} = (D_{\text{H}} + \Delta + z)^{+\delta_{\text{M}}} \quad (3.2)$$

Наведені формули 3.1, 3.2 для визначення виконавчих розмірів пуансонів та матриць приймають в тому випадку, коли товщина штампувального металу

порівняно невелика (до 1...2 мм), так як за цієї умови бокова поверхня окремої частини металу може вважатися приблизно перпендикулярною до площини листа металу.

При штамповці більш товстішого металу (понад 2 мм) необхідно приймати до уваги конусність бокової поверхні окремої частини металу, котра формується через те, що сколюючі тріщини направлені під відповідним кутом до твірної [25].

Тому для усунення можливості виходу розмірів штампувальної деталі за граничне поле допуску діаметр отвору деталі штучно зменшується. Зменшений допуск Δ' приймається рівним 0,6...0,8 від номінального допуску Δ . В цьому випадку вирази для визначення виконавчих розмірів пуансонів та матриць для пробивання мають такий вигляд:

$$D_{\text{п}} = [D_{\text{н}} + (0,6 \div 0,8) \times \Delta]_{-\delta_{\text{п}}}; \quad (3.3)$$

$$D_{\text{м}} = [D_{\text{н}} + (0,6 \div 0,8) + z]^{+\delta_{\text{м}}}. \quad (3.4)$$

Якщо деталь або заготовка має особливо складну форму з криволінійним обрисом, контур інструмента виготовляють за спеціальним шаблоном, а при пробиванні – пуансон. Після чого спряженому з пуансоном поверхню матриці підганяють за необхідним зазором [26].

Допуск на робочі розміри пуансонів та матриць $\delta_{\text{м}}$ і $\delta_{\text{п}}$ приймають рівним 25-35 % від допуску на відповідний розмір штампувальної деталі. Допуски на розмір інструменту призначають за визначеним класом точності: за товщини штампувального металу до 3 мм – по 8-му квалітету та при товщині металу більше 3 мм – по 10-му квалітету по СТ СЭВ 145–75(ЕСДП СЭВ) [27].

Визначимо виконавчі (робочі) розміри пуансонів та матриць при пробиванні. Потрібно визначити виконавчі розміри пуансонів та матриць для штамповки отвору з внутрішнім діаметром $14^{+0,215}$ мм. Матеріал профілю Ст2 (ГОСТ 380 –71) товщиною 2 мм.

Визначаємо допуски на розміри пуансона та матриць в залежності від номінального розміру отвору та його товщини: $\delta_M^{14} = +0,021$ мм; $\delta_{II}^{14} = -0,017$ мм.

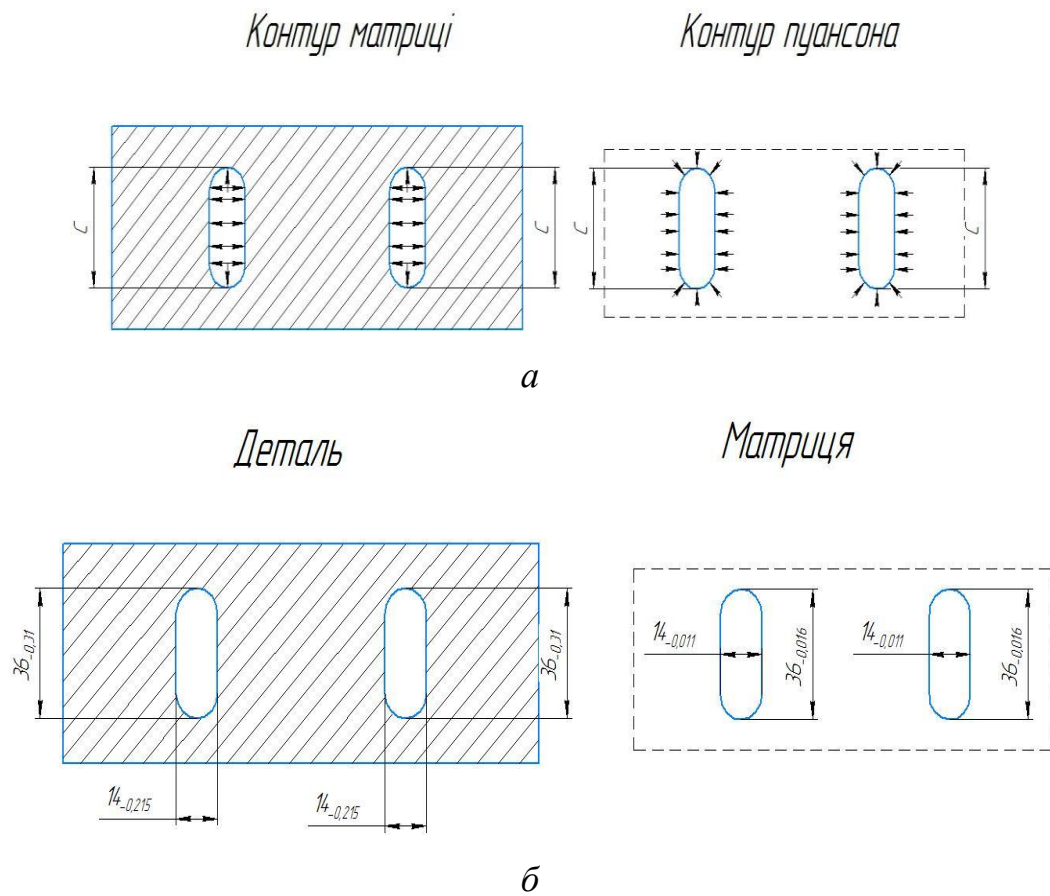


Рисунок 3.4– Направлення зношування інструмента при прибиванні *а*, розміри отворів та відповідні розміри матриці *б*

За таблицями визначаємо мінімальний зазор між пуансоном та матрицею , $z_{min} = 0,18$ мм [28]. Використовуючи розрахункові формули 3.3 та 3.4 , знаходимо виконавчі розміри інструментів для пробивання овального отвору діаметром 14 мм та довжиною 36 мм:

$$D_{II} = (14 + 0,6 \times 0,215)^{+0,021} = 14,129_{-0,017};$$

$$D_M = 14,129 + 0,18 = 14,309^{+0,021}.$$

Оскільки інструмент зношується «в тіло», розміри окремих елементів контура інструмента (виступи і западини) в процесі штампування визначаються по-різному: одні розміри збільшуються, а інші – зменшуються. Ділянки контура інструмента з однаковим напрямком зношуються (розмір C) залишаються приблизно незмінними (рис 3.4, *a*). Напрямок зношування інструмента показано стрілками. Економічна цільова точність виготовлення кожного з інструментів для штамповки визначається допусками, рівними одній четвертій частині допуску на розмір отвору:

$$\delta_{\text{ін}} \cong 0,25 \times \Delta_{\text{дет}}$$

При проектуванні інструментів для пробивання використовуються розміри з відповідними допусками, які виставляються тільки на кресленні пуансона. На кресленні матриці для пробивання їх показують у вигляді примітки і показники про підгін контурів з відповідним зазором z . На рис. 3.4, *б* показаний контур отвору та робочий контур матриці, розміри якої визначені за наведеною методикою [29]. Якщо деталь або отвір має особливо складну форму з криволінійним контуром, контур інструмента виготовляють за спеціальним шаблоном. При пробиванні за шаблоном виготовляють пуансон, а далі інструмент (тобто матрицю) підганяють за потрібним розміром.

3.4 Енергосилові характеристики процесу

До енергосилових характеристик процесу пробивання відносять: зусилля пробивання, зусилля проштовхування окремої частини металу через робочий отвір матриці, зусилля знімання відходу з пуансона та робота деформування[30].

Зусилля пробивки (або деформуюче зусилля) залежить від опору зрізу $\sigma_{\text{зр}}$ матеріалу заготовки, товщини металу s , довжини визначеного контуру L , форми та стану робочих кромek пуансона і матриці, а також зазору між ними, швидкості

деформування та глибини врізання пуансона у метал в момент виникнення сколюючих тріщин. При розрахунках зусилля (Н) пробивання наближено визначають як площу бокової поверхні F , визначеної частки металу, на опір зрізу $\sigma_{зр}$ з врахуванням притуплення робочих кромek пуансона і матриці коефіцієнтом $\omega = 1,1 \dots 1,3$ [31]:

$$P = a \cdot F \cdot \sigma_{зр} = \omega \cdot L \cdot s \cdot \sigma_{зр} = \quad (3.5)$$

$$1,3 \cdot 78,5 \cdot 2 \cdot 143,5 = 29288,35 \text{ Н},$$

де $\sigma_{зр} = 143,5$ МПа для Сталі 2 [28].

Так як за один удар штампу пробивається два отвори відразу, тоді зусилля буде подвоюватись кожного наступного разу $P = 29288,35 \cdot 2 = 58576,7$ Н.

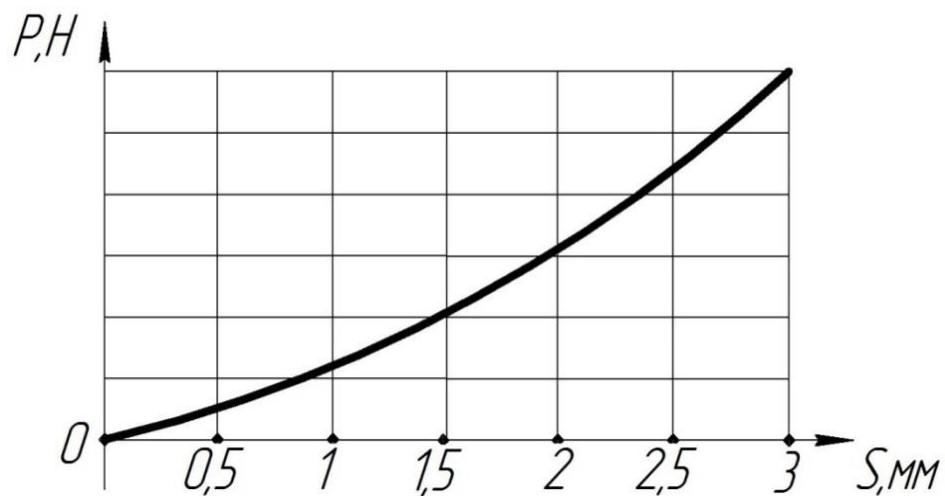


Рисунок 3.5 – Залежність величини сили штампування від товщини матеріалу

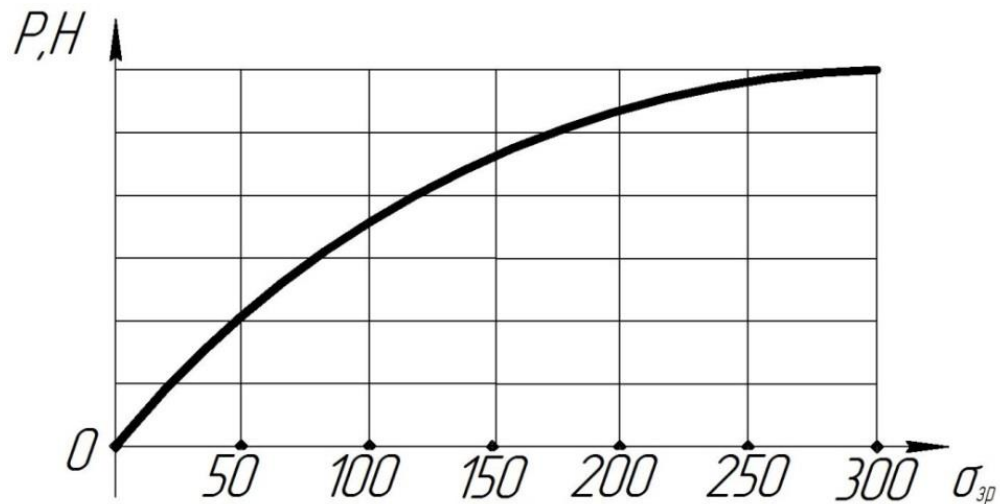


Рисунок 3.6 – Залежність величини сили штампування від границі плинності матеріалу

З виразу 3.5 видно, що максимальне зусилля виникає в самому початку пробивання, коли площа F максимальна. В реальних умовах деформування зусилля пробивання вимірюється від нуля з початку процесу до максимального, а далі починають зменшуватись в момент виникнення сколюючих тріщин.

Якщо прийняти припущення про те, що на поверхні розділу проходить чистий зсув, а радіальні відносні деформації ϵ_r рівномірно розповсюджені по товщині заготовки і напрямлення головних осей в процесі деформування залишається незмінними, тоді вираз для визначення зусилля пробивання (до моменту виникнення сколюючих тріщин) може бути подано у вигляді :

$$P_x = L \cdot (s - x) \cdot \tau_s ,$$

де x – глибина проникнення пуансона в метал (рис. 3.5), а $\tau_s = 0,58 \cdot \sigma_s$ – найбільше дотичне напруження [32].

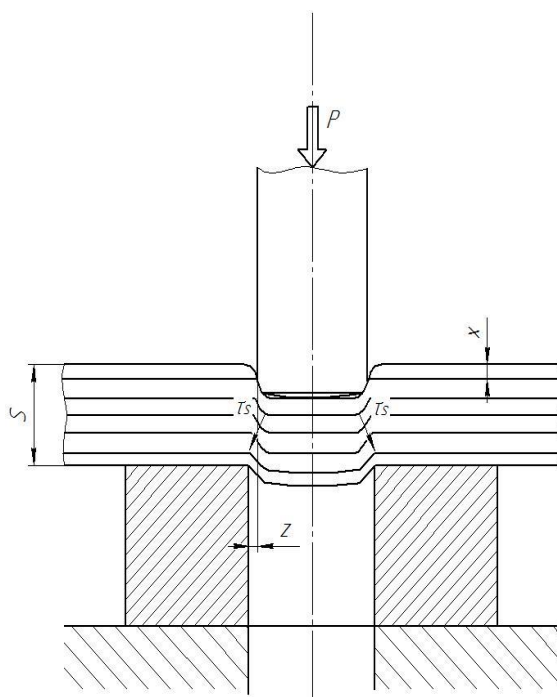


Рисунок 3.7 – Схема проникнення пуансона в метал при пробиванні

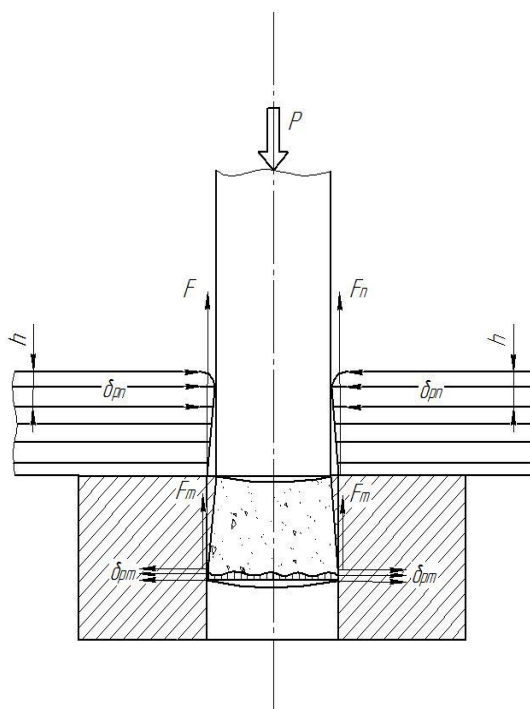


Рисунок 3.8 – Схема дії сил тертя

При холодному пробиванні напруження текучості збільшується степенем деформації внаслідок деформаційної щільності металу. Якщо рахувати, що зміни σ_s відбувається згідно степеневій залежності, запропонованої С.І.Глубкіним [25]:

$$\sigma_s = \frac{\sigma_B}{1 - \psi_p} \cdot \left(\frac{\psi}{\psi_p} \right)^{\frac{\psi_p}{1 - \psi}}$$

де, ψ – ступінь деформації, яка еквівалентна зміцнені ефекту, і визначається відносно площі зрізу

$$\psi = \frac{F_0 - F_x}{F_0} = \frac{sL - (s - x) \cdot L}{sL} = \frac{x}{s}.$$

Тоді формула для визначення зусилля пробивання з врахуванням міцності металу прийме вигляд :

$$P_x = L \cdot (s - x) \cdot \frac{0,58 \cdot \sigma_B}{1 - \psi_p} \cdot \left(\frac{x}{s \cdot \psi_p} \right)^{\frac{\psi_p}{1 - \psi_p}}.$$

Аналіз отриманої формули вказує на існування екстремального значення сили P . Дослідження на екстремум дозволяють встановити максимальної умови при $x = s \cdot \psi_p$. Підставивши значення x у формулу, отримаємо:

$$P_{\max} = 0,58 \cdot \sigma_B \cdot L \cdot s \quad (3.6)$$

або, враховуючи, що для маловуглецевих листових сталей $\sigma_{зр} = 0,7 \cdot \sigma_B$, маємо:

$$P_{\max} = 0,83 \cdot \sigma_{зр} \cdot L \cdot s = \quad (3.7)$$

$$0,83 \cdot 143,5 \cdot 78,5 \cdot 2 = 18699,48 \text{ Н}$$

За допомогою виразу 3.7, який запропонований Є.А.Поповим, можна отримати лише приблизне значення P_{max} , так як при його отриманні був прийнятий ряд припущень[33]. Однак він відображає фізичну сутність процесу та показує, що максимальне зусилля пробивання виникає при відносній глибині врізання пуансона в заготовку, а не в самому початку деформації, коли її товщина найбільша.

При пробиванні з малим зазором деталь (або заготовка) залишається в матриці, а відхід щільно захватує пуансон. В результаті пружних деформацій виникають контактні напруження $\sigma_{рм}$ та $\sigma_{рп}$, котрі при штовханні деталі крізь матрицю і знімання відходу з пуансона виникають напруження тріщин (рис.3.6).

В зв'язку з цим за робочого ходу пуансона необхідно визначити не тільки опір пробивання P_T , а також і опір відносно матриці, опір сил тертя $F_{П}$ на контактній поверхні пуансона і відхід металу. В цьому випадку зусилля буде $P = P_T + F_M + F_{П}$. При зворотному ході пуансон визначає тільки опір сил тертя знімання відходу металу з пуансона $F_{П}$. Суму сил F_M та $F_{П}$ називають зусиллям штовхання $P_{шт} = F_M + F_{П}$, а силу $F_{П}$ – зусилля знімання $P_{зн} = F_{П}$.

Визначення зусилля штовхання і знімання дозволяє уточнити енергосилові характеристики пробивання, а також отримати необхідні данні для розрахунку на міцність і жорсткість окремих деталей штампів (зйомники та їх пружини, пуансонотримачі та деталі їх кріплення)[34].

Якщо рахувати, що відхід металу дотикається з пуансоном тільки поясків з відблисками висотою h (див.рис 3.6), тоді формула для визначення зусилля знімання буде мати вигляд:

$$P_{зн} = L \cdot h \cdot \sigma_{рп} \cdot \mu \quad (3.8)$$

Приймаючи $h = 0,3 \cdot s$, $\mu = 0,2f$ або $\sigma_{рп} \approx \sigma_{зр}$, отримуємо

$$P_{зн} = 0,06 \cdot P_T = 0,06 \cdot 29288,35 = 1757,30 \text{ Н}$$

Для сприйнятливих умов деформування зусилля знімання складає 6% від технологічного зусилля пробивання [35].

Якщо сили тертя, прикладенні до поверхні контакту пуансона і відходу металу, рівні силам тертя, прикладених до поверхні контакту пробитої деталі і матриці ($F_M = F_{II}$), тоді зусилля штовхання буде рівно подвоєному зусиллю знімання ($P_{шт} = P_{зн}$). Однак внаслідок навіть незначного згину окремої частини металу нормальні напруження $\sigma_{рм}$, прикладені до поверхні контакту пробитої деталі і матриці, значно зменшується, тому зусилля проштовхування стає незначно більшим зусиллям знімання ($P_{пр} \cong P_{зн}$).

Крім розглянутих факторів, на посилення проштовхування і знімання значно впливають: ширина перемички між сусідніми відділеннями контуру (чим вона більша, тим посилення штовхання і знімання більша); форма і розміри штампувального контуру; зазор між пуансоном і матрицею; можливість перекосу відходу металу відносно пуансона, тощо. Так як врахування впливу цих факторів викликає певні труднощі то силу, проштовхування і знімання визначають, використовуючи експериментальні данні, які отримані в функції посилення пробивання за такими емпіричними виразами:

$$P_{шт} = K_{пр} \cdot P_{II} = K_{пр} \cdot P \cdot \left(\frac{h}{s}\right) = \quad (3.9)$$

$$0,06 \cdot 29288,35 \cdot \left(\frac{2}{2}\right) = 1757,30 \text{ Н}$$

$$P_{зн} = K_{зн} \cdot P = \quad (3.10)$$

$$0,06 \cdot 29288,35 = 1757,30 \text{ Н,}$$

де $K_{пр}$ і $K_{зн}$ – коефіцієнти (або відносне посилення) проштовхування і знімання; h – число деталей, знаходяться в шийці матриці.

В залежності від товщини металу, числа одночасного штампувальних деталей і типу штампу (простого або послідовної дії) $K_{зн}$ змінюється від 0,02

до 0,20, а $K_{пр}$ – від 0,05 до 0,14. Чим більше товщини металу, тим відносно посилення знімання і проштовхування буде більшим [36].

3.5 Висновки до розділу 3:

1. Виконано аналіз впливу зазору на характеристики пружних деформацій під час штампування. Проведено експериментальні дослідження впливу зазору між інструментами штампку на його довговічність.

2. Визначено робочі (виконавчі) розміри матриці та пуансона, що забезпечують ефективну роботу робочого інструмента.

3. Проведений розрахунок енергосилової характеристик процесу формоутворення монтажних отворів.

4. Встановлено залежність сили штампування від товщини листового металу та величини сили штампування від границі плинності матеріалу та які дозволяють визначити їх оптимальні характеристики.

4. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Розробка конструктивної схеми гідроциліндра

4.1.1 Вибір гідростанції для силових гідроциліндрів

Гідравлічна насосна станція з електроприводом призначена для створення гідравлічної енергії та підключення одного або декількох виконавчих гідропрстроїв – гідроциліндрів. Гідростанція виконана для експлуатації в кліматичних умовах виконання «У» категорії розміщення 2,3 за ГОСТ 15150-69, за температури навколишнього середовища від плюс 5°C до плюс 40°C. Робочою рідиною є олива: ВМГЗ ТУ38 101479-86, МГЕ- 10А ГОСТ 3801281-82. Клас чистоти робочої рідини повинен бути не нижче 10 класу за ГОСТ 17216-71. Робоче положення наносної установки – горизонтальне. Допускається нахил до 5° в будь яку сторону.

В гідростанції виконано: гідророзподільник, редуційний клапан, дросельний клапан, гідрозамок, запобіжний клапан, що дозволяє забезпечити налаштування її роботи в технологічному процесі. Використовування зарубіжної елементної бази в гідростанції дозволяє значно збільшити ефективність роботи за рахунок збільшення строку служби гідроапаратури.

Загальні технічні характеристики:

– робочий об'єм насоса, см ³ –	20;
– номінальний тиск, МПа –	16;
– номінальна подача, л/хв –	31;
– об'єм мастильного баку, л –	100;
– потужність приводного двигуна, кВт –	11;
– електроживлення, В, Гц –	380;50;
– маса (з сухим баком), кг –	170;
– розміри, мм –	900x673x1023.

На рис 4.1. зображено гідростанцію яка складається із баку 1, облаштованого кришкою 2, насосної групи, що містить насос 4 (шестеренчастого типу), електродвигун 5, які з'єднані за допомогою муфти 6, що розміщені в стакані 7, який виконує роль оболонки. На гідроплиті 15 розташовано п'ятилінійні трьохпозиційні гідророзподільники з електромагнітним керуванням 8, дросель 9, редукційний клапан 10, запобіжний клапан 11, манометр 12, що встановлено на адаптері 13, заливна горловина 14 з сітчастим фільтром та сапуном всмоктуючого фільтра 16. Індикатори рівня мастила об'єднано з термометром 17. Олива із баку зливається через кран 18. Бак гідростанції жорстко закріплений з опорною рамою 3.

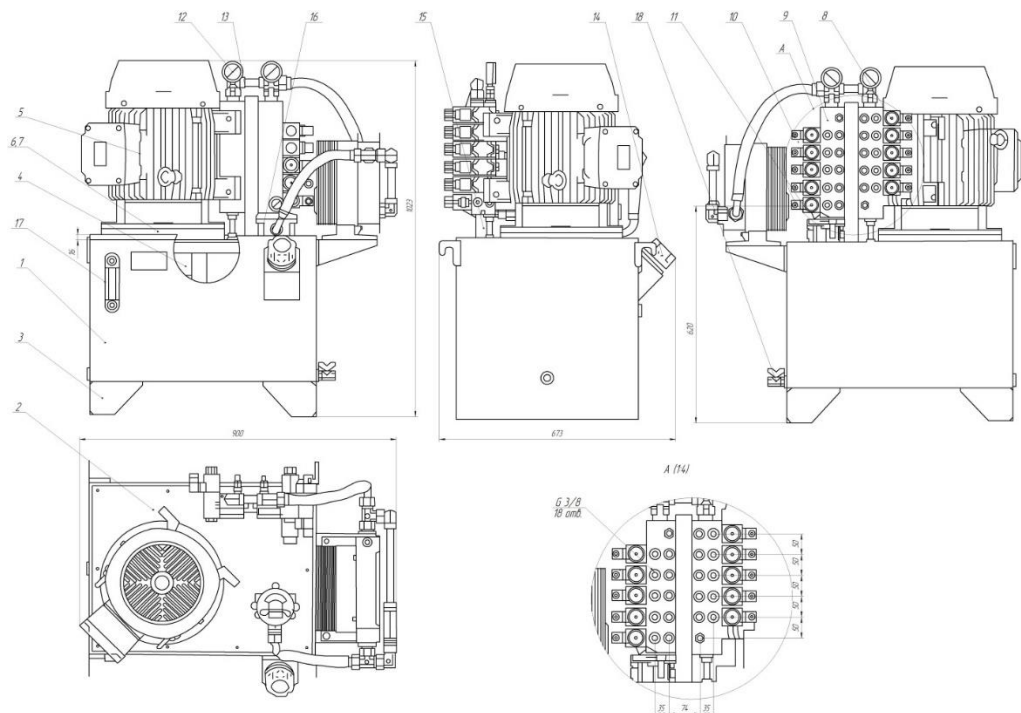


Рисунок 4.3 – Гідростанція

Олива із бака 1 закачується насосом 4, що отримує енергію двигуна 5 через муфту 6, через всмоктуючий фільтр 16 і трубопроводи вона далі поступає через дросель 9 і редукційний клапан 10 в гідророзподільник 8 від якого здійснюється живлення силових гідроциліндрів, з виливної порожнини

гідроциліндрів олива через трубопровід поступає до зливного фільтра і знову в бак 1.

Масло заливається в бак 1 через заливну горловину 14. Злив мастила проводиться через кран 18, встановлений на корпусі баку 1. Контроль рівня мастила та його температури здійснюється за індикатором 17. Наладка номінального тиску в системі, що забезпечується гідростанцією, здійснюється запобіжним клапаном 11. Контроль наладки тиску в системі контролюється манометром 13.

На рис. 4.1 зображено гідравлічну схему штампувального обладнання яка діє за принципом: електродвигун Д приводить в рух насос Н. Робоча рідина, всмоктується насосом із бака Б через сітчастий фільтр Ф, рукава високого тиску РГ подається в робочу порожнину ГЦ1...ГЦ3.

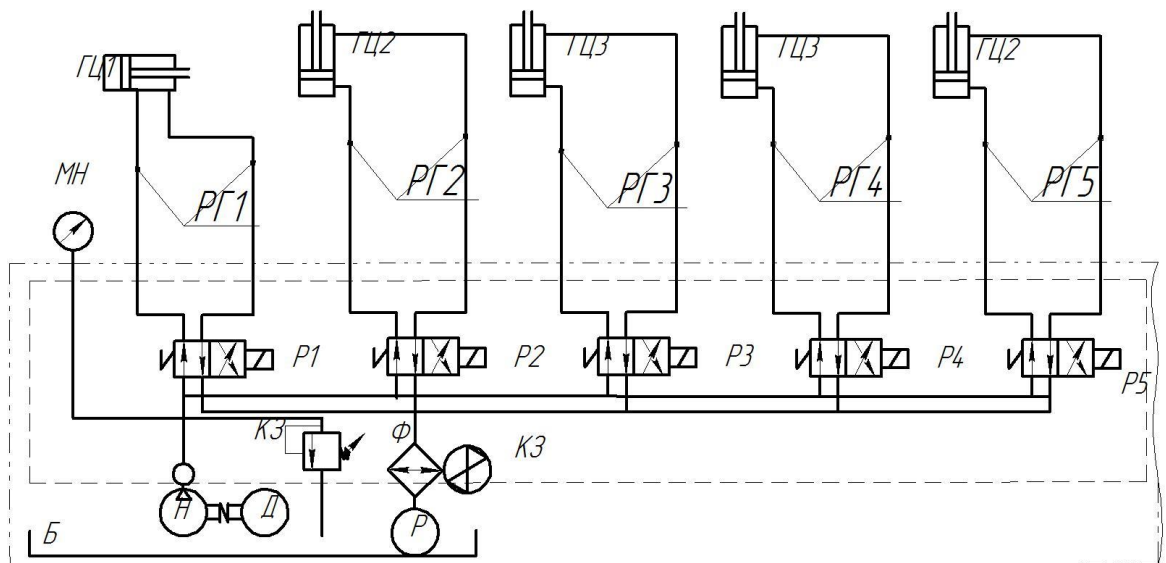


Рисунок 4.2 Гідравлічна схема штампувального обладнання

Максимальний робочий тиск 18 МПа. Гідророзподільники Р1...Р5 призначені для управління роботи інструмента двохсторонньої дії. Переключення положення золотника гідророзподільника здійснюється за допомогою електромагнітів (робоче положення «А» та холостий хід «В»). Зворотній хід в нейтральне положення «0» проводиться за рахунок взаємодії пружного елемента (пружини). За допомогою редукційного клапана РК

відбувається зміна тиску в потрібній лінії. Тиск в системі контролюється манометром МН (0...40 МПа). На зливній лінії встановлений масляний фільтр. Перепад тиску робочої рідини до і після фільтрів не повинен перевищувати 0,5 МПа. Перепад тиску більше допустимого призводить до виходу їх із ладу.

4.1.2 Конструкції гідроциліндрів технічних пристроїв

Гідравлічний циліндр, або, як його ще називають, гідроциліндр – це один з варіантів об'ємного гідравлічного двигуна зі зворотно–поступальним типом руху[37]. Багато в чому принцип дії таких гідроциліндрів схожий з принципом роботи пневмоциліндрів. В залежності від їх області застосування гідроциліндри поділяються на декілька типів. За конструкцією робочої камери гідроциліндри поділяють на поршневі, плунжерні, телескопічні, тандем-циліндри, мембранні, тощо.

Гідравлічні циліндри мають досить широку область застосування та використовуються в таких галузях промисловості:

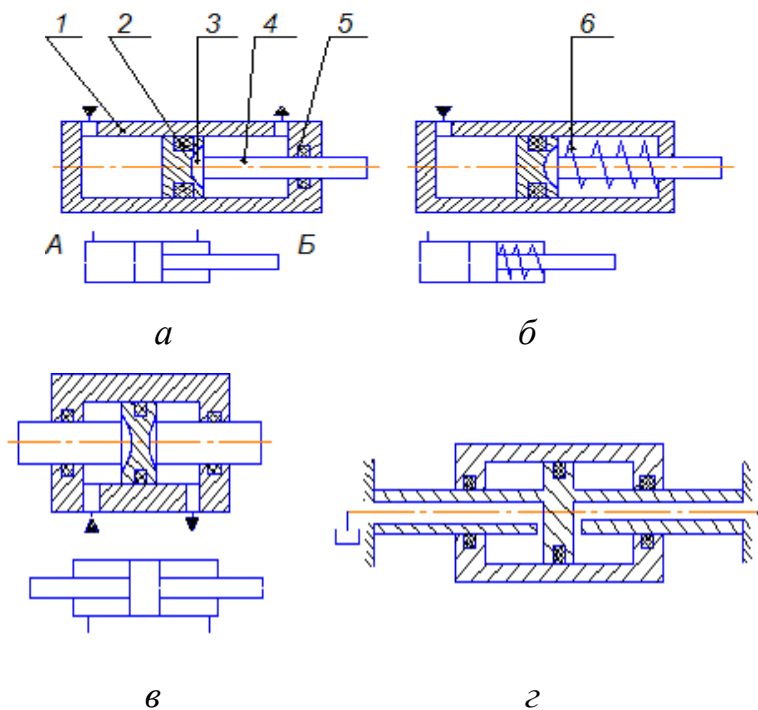
- підйомно–транспортне обладнання;
- сільсько–господарська техніка та обладнання;
- промислове будівництво та будівництво автомобільних доріг;
- гірничо–добувальна техніка;
- промислове лісництво;
- машино– та верстатобудування, промислові роботи;
- автомобілебудування.

Поршневим гідроциліндром називають циліндр, в якому робочі камери утворені поверхнями корпусу 1 (рис. 4.3, а) і поршня 3 із штоком 4. Гідроциліндр має дві порожнини: поршневу А – обмежену робочими поверхнями корпусу і поршня та штокову В – обмежену поверхнями корпусу, поршня і штока [37].

Поршневі гідроциліндри поділяють за такими ознаками: напрямом дії робочої рідини – односторонньої (рис. 4.3, б) та двосторонньої (рис. 4.3, а) дії;

за кількістю штоків – одноштокові (рис. 4.3, *a*) і двоштокові (рис. 4.3, *в*); за типом вихідної ланки – з рухомим штоком (рис. 4.3, *a, б і в*) і з рухомим корпусом (рис. 4.3, *г*)[18].

У гідроциліндрах односторонньої дії рух вихідної ланки під дією потоку рідини здійснюється тільки в одному напрямленому напрямку. Рух у зворотному напрямку.



a – двосторонньої дії; *б* – односторонньої; *в* – двоштокові; *г* – з рухомим корпусом; 1–корпус; 2,5 – ущільнення; 3– поршень; 4 – шток; 6 –пружина; А і Б – порожнини

Рисунок 4.3– Конструктивні схеми і умовні позначення поршневих гідроциліндрів

У гідроциліндрах двосторонньої дії рух вихідної ланки в обох робочих напрямках здійснюється під дією потоку робочої рідини. Гідроциліндри з двома штоками застосовують тоді, коли необхідно мати однакові робочі зусилля і швидкість штока в обох напрямлених напрямках. Гідроциліндри з рухомим корпусом застосовують здебільшого у варіаторах молотильних

апаратів зернозбиральних комбайнів. У всіх поршневих гідроциліндрів для герметизації рухомих з'єднань встановлюють ущільнювальні кільця [37].

Гідроциліндр працює таким чином. При сполученні поршневої порожнини *A* (рис. 4.3, *a*) з напірною гідролінією поршень 3 разом зі штоком 4 під дією тиску рідини переміщується в робочу ходову сторону. При цьому одночасно відбувається витіснення робочої рідини із штокової порожнини *B* у зливну лінію гідроприводу. При підведенні робочої рідини під тиском у порожнину *B* переміщення поршня зі штоком здійснюється у зворотному напрямку.

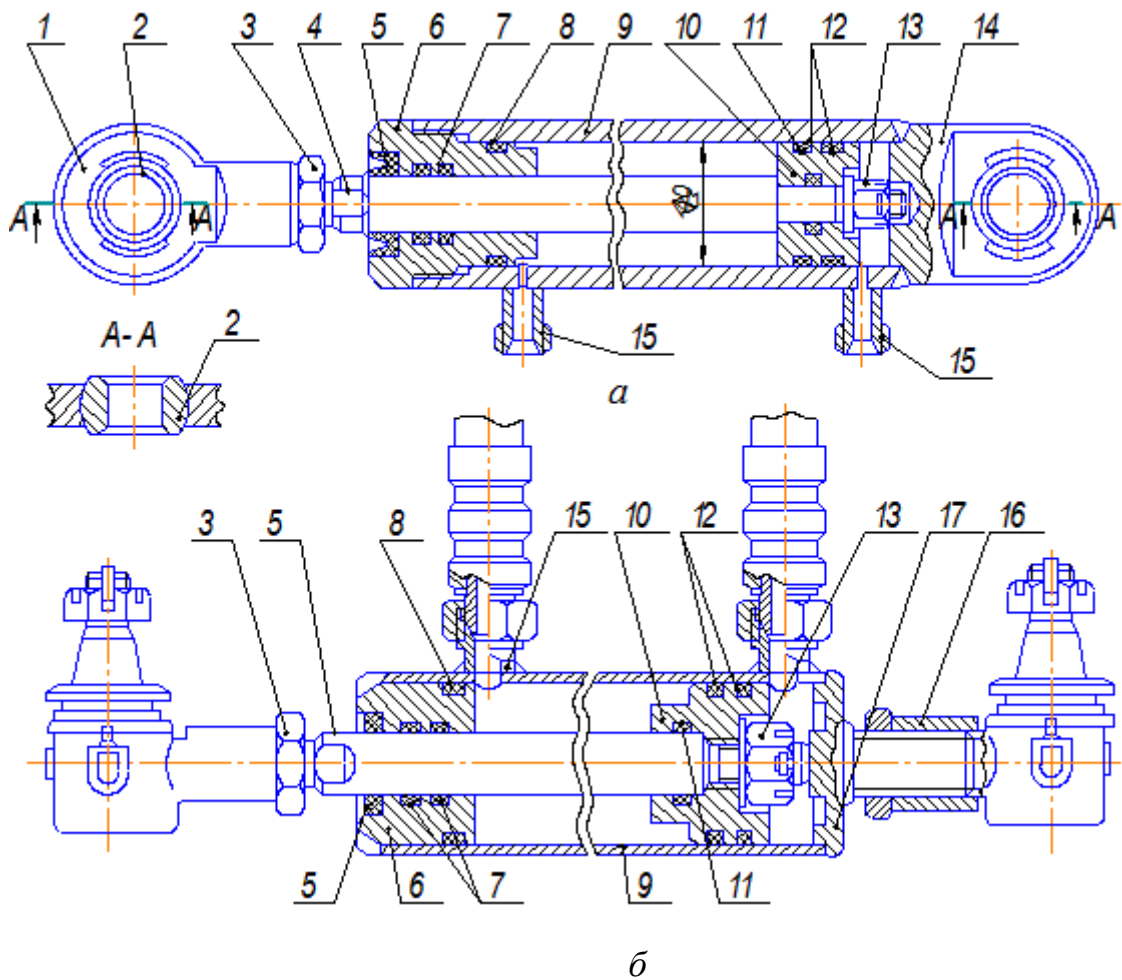
У гідроприводах сільськогосподарських машин і тракторів переважно застосовують поршневі гідроциліндри двобічної дії. Загальну будову таких гідроциліндрів показано на (рис. 4.4).

Гідроциліндр керування вивантажувальним шнеком, механізмами відключення жатки і зворотної прокрутки молотильного барабана (рис. 4.4, *a*) схожі за конструкцією і містять гільзу 9 з привареними до неї штуцерами 15, що пазами сполучені з порожнинами циліндрів. Гільза з одного боку закрита глухою головкою 14, а з другого — змінною головкою 6, буртик якої має шестигранні форми. Всередині гільзи, розміщено поршень 10, який прикріплено до штока 4. З іншого боку штока прикріплено вушко 1. З боку різьби під вушком зроблено лиску під ключ для утримання штока від провертання під час загвинчування корончастої гайки, контргайки 3 і самого вушка. Для ущільнення поршня, штока і головки в кільцевих проточках цих деталей встановлено гумові кільця 7,8, 11 і 12.[37]

Щоб розвантажити шток від згинаючого моменту і спрямувати зусилля вздовж його осі, отвори в головці 14 і вушко 1 виконано сферичними, в яких вставлено втулки 2. Для монтажу втулок 2 в головці і вушку передбачені пази, що відповідають ширині втулок. Через них вводять втулки в отвори і, коли їх сфери співпадають зі сферами головки та вушка, втулки повертають на 90°. Для збільшення площі контакту в сферичній парі вісь пазів спрямовано

перпендикулярно напрямку дії зусилля. Манжета 5 запобігає потраплянню пилу і бруду в порожнину циліндра. [37]

Гідроциліндр моста керованих коліс (рис. 4.4, б) має аналогічну будову. Поршневий гідроциліндр гідропривода гальм має дещо іншу будову і принцип дії порівняно з описаними вище. Будову колісного гідроциліндра показано на рисунку 4.5.

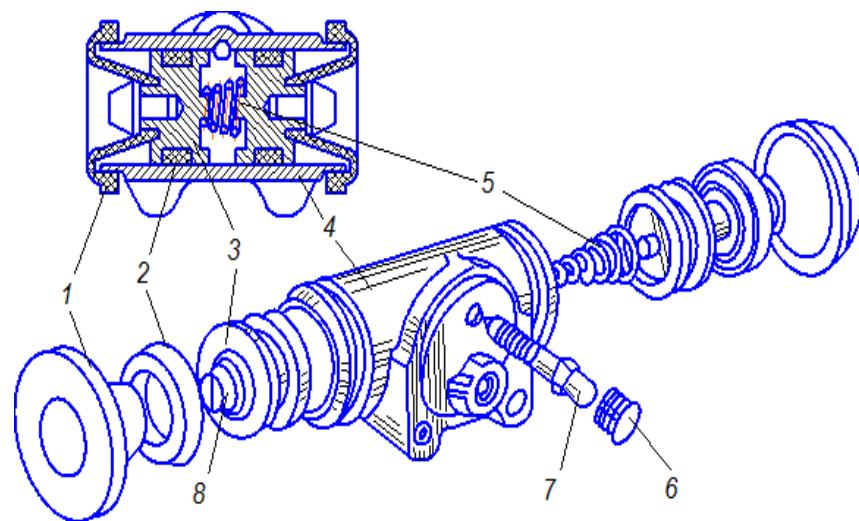


a – гідроциліндр керування вивантажувальним шнеком; *б* – гідроциліндр моста керованих коліс; 1 – вушко; 2 – втулка; 3 — контргайка; 4 – шток; 5 – манжета; 6, 14 – головки; 7, 8, 11, 12 – ущільнювальні кільця; 9 – корпус (гільза); 10 – поршень; 13–корончаста гайка; 15–штуцери; 16 – наконечник; 17 – денце гідроциліндра

Рисунок 4.4 – Поршневі гідроциліндри гідроприводів комбайна

Гідроциліндр працює таким чином. При подачі робочої рідини від насоса (головного циліндра) по трубопроводу в порожнину між поршнями 3 циліндра 4 поршні розходяться в обидва боки і штовхачами 8 діють на колодки гальм, розтягуючи їх пружину. При цьому колодки розходяться і гальмують колесо. [37]

Плунжерним гідроциліндром називають циліндр з робочою камерою, утвореною робочими поверхнями корпусу і плунжера [37]. Такі циліндри є циліндрами односторонньої дії. На (рис. 4.4.) показано конструкцію такого гідроциліндра.



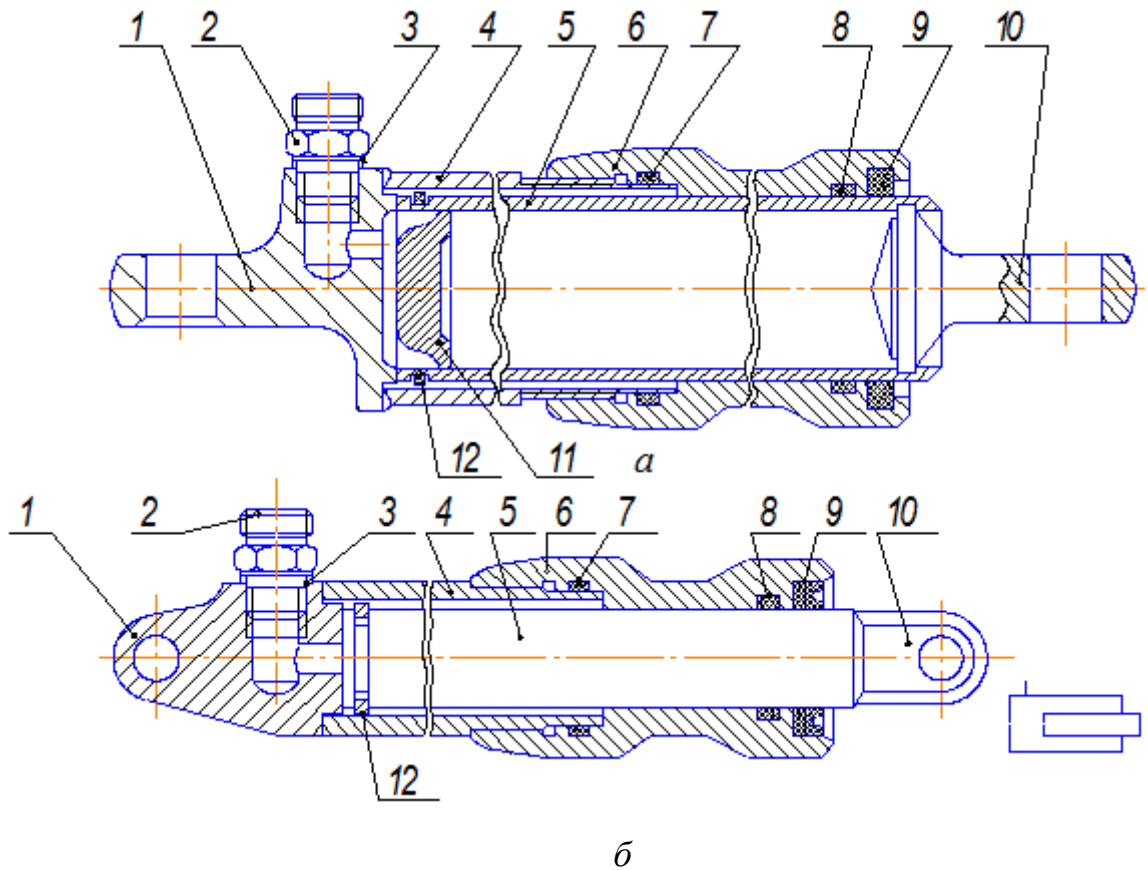
1 – гумовий ковпак; 2 – манжета; 3 – поршень; 4 – циліндр; 5 – пружина; 6 – ковпак клапана; 7 – перепускний клапан; 8 – штовхач.

Рисунок 4.5 – Колісний поршневий гідроциліндр гальм

Гідроциліндр працює таким чином. При сполученні напірної лінії гідропривода із штуцером 2 та плунжер 5 під дією сили тиску рідини переміщується вправо. Якщо порожнину гідроциліндра сполучити через штуцер 2 зі зливною лінією гідропривода, плунжер під дією сили тяжіння робочого органа чи інших зовнішніх сил переміщується вліво у вихідне положення.

Виняток становлять лише спеціальні гідроциліндри, наприклад, варіатора мотовила, молотильного барабана тощо [38].

Плунжерні гідроциліндри відрізняються від поршневих простотою конструкції. Недоліком є нестійкість плунжера внаслідок наявності тільки одної опори плунжера в циліндрі. [37]

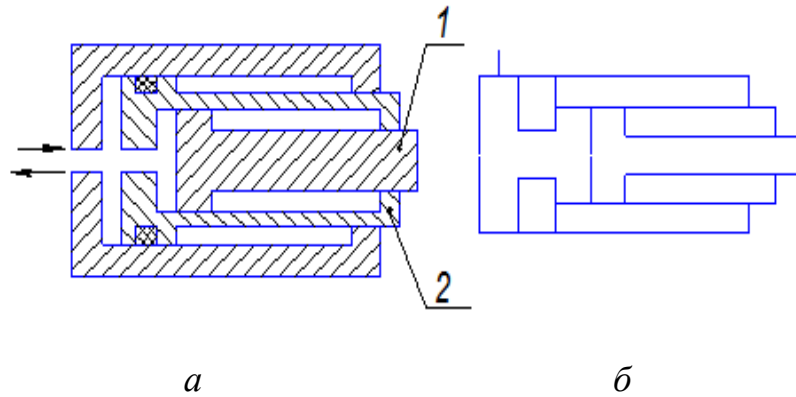


a – піднімання жатної частини комбайнів «Нива», «Енисей»; *б* – піднімання мотовила і закриття клапана копнувача комбайнів «Нива», «Енисей» 1 – денце плунжера; 2 – штуцер; 3 – мідна прокладка; 4 – гільза; 5 – плунжер; 6 – головка гільзи; 7,8 – гумові кільця; 9 – манжета; 10 – головка плунжера; 11 – денце; 12 – упорне кільце

Рисунок 4.6 – Плунжерні гідроциліндри

Телескопічним гідроциліндром називають циліндр з робочою камерою, утвореною поверхнями корпусу і декількох концентрично розміщених поршнів або плунжерів, що переміщуються відносно один одного (рис. 4.7).

Повний хід вихідної ланки такого циліндра дорівнює сумі ходів кожного поршня або плунжера відносно суміжного. Телескопічні гідроциліндри застосовують тоді, коли при невеликій довжині корпусу потрібно мати великий хід вихідної ланки і немає обмеження товщини корпусу. [37]



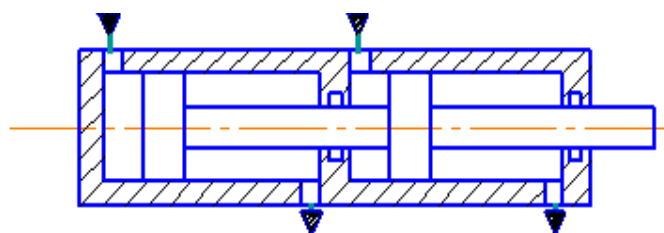
a– конструктивна схема; *б*– умовне позначення на принципових схемах;

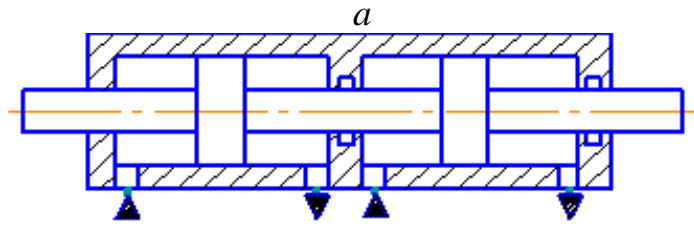
1 і 2 поршні зі штоком

Рисунок 4.7 – Телескопічний гідроциліндр

Тандем–циліндри застосовують тільки в разі, коли необхідно мати значні зусилля на штоці і не обмежена довжина циліндра, а обмежена можливість застосування циліндрів великих діаметрів. Схему такого гідроциліндра показано на рис. 4.8.

На сьогоднішній день такі гідроциліндри в приводах сільськогосподарської техніки застосовують недостатньо широко. Їх використовують в системах дублювання керування літаків та залізничного транспорту.





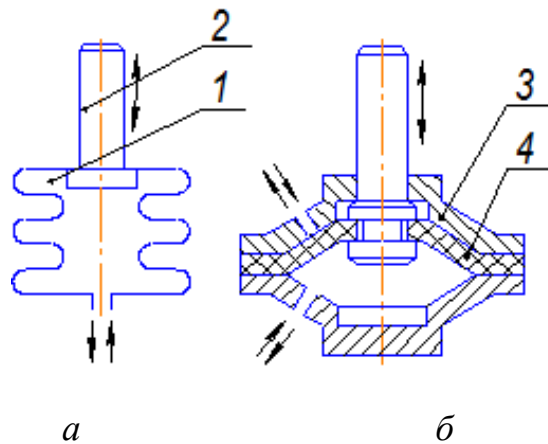
б

Рисунок 4.8 – Тандем-циліндри

Сильфонні гідроциліндри (рис. 4.9, *а*) застосовують при незначних переміщеннях штока *1*, переважно у приладах гідроавтоматики.

Сильфони *2* виготовляють із металів, а при незначних тисках рідини – із гуми, фторопласту тощо. Зовнішній діаметр сильфона може бути від 5 до 250 мм, робочий тиск 0,20 – 15 МПа [37].

Мембранні гідроциліндри (рис. 4.9, *б*) також застосовують при незначних переміщеннях штока як виконавчі механізми гідроавтоматики. Робочу камеру в таких циліндрах утворено корпусом *3* і мембраною *4*.



а

б

Рисунок 4.9 – Схеми гідроциліндрів: *а* – сильфонного; *б* – мембранного

Аналізуючи наведені конструктивні схеми гідроциліндрів, приходимо до висновку про доцільність використання в технологічній лінії холодного штампування для виготовлення будівельних профілів, гідроциліндра двосторонньої дії.

4.2 Силовий гідроциліндр холодного штампування монтажних отворів

На рис. 4.13 зображена конструкція гідроциліндру який використовується на технологічній лінії холодного штампування монтажних отворів у будівельних профілях. Такий гідроциліндр за конструктивними ознаками відноситься до гідроциліндрів двосторонньої дії і буде використовуватись який приводний інструмент у штампуванні монтажних отворів листового металічного матеріалу як після цього шляхом прокату набуває заданої форми профілю.

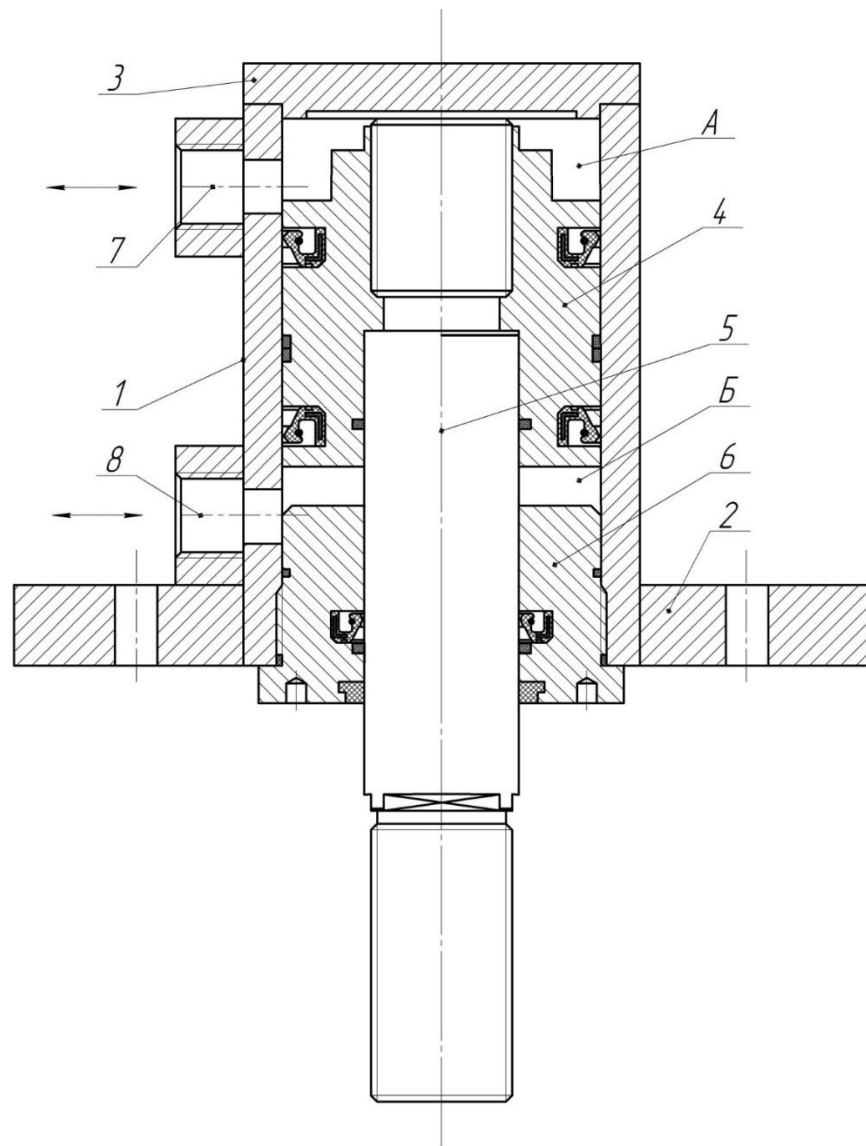


Рисунок 4.13 – Осьовий переріз аналогу гідроциліндру

Гідравлічний циліндр містить корпус 1, до якого за допомогою зварного з'єднання прикріплено монтажний фланець 2 та кришка (денце) 3. В корпусі 3 встановлено поршень 4, в якому за різьбовим з'єднанням улаштовано шток 5. Для закріплення елементів штампа на кінці штока 5 виконано різьбу. Кришку 6 за допомогою різьби встановлюється в корпус 1 гідроциліндру. Для підведення та відведення робочої рідини на корпусі 1 закріплені два різьбові втулки 7 та 8. Для ущільнення рухомих та нерухомих поверхонь в конструкції гідроциліндру ущільнюючі елементи. Кришки 3 та 6 разом із поршнем 4 утворюють робочі порожнини гідроциліндру А та Б.

Гідроциліндр працює таким чином.

Під час подачі робочої рідини від гідростанції до напірної порожнини А через різьбову втулку, поршень 4 разом з штоком 5 під дією тиску рідини виконує робочий хід. При цьому одночасно відбувається витіснення робочої рідини із штокової порожнини Б у зливну гідро лінію. Відбувається опускання плити штампу яка прикріплена до фланця 2. Під час цього руху відбувається пробивання отворів у заготовці. Для зворотного руху поршня 4 гідроциліндру відбувається пере комутація потоків від гідростанції за допомогою гідророзподільника. Робоча рідина під тиском подається до порожнини Б і поршень переміщається вгору. При цьому робоча рідина з порожнини А виводиться через гідролінію, що під'єднана до втулки.

4.3 Розрахунок основних параметрів силового гідроциліндра

Проведемо розрахунки гідроциліндру на міцність за методикою [39]. Основні параметри аналога гідроциліндра: $P_{\text{ном}}$ – номінальний тиск гідросисте м 16 МПа δ – товщина стінки = 10 мм; t – товщина кришки = 10 мм; D – діаметр поршня = 100 мм; d – діаметр штоку = 50 мм.

Площа поршня S дорівнює

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} = 7850 \text{ мм}^2 \quad (4.1)$$

Корисне навантаження на штоку обираємо $F_{\text{кор}} = 16 \cdot 10^6$, тертя не враховуємо $F_{\text{тер}} = 0$.

Розрахункова сила на штоку з урахуванням втрат потужності на тертя в циліндрі – це фактичне, зусилля, що розвиває циліндр

$$F_{\text{повн}} = \frac{F_{\text{кор}}}{\eta_{\text{max}}} = \frac{16 \cdot 10^6}{0,95} = 16,84 \text{ МПа} \quad (4.2)$$

де η_{max} – механічний коефіцієнт, що враховує втрати потужності на тертя між поршнем і циліндром.

Знаючи, що навантаження на поршневі гідроциліндру дорівнює:

$$F_{\text{ц}} = p \cdot S = p \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 16 \cdot 7850 = 125600 \text{ Н} \quad (4.3)$$

Знайдемо швидкість поршня V :

$$V = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 31}{3,14 \cdot 100^2} = 3,94 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (4.4)$$

де Q – втрата рідини пройдена через отвір = 31 л/хв.

Уточнюємо параметри циліндра:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 100^2}{4} = 7850 \text{ мм}^2 \quad (4.5)$$

$$Q = V \cdot S = 3,94 \cdot 7850 = 31 \text{ л/хв} \quad (4.6)$$

Ширина поршня :

$$B = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ мм} \quad (4.7)$$

Перевіримо стінки товстостінного циліндра навантаження внутрішнім тиском та виготовлення з крихких матеріалів визначається по [39]:

$$\delta \geq \frac{D}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + P_{max} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma] - P_{max} \cdot (1 + \mu)}} - 1 \right) =$$

$$\frac{100}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[80] + 1,25 \cdot 16 \cdot (1 - 0,58)}{[80] - 1,25 \cdot 16 \cdot (1 + 0,29)}} - 1 \right) = 13,85 \text{ мм} \quad (4.8)$$

де $[\sigma]$ – допустиме напруження на розтягування для сталюого лиття $(8 \dots 10) \cdot 10^7$; P_{max} – умовний тиск рідини, перевищуючий робочий тиск на 25%; μ – коефіцієнт поперечної деформації (коефіцієнт Пуассона) для сталі 0,29. Виходячи з технічних міркувань приймаємо $\delta=15$ мм.

Товщина плоского дна (кришки циліндра):

$$t \geq 0,433 \cdot d_k \cdot \sqrt{\frac{P_{max}}{[\sigma]}} = 0,433 \cdot 120 \cdot \sqrt{\frac{1,25 \cdot 16}{80}} = 24,98 \text{ мм} \quad (4.9)$$

де $d_k = D + 2 \cdot \delta = 100 + 10 \cdot 2 = 120$ мм – діаметр корпусу; приймаємо $t=25$

Довжина ходу поршня $S=10$ мм прийнята конструктивно, довжина циліндра:

$$L = 50 + 2t + S = 50 + 2 \cdot 30 + 10 = 120 \text{ мм} \quad (4.10)$$

Діаметр підходящих отворів:

$$d_n = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V_{\text{сер}}}} = 4,6 \cdot \sqrt{\frac{31}{3,94}} = 14,20 \text{ мм} \quad (4.11)$$

де Q – втрата рідини через прохідний отвір; $V_{\text{сер}}$ – середня швидкість прямивання рідини.

Згідно ГОСТ 8734–75 приймаємо: $d_n = 15 \text{ мм}$.

Перевіримо стінки та кришку гідроциліндра без розрахункового коефіцієнта запасу.

$$\begin{aligned} \delta &\geq \frac{D}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[\sigma] + P_{\text{max}} \cdot (1 - 2\mu)}{[\sigma] - P_{\text{max}} \cdot (1 + \mu)}} - 1 \right) \\ &= \frac{100}{2} \cdot \left(\sqrt{\frac{[80] + 16 \cdot (1 - 0,58)}{[80] - 16 \cdot (1 + 0,29)}} - 1 \right) \\ &= 9,43 \text{ мм} \end{aligned} \quad (4.12)$$

$$t \geq 0,433 \cdot d_k \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{max}}}{[\sigma]}} = 0,433 \cdot 120 \cdot \sqrt{\frac{16}{80}} = 23,23 \text{ мм} \quad (4.13)$$

Уточнюємо товщину дна (кришки циліндра) за перевіреною товщиною стінки $\delta=15 \text{ мм}$:

$$t \geq 0,433 \cdot d_k \cdot \sqrt{\frac{P_{\text{max}}}{[\sigma]}} = 0,433 \cdot 130 \cdot \sqrt{\frac{1,25 \cdot 16}{80}} = 28,145 \text{ мм} \quad (4.14)$$

де $d_k = D + 2 \cdot \delta = 100 + 30 = 130 \text{ мм}$ – діаметр корпусу; приймаємо $t=30$

Отже за отриманими результатами розрахунків на міцність встановлено, що гідроциліндр за конструктивними розмірами виконаний невірно. Не

врахований коефіцієнт запасу міцності стінки та не вірно вибрана товщина кришки, що стало причиною руйнації зварного з'єднання між корпусом та кришкою гідроциліндра.

4.4 Розрахунок на втомне напруження зварного шва при циклічних навантаженнях

Кришка гідроциліндра 3 приварена до корпусу 1 за допомогою стикового зварного шва та під час циклічної роботи руйнація відбувалась саме в цьому місці.

Розрахунок на втому проводиться при дії циклічних навантаженнях, характерні своїм повтором не менше 1000 разів, а в нашому випадку руйнація в проблемних зонах після 30000 разів [40]. Межа міцності елементів конструкції – $\sigma_{r,k}$ залежить від характеристики циклу зміни навантаження, властивостей матеріалу та від форми самого елемента. В цьому випадку зміна величини навантаження, виникає від рухомих частин конструкції, характерні визначеною закономірністю, тобто котра показана на рис 4.14.

При дії навантажень руйнація конструкції може виникнути при навантаженнях, менших границі текучості. При цьому найбільша величина напруження змінного навантаження, викликаюча руйнацію σ_{max} , залежить від кількості циклу навантаження.

Залежність величини руйнуючих навантажень від кількості циклу виражається кривою лінією, називаною «Кривою Веллера» [41], показана на рисунку 4.14 нижче графіку амплітуди циклів.

Ця залежність показує, що при якому значенні руйнація не буде виникати навіть при дуже великій кількості циклу. Це навантаження для певної кількості циклів, називають границею витривалості (або границя втоми). Для металевих зразків база експерименту приймають $N = 10^7$ [41]. Проведемо розрахунок зварних швів за методикою виконання [42]:

Умова міцності зварного шва:

$$\sigma = \frac{F}{L \cdot \delta} \leq [\sigma] \quad (4.15)$$

де F - навантаження на зварний шов; L - довжина зварного шва; δ - товщина зварювальних деталей.

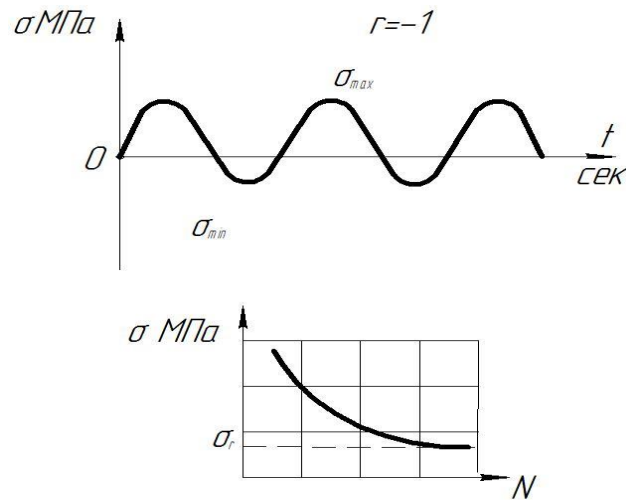


Рисунок 4.14 – Зміна напружень в зварному з'єднанні гідроциліндра

У підрозділі 4.3. було визначено силу гідроциліндра на виході, яка була знайдена за (4.3), за аналогічним методом сила гідроциліндра, яка діє на кришку та зварний шов при ході поршня ввєрх, дорівнює:

$$F = p \cdot S = 16 \cdot 58875 = 942000 \text{ Н} \quad (4.16)$$

де $p = 16 \text{ МПа}$; $S = \frac{\pi}{4} \cdot (d_1^2 - d_2^2) = \frac{3.14}{4} \cdot (100^2 - 50^2) = 58875 \text{ мм}^2$; d_1 – діаметр поршня; d_2 – діаметр штока.

За виразом (4.15) перевіримо умову міцності зварного шва:

$$\sigma = \frac{942000}{120 \cdot 10} = 785 \text{ МПа} \leq 600 \text{ МПа}$$

За ГОСТ 9467-75 умова міцності не виконується, тому відбувалася руйнація відбувалася саме на зварному шві. Перевіримо вище розраховані параметри із рекомендованими конструктивними параметрами стінки та кришки гіроциліндра.

За виразом (4.15) перевіримо умову міцності зварного шва:

$$\sigma = \frac{942000}{130 \cdot 15} = 483 \text{ МПа} \leq 600 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності виконується, що знову є доказом не правельними конструктивними параметрами гідроциліндра.

Якщо середнє напруження σ_m і амплітуда циклу σ_a зростають пропорційно, то запас міцності:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\sigma_a \cdot r_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{350 \cdot 10^6}{(16 \cdot 10^6 \cdot 1,4) + (0,1 \cdot 10 \cdot 10^6)} = 14,957 \text{ МПа} \quad (4.17)$$

де σ_{-1} – межа витривалості матеріалу з урахуванням масштабного фактора; r_a – ефективний коефіцієнт концентрації напружень [43]; ψ_σ – коефіцієнт, що враховує вплив на опір втоми асиметрії циклу; $\psi_\sigma = 0,1 \dots 0,2$ для стикових з'єднань з низьковуглецевих сталей, $\psi_\sigma = 0,2 \dots 0,3$ то ж для середньо- і високовуглецевих сталей.

Якщо при навантаженні з'єднання зростає лише амплітуда змінної напруги, то запас по змінним напруженням (наприклад, в разі резонансних коливанні зварних деталей)

$$n_a = \frac{\sigma_{-1} - \psi_\sigma \cdot \sigma_m}{\sigma_a \cdot r_a} =$$

$$\frac{350 \cdot 10^6 - (0,1 \cdot 10 \cdot 10^6)}{(16 \cdot 10^6 \cdot 1,4)} = 15,580 \text{ МПа} \quad (4.18)$$

Зазвичай $n_\sigma \geq 2$ $n_a \geq 2.5$

У крано- і мостобудуванні розрахунок зварних конструкцій при змінних навантаженнях виконують по допустимому напруженню, які отримують множенням допустимих значень напружень при статичних навантаженнях $[\sigma]_p$ на коефіцієнт γ , який одержується дослідним шляхом, або аналітично:

$$\gamma = \frac{1}{(a \cdot r_\sigma \mp b) - (a \cdot r_\sigma \mp b) \cdot R} = \frac{1}{(0,6 \cdot 1,4 + 0,2) - (0,6 \cdot 1,4 - 0,2) \cdot 0,44} = \frac{1}{0,758} = 1,319 \quad (4.19)$$

де a і b коефіцієнти, що характеризують матеріал, в машинобудуванні для вуглецевої сталі приймають $a = 0,6$; $b=0,2$ [43]; r_σ – ефективний коефіцієнт концентрації напруження; $R = \frac{80}{180} = 0,44$ – коефіцієнт асиметрії циклу.

Верхні знаки в знаменнику дробу виразу 4.15 відповідають розрахунку при розтягуючих σ_{max} , нижні – при стискаючих σ_{min} . Якщо конструкція розраховується на обмежений термін служби: $N_p < N_b$, (де N_p та N_b – відповідно число циклів відпрацювання конструкції за ресурс і базове число циклів, відповідне перебігу числу кривої втоми на рівні межі витривалості), то вираз 4.25 уточнюється:

$$\gamma^* = \gamma \cdot \sqrt{\frac{N_b}{N_p}} = 1,319 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^6}{3 \cdot 10^4}} = 1,319 \cdot 0,644 = 0,85 \quad (4.20)$$

де ,

$$v = \frac{11,2}{r_{\sigma}} = \frac{11,2}{1,4} = 8$$

Для попередньої оцінки можна користуватися нормами для нових конструкцій [43]:

Інтенсивність використання	N_p (Циклів)
Випадкові, періодичні	$6,3 \cdot 10^4$
Постійні неінтенсивні	$2,0 \cdot 10^5$
Постійні інтенсивні	$6,3 \cdot 10^5$
Неперервне дуже інтенсивне	$2,0 \cdot 10^6$

4.5 Аналіз існуючих конструкцій демпфірувальних пристроїв

Як показано в попередньому під розділі, дія циклічних знакозмінних навантажень викликає передчасне руйнування зварних з'єднань гідроциліндра. Одним із способів зменшення впливу зазначених негативних факторів є встановлення в конструкції гідроциліндра демпфірувального пристрою для зменшення максимально діючих навантажень при зворотному ході поршня.

Демпфіруючими пристроями (заспокоювачами) називають пристрої, що створюють моменти або сили, прикладені до рухомих систем приладів, пропорційні швидкості їх руху і спрямовані проти цього руху. Демпфіруючі пристрої використовуються для оптимізації динамічних параметрів приладів і зниження тривалості перехідного процесу [37].

Основна вимога, що висувається до демпферів – це стабільність коефіцієнта демпфірування або ступеня заспокоєння, створюваних демпфером в процесі роботи пристрою. Демпфіруючі пристрої повинні створювати сили щодо рухомої системи приладу, пропорційні тільки швидкості її руху, а не чинити силовий опір, також повинні забезпечувати регулювання величини коефіцієнта демпфірування.

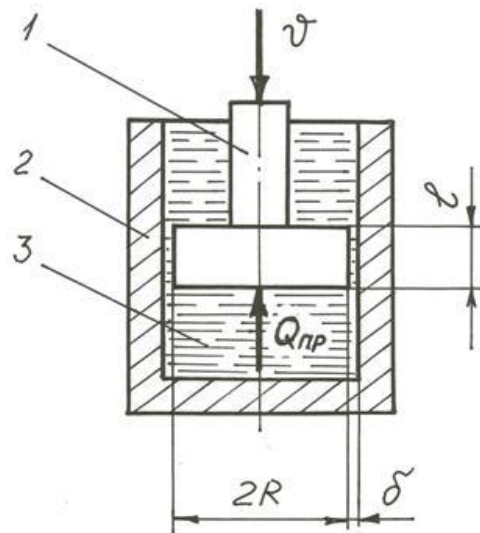
Найбільшого поширення знайшли рідинні і магніто–індукційні демпфери. У свою чергу рідинні демпфери поділяють на: поршневі, поплавкові та лабиринтні.

Демпфер поршневого типу (рис. 4.10) складається з поршня 1 , що з відповідною швидкістю переміщається в циліндрі 2 , внутрішня порожнина якого заповнена рідиною 3 . При русі поршня зі швидкістю V та шириною l він здійснює тиск на рідину, що знаходиться в нижній порожнині циліндра 2 , і виштовхує її через зазор δ між поршнем 1 і циліндром 3 в верхню порожнину циліндра.

При цьому в нижній порожнині циліндра 3 за рахунок руху поршня 1 створюється тиск рідини, який забезпечує її перетікання в верхню порожнину і тим самим дає можливість руху поршня зі швидкістю V .

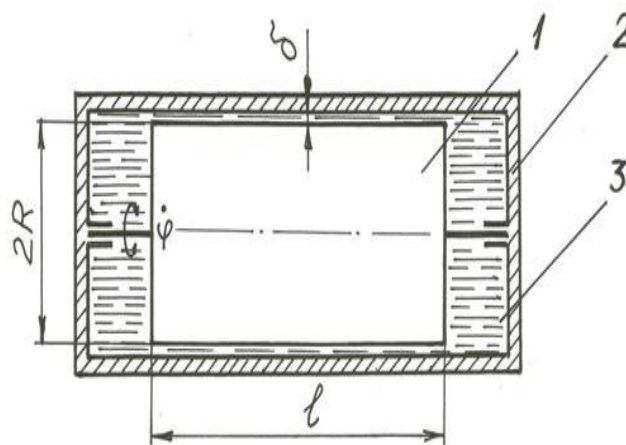
Поплавковий демпфер (рис. 4.11) представляє собою циліндр 2 , внутрішня порожнина якого заповнена рідиною 3 . У циліндричному корпусі 2 переміщається поплавець 1 , пов'язаний з рухомою системою. При переміщенні щодо корпусу рухомої системи зі швидкістю за рахунок тертя рідини об поверхню поплавця виникає демпфіруючий момент.

З метою збільшення коефіцієнта демпфірування при малих кутах повороту рухливої системи (не більше 1) поверхні поплавця і циліндра роблять складної форми, отримуючи при цьому зазор між поплавком і циліндричним корпусом у вигляді лабіринту (рис. 4.12).



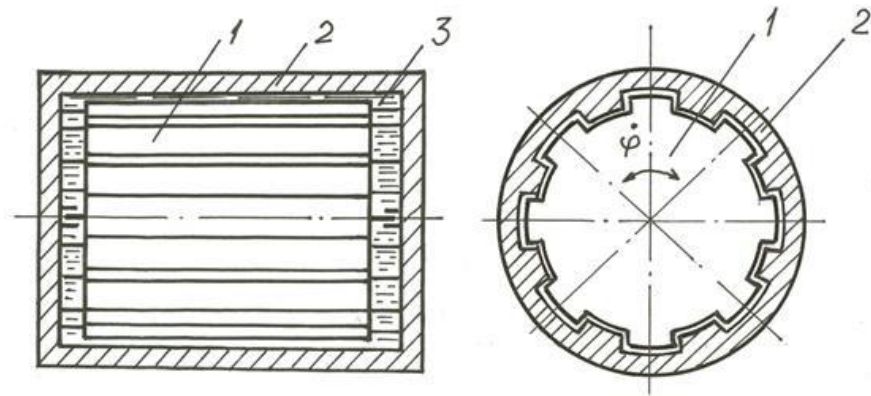
a– конструктивна схема, *б*–умовне позначення на принципових схемах; 1 і 2 поршні зі штоком

Рисунок 4.10 – Принципова схема поршневого гідравлічного демпфера



1 – поплавок; 2 – корпус; 3 – рідина

Рисунок 4.11 – Принципова схема поплавкового гідравлічного демпфера



1 – поплавок; 2 – корпус; 3 – рідина

Рисунок 4.12 – Принципова схема поплавкового гідравлічного демфера з зазором у вигляді лабіринту

4.6 Конструкція та розрахунок основних параметрів демфірувального пристрою

Розроблений демфіруючий пристрій являє собою односторонній гідроциліндр 1, робоча частина якого завжди подається через дросель 2 з гідросистемою. Прохідний хід дроселя 2, посилено пружиною 3 (рис.4.15).

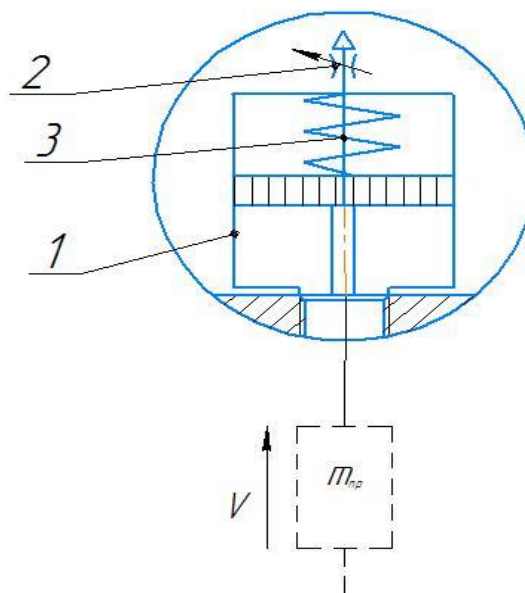


Рисунок 4.15 – Конструкція розробленого демфіруючого пристрою

У цьому приводі за рахунок виконання центрального осьового каналу в кришці 3 в який вмонтовано демпфіруючий пристрій 9 для поглинання енергії у ході циклічної роботи циліндра. Ці показники забезпечуються шляхом можливості монтування такого циліндра на ті ж самі посадочні, та ця конструкція підвищує надійність.

При цьому в нижній частині циліндра за рахунок руху поршня створюється тиск рідини, яка її забезпечує її перетікання у верхню частину, тим самим дає можливість руху поршня із швидкі всю. За методикою розрахунку [] визначимо основні геометричні параметри демпфіруючого пристрою. Тиск рідини створює силу $Q_{пр}$, яка протидіє руху поршня і рівна:

$$Q_{пр} = \Delta p \cdot \pi \cdot R^2 = 16 \cdot 3,14 \cdot 0,5^2 = 11,775 \text{ МПа} \quad (4.21)$$

де Δp – тиск рідини, діючий на поршень; R – радіус поршня

У відповідності з формулою Пуазейля [43], об'єм рідини, перетікаючи через зазор між поршнем та циліндром, пропорційний тиску Δp , викликаючий перетікання рідини, середньому радіусу кільцевого зазору та величині кільцевого зазору та зворотно пропорційний коефіцієнту в'язкості рідини

Враховуючи малий кільцевий зазор δ , можна рахувати, що він приблизно рівний радіусу поршня R . Протидіюча сила з урахування формули 4.19 та вираження для об'єму перетікаючої рідини, рівна:

$$Q_{пр} = C_V \cdot V = 0,988 \cdot 14 = 13,832 \quad (4.22)$$

де C_V – коефіцієнт заспокоєння (демпфіруюча сила), знаходжений за формулою:

$$C_V = \frac{6 \cdot \pi \cdot \eta \cdot l \cdot R^3}{\delta^3} = \frac{6 \cdot 3,14 \cdot 30 \cdot 0,15 \cdot 0,20^3}{0,19^3} = 0,752 \quad (4.23)$$

де η – коефіцієнт в'язкості рідини; R, l, δ – геометричні розміри демпфера.

Отримані значення коефіцієнтів демпфірування повинні бути в діапазоні 0,5...0,9, тоді демпфіруючий пристрій з може забезпечити довговічність перехідного процесу у пристроях та близький до оптимального.

Отже геометричні параметри демпфірувального пристрою вибрані правильно, що надає змогу, встановити його на силовий гідроциліндр та зменшити тиск на стінки корпусу та його кришки. На рис.4.16 зображена конструктивна схема із вмонтованим демпфірувальним пристроєм.

4.7 Висновки до розділу 4

1. Виконано аналіз гідроциліндрів, що використовується у різних технологічних операціях і здійснено вибір конструкції для використання в автоматичній лінії холодного штампування для виготовлення будівельних профілів.

2. Розроблено конструктивну схему гідроциліндру, з позначенням основних вузлів та описом його роботи.

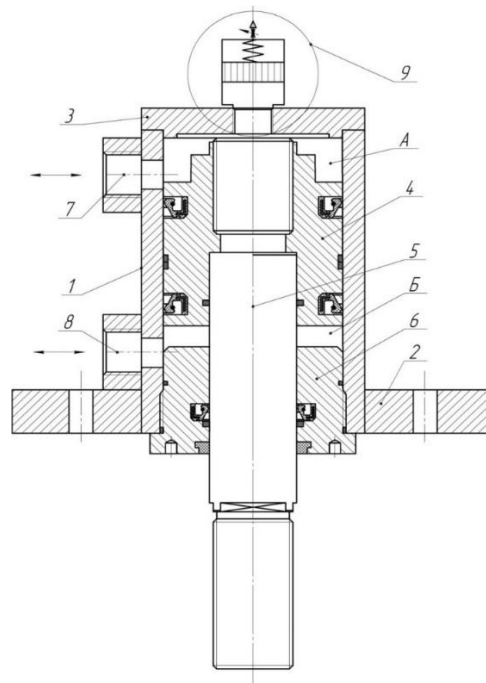


Рисунок 4.16 – Конструктивна схема вмонтованого демпфіруючого пристрою в гідроциліндр.

3. За результатами перевірного розрахунку на міцність стінок та кришки гідроциліндра встановлено, що розрахункова товщина стінки $\delta = 15$ мм (базова $\delta = 10$ мм), а товщина кришки $t = 25$ мм (базова $t = 10$ мм) та виявлено, що при проектуванні базового гідроциліндра знехтувано коефіцієнтом запасу міцності, що є недопустимим.

4. Виконані перевірені розрахунки зварних з'єднань кришки та фланця з корпусом гідроциліндра довели, що розміри існуючих зварних швів необхідно збільшити за рахунок збільшення конструктивних параметрів гідроциліндра, при якому збільшується довжина та відповідно міцність званого шва із збільшеними товщиною стінки та кришки.

5. На основі аналізу відомих конструкцій демпферів здійснено його вибір та розраховано його конструктивні параметри, розроблено конструктивну схему із вмонтованим демпфіруючим пристроєм.

5 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

5.1 Оцінка наукового, технічного та економічного рівня НДДКР

Однозначно визначити техніко-економічний рівень нової розробки за великої кількості технічних та економічних показників доволі важко. Однак бажано визначити узагальнюючу оцінку техніко-економічного рівня НДДКР. Оцінимо перспективність теми цієї магістерської кваліфікаційної роботи за допомогою бального методу оцінок НДДКР. Бальна оцінка полягає в тому, що кожному параметру присвоюється певний бал в залежності від різних факторів. Для узагальнюючої оцінки технічного рівня береться сума балів за всіма показниками.

В сучасних умовах відсутність впровадження інноваційних розробок в машинобудуванні відчувається особливо гостро. Підприємства потребують швидкого впровадження досягнень науково-технічного прогресу машинобудівної галузі, а це звісно вимагає зменшення часу на розробку (проведення НДДКР) і скорочення строку окупності витрат. Зважаючи на це, доцільно орієнтуватися на тривалість проведення НДДКР не більше 2 років, причому технічні показники результатів плануються на рівні кращих світових зразків; передбачаються часткові можливості отримання авторських свідоцтв; строк окупності витрат 3...4 роки і менше. В табл. 5.1 наведено критерії та бальна оцінка для визначення наукового та технічного рівня науково-дослідної роботи.

Таблиця 5.1 – Критерії та бальна оцінка для визначення наукового, технічного та економічного рівня науково-дослідної роботи.

Критерії оцінки	Шкала критеріїв	Індекс оцінки
Час, необхідний для проведення НДР	2 роки і менше	+2
	3 роки	+1
	4 роки	0
	5-6 років	-1
	7 років і більше	-2

продовження таблиці 5.1

Технічні показники результатів розробки	Вище рівня кращих світових зразків	+2
	На рівні кращих світових зразків	0
	Нижче рівня кращих світових зразків	-2
Можливості отримання авторських свідоцтв на винахід	Впевненість в отриманні авторських свідоцтв	+2
	Часткові можливості	0
	Можливості немає	-1
Строк окупності витрат	2 роки і менше	+3
	3-4 роки	+2
	5 років	0
	6-7 років	-1
	8 років і більше	-2

В таблиці 5.2 наведено можливі результати оцінки теми НДДКР.

Таблиця 5.2 – Можливі результати оцінки теми НДДКР

Сума індексів	Оцінка теми
Позитивна(+)	Розробка є досить перспективною
Задовільна(0)	Розробка перспективна
Негативна(-)	Розробка не перспективна

Проаналізувавши дані таблиць 5.1 та 5.2, та підрахувавши загальну суму балів $+2 + 0 + 0 + 3 = 5$, робимо висновок, що розробка є досить перспективною.

5.1.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки

Метою проведення технологічного аудиту є оцінювання комерційного потенціалу розробки (результатів НДДКР), створеної в результаті науково-технічної діяльності. В результаті оцінювання робиться висновок щодо напрямів (особливостей) організації подальшого її впровадження з врахуванням встановленого рейтингу.

Рекомендується здійснювати оцінювання комерційного потенціалу розробки за 12-ма критеріями, наведеними в табл. 5.3. [44]

Таблиця 5.3 - Рекомендовані критерії оцінювання комерційного потенціалу розробки та їх можлива бальна оцінка

Бали (за 5-ти бальною шкалою)					
Кри-терій	0	1	2	3	4
Технічна здійсненність концепції:					
1	Достовірність концепції не підтверджена	Концепція підтверджена експертними висновками	Концепція підтверджена розрахунками	Концепція перевірена на практиці	Перевірено роботоздатність продукту в реальних умовах
Ринкові переваги (недоліки):					
2	Багато аналогів на малому ринку	Мало аналогів на малому ринку	Кілька аналогів на великому ринку	Один аналог на великому ринку	Продукт не має аналогів на великому ринку
3	Ціна продукту значно вища за ціни аналогів	Ціна продукту дещо вища за ціни аналогів	Ціна продукту приблизно дорівнює цінам аналогів	Ціна продукту дещо нижче за ціни аналогів	Ціна продукту значно нижче за ціни аналогів
4	Технічні та споживчі властивості продукту значно гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи гірші, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту на рівні аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту трохи кращі, ніж в аналогів	Технічні та споживчі властивості продукту значно кращі, ніж в аналогів

продовження таблиці 5.3

5	Експлуатаційні витрати значно вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати дещо вищі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати на рівні експлуатаційних витрат аналогів	Експлуатаційні витрати трохи нижчі, ніж в аналогів	Експлуатаційні витрати значно нижчі, ніж в аналогів
Ринкові перспективи					
6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві

продовження таблиці 5.3

11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Результати оцінювання комерційного потенціалу нової розробки зведемо до табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Експерт		
	1	2	3
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	1
2	2	3	4
3	2	2	3
4	2	1	2
5	2	2	2
6	2	1	2
7	2	2	3
8	2	3	2

продовження таблиці 5.4

9	2	2	2
10	2	1	1
11	2	2	1
12	2	3	2
Сума балів	24	24	24
Середньоарифметична сума балів СБ	24		

За даними табл. 5.4 зробимо висновок щодо рівня комерційного потенціалу розробки. При цьому доцільно користуватися рекомендаціями, наведеними в табл. 5.5. [44]

Таблиця 5.5 – Рівні комерційного потенціалу розробки

Середньоарифметична сума балів СБ , розрахована на основі	Рівень комерційного потенціалу розробки
0 - 10	Низький
11 - 20	Нижче середнього
21 - 30	Середній
31 - 40	Вище середнього
41 - 48	Високий

Згідно проведених досліджень рівень комерційного потенціалу розробки становить 24 бали, що, згідно табл. 5.5, свідчить про комерційну важливість проведення зазначених досліджень (рівень комерційного потенціалу розробки середній).

5.1.2 Прогнозування витрат на виконання НДДКР

Для обґрунтування доцільності проведення досліджень потрібно провести попередній розрахунок витрат на проведення науково-дослідної роботи. Для визначення суми витрат на проведення НДДКР передбачено складання приблизного кошторису цих витрат [44].

Таблиця 5.6 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	22680	1080	105	113400
2. Ст. науковий співробітник	12600	600	105	63000
3. Інженер-конструктор 1 кат.	7245	345	63	49470
4. Технік	6720	210,00	42	21735
5. Допоміжні працівники	6700	319, 05	21	6700
Разом наближено				254605

Додаткова заробітна плата розробників складе приблизно 25000 грн.

Нарахування на заробітну плату розробників складуть приблизно 279605 грн.

Таблиця 5.7 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський	уп.	150	1	150
Флешки	шт.	115	2	230
Канцелярські товари	компл.	170	2	340
Тонер для принтера	шт	2359	1	2359
Формовочна маса	кг	400	9	3600
Пластична маса	кг	600	24	14400
Всього				21079

Таблиця 5.8 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за один., грн.	Сума, грн.
Прес-форма 1	1	4500	4500
Прес-форма 2	1	4800	4800
Прес-форма 3	1	6100	6100
Монтажні комплекти	3	350	1050
Всього			16450

Амортизація обладнання

Таблиця 5.9 – Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Обчислювальний комплекс	24000,00	3	5	3333,34
Метрологічне обладнання	25300,00	6	5	1756,94
Лабораторно-дослідницька установка (МРВ-90)	12850,00	10	5	535,42
Комплект інтерфейсів	14500,00	3	5	2013,89
Програмне забезпечення	7500,00	3	5	1041,67
Дослідницька лабораторія	400000,00	20	5	8333,33
Всього				15973

Таблиця 5.10 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Обчислювальний комплекс	848	0,86	1	1925,3
Метрологічне обладнання	400	1,72	1	760,32
Лабораторно-дослідницька установка (МРВ-90)	50	5,2	1	686,4
Всього наближено				3372

Інші витрати складуть в межах 113000 грн.

Загальні витрати на проведення досліджень:

$$B = 254605 + 21079 + 16450 + 15973 + 3372 + 250000 = 424443 \text{ грн.}$$

5.1.3 Доцільність науково-дослідної роботи

Для обґрунтування доцільності виконання науково-дослідної роботи використовується спеціальний комплексний показник, що враховує важливість, результативність роботи, можливість впровадження її результатів у виробництво, величину витрат на роботу.

Комплексний показник K_p рівня НДР розраховується за формулою [45]:

$$K_p = \frac{I^n \cdot T_c \cdot R}{B \cdot t} \quad (5.1)$$

де I – коефіцієнт важливості роботи, $I = 2 \dots 5$; n – коефіцієнт використання результатів роботи; $n=0$, коли результати роботи не будуть використовуватись; $n = 1$, коли результати роботи будуть використовуватись

частково; $n = 2$, коли результати роботи будуть використовуватись в дослідно-конструкторських розробках; $n=3$, коли результати можуть використовуватись навіть без проведення дослідно-конструкторських розробок; T_c - коефіцієнт складності роботи, $T_c = 3$; R – коефіцієнт результативності роботи; якщо результати роботи плануються вище відомих, то $R = 4$; якщо результати роботи відповідають відомому рівню, то $R = 3$; якщо нижче відомих результатів, то $R = 1$; B – вартість НДР, (тис. грн.); t – тривалість дослідження роботи, років.

Підставляючи числові дані в (5.1) отримаємо

$$K_p = \frac{4^2 \cdot 3 \cdot 4}{424,4 \cdot \frac{5}{12}} = 1,1.$$

Оскільки $K_p > 1$, тому науково-дослідну роботу можна вважати економічно доцільною з достатньо високим науковим, технічним та економічним рівнем.

5.2 Розрахунок кошторису капітальних витрат на розробку нового технічного рішення

В техніко-економічному обґрунтуванні представленому в першому розділі даної магістерської кваліфікаційної роботи було приблизно обґрунтовано доцільність проведення НДР. Тому в даному розділі будуть проведені більш детальні розрахунки витрат на проведення НДР з дослідження параметрів поверхонь шнека.

Для економічного розрахунку проведення НДР потрібно скласти кошторис витрат, який передбачає розрахунок визначених основних статей витрат. Основна заробітна плата дослідників та розробників, яка розраховується за формулою [44]:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \quad (5.2)$$

де M – місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.;

T_p – число робочих днів в місяці, 22 дні;

t – число днів роботи розробника (дослідника).

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 5.11.

Таблиця 5.11 – Основна заробітна плата дослідників та розробників

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн.
1. Керівник проекту	22680	1080	105	113400
2. Ст. науковий співробітник	12600	600	105	63000
3. Інженер-конструктор 1 кат.	7245	345	63	49470
4. Технік	6720	210,00	42	21735
Разом наближено				244600

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p), що здійснюють встановлення обладнання необхідного для досліджень, складання та попереднє налагодження, розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання даної роботи, за формулою [44]:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \quad (5.3)$$

де t_i – норма часу (трудомісткість) на виконання конкретної роботи, годин; n – число робіт по видах та розрядах; K_c – коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками, $K_c = 1,37$; C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну роботу, грн./год. C_i визначається за формулою [44]:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \quad (5.4)$$

де, M_m – мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_m = 6700$ грн.; K_i – тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду; T_p – число робочих днів в місяці, $T_p = 22$ дні; T_{zm} – тривалість зміни, $T_{zm} = 8$ годин. Проведені розрахунки заносимо до таблиці 5.12.

Таблиця 5.12 – Витрати на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, нормо-годин	Розряд роботи	Тарифний коефіцієнт	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
1. Монтаж дослідної установки	48	4	1,27	48,34	2320,32
2. Монтаж дослідних компонентів (сумарний обсяг)	82	4	1,27	48,34	3963,88
3. Монтаж пристроїв	36	5	1,35	51,39	1850,04
4. Механічна обробка окремих складових частин	54	5	1,35	51,39	2775,06
Разом наближено					10909

Додаткова заробітна плата розробників, дослідників та робітників, які приймали участь в розробці НДР розраховується як 10 % від основної заробітної плати розробників та робітників:

$$\begin{aligned} Z_d &= Z_o \cdot 10 / 100\% = \\ &= (244600 + 10909) \cdot 10 / 100 \% = 35369 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (5.5)$$

Нарахування на заробітну плату дослідників та робітників.

Згідно діючого законодавства нарахування на заробітну плату складають 22% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$\begin{aligned} H_3 &= (Z_o + Z_d) \cdot 22 / 100\% = \\ &= (244600 + 10909 + 35369) \cdot 22 / 100\% = 63993 \text{ (грн.)} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Перелік основних матеріалів на даному етапі проведення НДР практично незначний в зв'язку зі суттєвою частиною моделювання роботи і досліджень за допомогою комп'ютерної техніки.

Витрати на матеріали, що були використані при проведенні досліджень, розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою [44]:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \quad (5.7)$$

де, - H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг; C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн./кг.; K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1$; n - кількість видів матеріалів

Таблиця 5.13 – Витрати на основні матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Одиниця виміру	Ціна за одиницю, грн.	Витрачено	Вартість витраченого матеріалу, грн.
Папір канцелярський	уп.	150	1	150
Флешки	шт.	115	2	230
Канцелярські товари	компл.	170	2	340
Тонер для принтера	шт	2359	1	2359
Формовочна маса	кг	400	9	3600
Пластична маса	кг	600	24	14400
Всього				21079

З врахуванням транспортних витрат вартість матеріалів складе

$$M = 21079 \cdot 1,1 = 23187 \text{ грн.}$$

Витрати на комплектуючі та пристрої, що були використані на проведення досліджень розраховуються за формулою [46]:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (5.8)$$

де H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.; C_i – закупівельна ціна комплектуючих i -го виду, грн.; K_i – коефіцієнт транспортних витрат (1,1); n – кількість видів комплектуючих.

Результати розрахунків витрат на комплектуючі заносимо у таблицю .

Таблиця 5.14 - Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за один., грн.	Сума, грн.
Прес-форма 1	1	4500	4500
Прес-форма 2	1	4800	4800
Прес-форма 3	1	6100	6100
Монтажні комплекти	3	350	1050
Всього			16450

З врахуванням транспортних витрат вартість комплектуючих складе:

$$K = 16450 \cdot 1,1 = 18095 \text{ грн.}$$

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання, приміщень та програмному забезпеченню можуть бути розраховані з використанням прямолінійного методу амортизації за формулою [46]:

$$A_{обл} = \frac{Ц_б}{T_в} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (5.9)$$

де $Ц_б$ – балансова вартість обладнання, приміщень тощо, які використовувались для розробки нового технічного рішення, грн.; $t_{вик}$ – термін використання обладнання, приміщень під час розробки, місяців; $T_в$ – строк корисного використання обладнання, приміщень тощо, років.

Таблиця 5.15 - Величина амортизаційних відрахувань

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн
Обчислювальний комплекс	24000,00	3	5	3333,34
Метрологічне обладнання	25300,00	6	5	1756,94
Лабораторно-дослідницька установка (МРВ-90)	12850,00	10	5	535,42
Комплект інтерфейсів	14500,00	3	5	2013,89
Програмне забезпечення	7500,00	3	5	1041,67
Дослідницька лабораторія	400000,00	20	5	8333,33
Всього				15347,92

Витрати на силову електроенергію на проведення досліджень розраховують за формулою [44]:

$$V_e = V \cdot P \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (5.10)$$

де, V – вартість 1 кВт·год електроенергії, $V = 7,5$ грн./кВт; P – встановлена потужність обладнання, кВт.; Φ – фактична кількість годин роботи обладнання, годин. ; K_{Π} – коефіцієнт використання потужності.

Всі проведені розрахунки зведемо до таблиці 5.16

Таблиця 5.16 – Витрати на електроенергію при проведенні досліджень

Найменування обладнання	Кількість годин роботи обладнання, год.	Встановлена потужність, кВт	Коефіцієнт використання потужності	Величина оплати
Обчислювальний комплекс	848	0,86	1	1648,17
Метрологічне обладнання	400	1,72	1	1554,88
Лабораторно-дослідницька установка (МРВ-90)	50	5,2	1	587,60
Всього наближено				3791

Інші витрати охоплюють: загальновиробничі витрати, адміністративні витрати, витрати на відрядження, матеріали, окремі непередбачені комплектуючі тощо.

Інші витрати доцільно приймати як 200...300% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників.

Величина інших витрат складе:

$$I = (244600 + 10909) \cdot 200 / 100 = 489200 \text{ (грн.)}$$

Загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи.

Сума всіх попередніх статей витрат дає загальні витрати на проведення науково-дослідної роботи:

$$B = 244600 + 10909 + 35369 + 63993 + 23187 + 18095 \\ + 15348 + 3791 + 489200 = 904492 \text{ (грн.)}$$

Визначення коефіцієнта наукової значимості отриманих результатів НДР
Коефіцієнт наукової значимості результатів проведеної НДР $K_{ЗН}$ можна підрахувати за формулою [45]:

$$K_{ЗН} = \frac{\sum_1^3 b_i \cdot d_i}{\sum_1^3 b_{\max} \cdot d_i}, \quad (5.11)$$

де b_i – значимість отриманих результатів: b_1 – ступінь наукової новизни, b_2 – рівень теоретичної обґрунтованості, b_3 – ступінь експериментальної перевірки результатів. Бальна оцінка отриманих результатів наведена в табл. 5.17. Максимальне значення отриманих результатів можна прийняти в межах 7...10 балів; d_i – питома вага кожної характеристики, значення якої наведено в табл. 5.17; 3 – кількість характеристик, за якими була зроблена оцінка результатів науково-дослідної роботи.

5.17 Таблиця – Показники для оцінювання наукової значимості результатів виконання НДР

Характеристики	Питома вага характеристик	Бальна оцінка характеристик		
		Ступінь новизни	Рівень теоретичної обґрунтованості	Ступінь експериментальної перевірки результатів
		1	3...5	7...10
b_1	0,500	Часткове удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Суттєве удосконалення виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо	Нові напрямки в розробці виробів, технологій, матеріалів, програмного продукту, тощо. Створення принципово нової техніки
b_2	0,333	Позитивне рішення на основі зроблених узагальнень	Установлення залежностей, які використовувались в інших випадках	Відкриття нових шляхів рішення задачі
b_3	0,167	Експериментальна перевірка не робилась	Результати перевірялись на невеликій кількості даних	Результати перевірені на великій кількості даних

Підставляючи числові дані $d_1 = 0,5$, $d_2 = 0,33$, $d_3 = 0,167$, $b_{max} = 10$ у вираз (5.11) оцінимо наукову значимість отриманих результатів:

$$K_{3H} = \frac{2 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,333 + 9 \cdot 0,167}{3 \cdot 0,5 + 7 \cdot 0,333 + 10 \cdot 0,167} = 0,82.$$

5.3 Внесок магістранта-дослідника в досягнення отриманих результатів НДР

Внесок дослідника в досягнення отриманих результатів НДР можна розрахувати за формулою [45]:

$$V = \frac{k_{ТВІ} \cdot Z_i}{\sum_1^n k_{ТВІ} \cdot Z_i}, \quad (5.12)$$

де $k_{ТВІ}$ – коефіцієнт творчої участі кожного виконавця НДР, який оцінюється наступним чином: проведення досліджень – 3 бали, робоче проектування – 1,5 бали, освоєння – 1,0 балів.

Якщо виконавець приймав участь в декількох видах робіт, то береться сума відповідних балів;

Z_i – заробітна плата кожного виконавця НДР;

n – кількість всіх виконавців НДР,

Розраховуємо внесок дослідника:

$$V = \frac{3 \cdot 8820.00}{3 \cdot 31318.00 + 1,5 \cdot 13709.00 + 3 \cdot 39750.00} = 0,03$$

що загалом складає 3%

5.4 Висновки до розділу 5

Було встановлено рівень наукового ефекту проведеної науково-дослідної роботи з підвищення продуктивності штампування отворів у металевому профілю, який є середнім, що свідчить про актуальність наукової розробки в теперішній час. Результати проведеного технологічного аудиту свідчать, що розробка має вище середнього рівень комерційного потенціалу. При порівнянні нової розробки з аналогом виявлено, що вона є якіснішою і

конкурентоспроможнішою відносно аналога, який було обрано для порівняння.

Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи по кожній з статей витрат складе 904492грн. Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 2,5, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4...5 років, за річного економічного ефекту в розмірі 104870 грн./рік на одному робочому місці автоматичної лінії,

6 ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

В даному розділі розглядаються умови роботи на дільниці, де експлуатується машина. Енергетичні витрати робітника – 100 ккал/год.

Освітлення на дільниці природне бокове та штучне комбіноване.

Будівля є залізобетонною конструкцією та має один поверх. Освітлення на дільниці природне бокове та штучне комбіноване.

Обладнання живиться напругою 380В від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю.

На дільниці використовується природна вентиляція та механічна приточно-витяжна система.

6.1 Аналіз умов праці

Дільниця розташована безпосередньо в цеху.

Обладнання живиться напругою 380В від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю.

На робітників можуть діяти небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- високий рівень шуму на робочому місці;
- підвищена напруга в електричній мережі;
- підвищена концентрація пилу;
- виліт матеріалу з зони обробки.

6.2 Організаційно-технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

6.2.1 Повітря робочої зони

В повітрі робочої зони в результаті технологічних процесів та роботи обладнання виділяються шкідливі речовини.

Таблиця 6.1 – Питома кількість шкідливих речовин, що виділяються в зоні обробки m_s

Технологічний процес	Шкідлива речовина	m_s , мг/м ³
Обробка різанням	Пари мастил	15
	Окис заліза FeO	8,0
	Двоокис SiCb	16

Таблиця 6.2 – Гранично-допустимі концентрації шкідливих речовин за ГОСТ 12.1.005–88

Речовина	Агрегатний стан	Клас безпеки	Величина ГДК, мг/м ³	Дія на організм
Пари мастил	Аерозоль	II	6,0	ф
Окис заліза FeO (пил)	Аерозоль	III	6,0	ф
Двоокис SiCb	Аерозоль	III	1,0	ф

Ф-аерозоль фіброгенної дії.

Як видно з таблиці 6.2, величина виділення шкідливих речовин перевищує допустиму, тому потрібно вживати слідуючі заходи: застосування приточно-витяжної вентиляційної системи; застосування природної вентиляції.

Показники мікроклімату в виробничих приміщеннях нормуються для теплого та холодного періодів року згідно категорії робіт. Роботи, як виконуються на ділянці відносяться до категорії Пб.

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь деталі та верстата не повинна перевищувати 100 Вт/м² при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

На дільниці температура з вологість 50–70%. Швидкість руху повітря в межах 0,2–0,4 м/с. Теплове опромінення в межах 20–40 Вт/м² при опроміненні не більше 15% поверхні тіла

Таблиця 6.3 – Оптимальні та допустимі норми температури, відносна вологість та швидкість руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення.

Період року	Категорія	Температура			Відносна вологість		Швидкість руху повітря	
		Опт.	Допуст.		Опт.	Допуст.	Опт.	Допуст.
			Верх	Низ				
Холод	ІІб	17-19	21	15	40-60	75	0,3	0,4
Тепло	ІІб	20-22	27	16	40-60	70	0,4	0,5

Отже, всі показники мікроклімату знаходяться в оптимально–допустимих межах.

6.2.2 Освітлення

Освітлення робочої зони дільниці має наступні параметри:

- Штучне освітлення: освітленість 150 лк;
- Природне освітлення: освітленість 300 лк.

Таблиця 6.4 – Нормування освітленості

Характер зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Контраст об'єкту розрізнення	Характер фону	Штучне, лм	Природне, %
						Комб.	Комб.
Високочн.	Більше 0,15 до 0,3	2	в	Середнє	Середнє	750	2,5

Стосовно природного освітлення:

- бічне освітлення;

- географічна широта 48°;
- орієнтація вікон – на захід.

Так як маємо одностороннє бічне освітлення, то міні значення КНО нормується в точці, розміщеній на відстані 1м від стіни, найбільш віддаленої від світлових прийомів, на перетині вертикальної площини характерного перерізу приміщення та умовної робочої поверхні (пола).

Таблиця 6.5 – Коефіцієнт світлового клімату та сонячності

Пояс світлового клімату	Коефіцієнт світлового клімату, m	Коефіцієнт сонячності клімату, C
		При світлових прийомах, орієнтовних в боки горизонту (азимут, град)
		226–315
Пб 50° пш та південніше	0,9	0,75

Нормоване значення КЕО, e_n для будівлі, що знаходиться в IV поясі світового клімату, знаходимо по формулі: $e_n^{IV} = e_n^{III} \times m \times c$, (4.1) де, $e_n^{III} = 2,5$ для природнього освітлення; $e_n^{III} = 4,5$ для суміщеного освітлення; $m = 0,9$; $c = 0,75$.

$$e_n^{IV} = 2,5 \times 0,9 \times 0,75 = 1,6875 = 1,7\%$$

$$e_n^{IV} = 4,5 \times 0,9 \times 0,75 = 3,075 = 3,0\%$$

$$e_n^{IV} = 0,5 - 0,9 - 0,75 = 0,3375 = 0,4\%$$

Отже, освітленість робочої зони ділянки відповідає нормам.

6.2.3. Шум

Основним джерелом шуму на ділянці є:

- приводи пристроїв;
- процес обробки.

Таблиця 6.6 – Допустимі рівні звукового тиску

Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньо геометричними частотами, Гц									Рівні звуку і еквівалентні рівнів звуку, дБ(А)
31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	80
107	95	87	82	78	75	73	71	69	

6.2.4 Вібрація

На ділянці діє вібрація.

Напрямок дії: X_L, Y_L, Z_L .

Нормовані значення згідно ГОСТ 12.1.012–90 наведені в таблиці 6.7 для локальної вібрації X_L, Y_L, Z_L – напрямках.

Таблиця 6.7 – Санітарні норми спектральних показників вібраційного навантаження на оператора

Середньо геометрична частота октавних смуг, Гц	Нормативні значення			
	віброприскорення		віброшвидкість	
	M/c^2	дБ	$M/c \times 10^{-2}$	дБ
8	1,4	123	2,8	115
16	1,4	123	1,4	109
31,5	2,7	129	1,4	109
63	5,4	136	1,4	109
125	10,7	141	1,4	109
250	21,3	147	1,4	109
500	42,5	153	1,4	109
1000	85	150	1,4	109

Рівні вібрації на ділянці не відповідає нормі, тому слід спеціальні заходи зокрема віброізолятор.

6.2.5 Статична електрика

По ступеню електростатичної іскробезпеки об'єкти підрозділяються на три класи: 31, 32, 33.

Приміщення відносяться до класу 33 – об'єкти, в яких виникають статичні електричні розряди, здібні запалити об'єкт міні енергію запалення більше 10 Дж. Електрична іскробезпека об'єкта досягається при виконанні співвідношення:

$$W \leq k \times W_{min} ,$$

де W – та енергія розрядів, що можуть виникнути на поверхні об'єкта, Дж; $W = 1,5$ Дж; k – коефіцієнт безпеки, $k = 1,4$; W_{min} – міні енергія запалення речовини та матеріалів; $W_{min} = 20$ Дж. $1,5 \leq 1,4 \times 2 = 2,8$.

6.3 Організаційно-технічні рішення щодо забезпечення безпечної роботи

Розглянемо заходи, що необхідно провести для захисту на ділянці від небезпечних та шкідливих факторів.

Розглянемо питання електробезпеки та захисту робочих від ураження електричним струмом. Для цього визначимо клас приміщення по ступеню безпеки ураження електричним струмом. Згідно ПУЕ, дана ділянка відноситься до особливо небезпечних приміщень, що характеризуються наявністю наступних умов, що чинять особливу небезпеку:

- а) Струмopрoвідні поли (залізобетонні);
- б) Струмopрoвідний пил;

в) Можливість одночасного дотику людини до маючих з'єднання з землею механізмів з одного боку та металевим корпусом електрообладнання з іншого;

г) Можливість опадання одягу та верхніх кінцівок в зону обробки.

Обладнання живиться від трифазної чотирипровідної мережі з заземленою нейтраллю напругою 380 В. В електроустановках змінного струму в мережах з заземленою нейтраллю повинно бути застосоване занулення та повторне заземлення нульового провідника.

6.4 Пожежна безпека

В повітря робочої зони виділяється значна кількість тепла від працюючого обладнання. Тому згідно з ОНТП-24-86 критерія приміщення по вибухонебезпечності Г.

Визначимо ступінь вогнестійкості будівлі за СНиП 2.09.02-85

Таблиця 6.8 – Ступінь вогнестійкості будівлі

Категорія будівлі	Допустима кількість поверхів	Ступень вогнестійкості	Площа в межах пожежного відсіку одноповерховий
Г	1	ШБ	20000

Таблиця 6.9 – Межі вогнестійкості

Ступінь вогнестійкості	Стіни				Колони	Сходи	Плити, інші нес констр.
	Несучі	Самоне сучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі			
II	2/0	1/0	(0,25..0,5) / (0..40)	25/0,40	2/0	1/0	0,75/0

В дужках наведені границі розповсюдження вогню по вертикальним та похилим ділянкам конструкції.

Нормоване значення площі поверху 20000 м^2 , що значно мельше площі ділянки $S_d = 140 \text{ м}^2$.

Таблиця 6.10 – Відстань до еваковиходу

Об'єм приміщення, тис.м ²	Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Відстані, м, при щільності людського потоку
			До 1
Незалежно від об'єму	Г	ІПБ	160

Визначаємо ширину евакуаційного виходу.

Таблиця 6.11 – Ширина евакуаційного виходу

Категорія приміщення	Ступінь вогнестійкості будівлі	Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу, чол.
Г	ІПБ	180

Так як на ділянці працюють 2 чоловіка, а ширина евакуаційного виходу 3м, то це відповідає нормам СНиП 2.09.02-85.

Засоби попередження пожеж та пожежегасіння

Для запобігання пожеж проводять слідуючі заходи:

- 1) Легкозаймісті матеріали зберігають в окремій кімнаті;
- 2) Захист несучих конструкцій та стін спеціальними покриттями;

- 3) Проведення інструктажу;
- 4) Установка пожежної сигналізації.

В якості засобів пожежегасіння використовується вуглекислотні вогнегасники, що призначені саме для гасіння пожеж на установках з напругою до 1000В. Тому використовуються вогнегасники ОУ-8, що закріплюються на стіні.

6.5. Вимоги та умови безпечної експлуатації штампувального обладнання

Основним чинником безпечної експлуатації штампувального обладнання є відсутність поширення вібрації на оператора що працює на робочому місці.

Тому розрахуємо віброізоляцію робочого місця з використанням металевих пружин для забезпечення допустимих параметрів вібрації. Вихідні данні: амплітуда до робочого місця (X_m)– 1,8 мм; віброшвидкість робочого місця (V_m) – 0,038 м/с; тривалість виконання роботи (t) – 480 хв; маса робочого місця (Q)– 1850 кг; кількість віброізоляторів p_{vi} – 4 шт.

Рішення:

Знаходимо частоту вимушених коливань робочого місця:

$$f = \frac{V_m}{2\pi \cdot X_m} = \frac{0.038 \times 10^3}{2 \times 3.14 \cdot 1.8} = 8.3 \text{ Гц} \quad (5.1)$$

Знайдемо діюче віброприскорення:

$$a_m = 4\pi \times f^2 \times X_m = 4 \times 3.14 \times 8.3^2 \times 1.8 \times 10^{-3} = 5.01 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \quad (5.2)$$

Визначаємо середньо геометричну частоту октавних полос f_{c2} , до якої входить частота вимушених коливань f робочого місця. Вирішуємо рівняння:

$$f_{c2} = \sqrt{f_b + f_m}; \quad \frac{f_b}{f_m} = 2 \quad (5.3)$$

Задаючись частотами f_{c2} близьким до f :

$$f_{c2}=8 \text{ Гц}; \quad f_b = f_{c2} \times \sqrt{2} = 8 \times \sqrt{2} = 11.2 \quad (5.4)$$

$$f_m = \frac{f_{c2}}{\sqrt{2}} = \frac{8}{\sqrt{2}} = 5.8 \text{ Гц} \quad (5.5)$$

Так як $f_m < f < f_b$, то частота вимушених коливань входить в октаву з тривалості впливу вібрації 8 год.(480 хв)– a_{480} .

При нормуванні враховується спосіб передачі на людину, направлення дії. Так як оператор працює в зміну на протязі часу не менше 480 хв, то норма вібраційного навантаження визначається за формулою:

$$a_0 = a_1 = a_{480} \times \sqrt{480/t} = 0.45 \times \sqrt{480/480} = 0.45 \quad (5.6)$$

Визначимо коефіцієнт передачі КП для розрахунку віброізоляції:

$$\text{КП} = a_1/a_m = 0.45/5.01 = 0.09 \quad (5.7)$$

Визначимо частоту власних коливань робочого місця оператора:

$$f_0 = \frac{f}{\sqrt{\frac{1}{\text{КП}} + 1}} = \frac{8,3}{\sqrt{\frac{1}{0,09} + 1}} = 2,39 \text{ Гц} \quad (5.8)$$

Визначимо статичне деформування пружини віброізоляторів:

$$X_{cm} = \left(\frac{0.5}{f_0}\right)^2 = \left(\frac{0.5}{2.39}\right)^2 = 0.044 \text{ м} \quad (5.9)$$

Визначимо необхідну сумарну жорсткість пружини віброізоляторів:

$$q_c = \frac{Q_t}{X_{cm}} = \frac{7850}{0.044} = 178410 \frac{\text{Н}}{\text{м}} \quad (5.10)$$

де $Q_t = Q + F = 1850 + 6000 = 7850$ кг, F – сила створена конвеєром.

Визначимо розрахункове навантаження на одну пружину:

$$P_2 = \frac{Q_t}{n_{bi}} = \frac{78500}{4} = 19625 \text{ Н} \quad (5.11)$$

Визначимо зусилля пружини при максимальній деформації. Навантаження пружини – циклічне, інерційне співбиття витків відсутнє. Приймаємо пружину II класу, 3 розряду.

$$P = \frac{P_2}{1 - \delta} \quad (5.12)$$

Де δ – коефіцієнт, $\delta = 0,2$. Тоді: $P_3 = \frac{19625}{1-0.2} = \frac{19625}{0.8} = 24530 \text{ Н}$

Визначимо критичну швидкість пружини:

$$V = \frac{[\tau] \times \delta}{\sqrt{2 \times G \times \rho}} \quad (5.13)$$

де $[\tau]$ – допустима крутна напружка, $[\tau] = 9,6 \times 10^8 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; G – модуль зсуву, для сталі $G = 8 \times 10^{10} \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}$; ρ – густина матеріалу, $\rho = 8 \times 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$.

$$V = \frac{9,6 \times 10^8 \times 0,2}{\sqrt{2 \times 8 \times 10^{10} \times 8 \times 10^3}} = 6,67 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (5.14)$$

Найбільша швидкість переміщення кінцівки пружини при розвантаженні і розвантаженні по вимогам не перевищує 0,1 м/с, отже $V_0/V_{np} < 1$. Розраховуємо діаметр дроту для виготовлення пружини:

$$d = 1.6 \times \sqrt{\frac{K \times P_3 \times c}{\tau}} \quad (5.15)$$

де c – індекс пружини, що дорівнює відношенню: $c = \frac{D_0}{d}$

Приймаємо c в межах 4...10, тобто 8;

K – коефіцієнт, що залежить від форми перетину і кривизни витка пружини. При малому куті для пружини з круглого дроту:

$$K = 1 + \frac{1.5}{c} = 1 + \frac{1.5}{8} = 1.9 \quad (5.16)$$

Тоді:

$$d = 1.6 \times \sqrt{\frac{1,19 \times 24530 \times 8}{9,6 \times 10^8}} = 0,02495 \text{ м} = 24,95 \text{ мм}, \quad (5.17)$$

Приймаємо $d = 25$ мм. Кількість робочих витків пружини: $n = \frac{G \times d^4}{8 \times D^3 \times q}$,

де q – жорсткість пружини.

$$D = c \times d = 8 \times 25 = 200 \text{ мм} = 200 \times 10^{-3} \text{ м} \quad (5.18)$$

$$n = \frac{8 \times 10^{10} \times (25 \times 10^{-3})^4}{8 \times (200 \times 10^{-3}) \times 25000} = 19,53 \quad (5.19)$$

Приймаємо $n = 20$.

Число опорних витків пружини приймаємо $n_2 = 4$.

Тоді повне число витків :

$$n_{\text{п}} = n + n_2 = 20 + 4 = 24 \quad (5.20)$$

Висота пружини при max деформації:

$$H = (n_{\text{п}} + 1 - n_3) \times d = (24 + 1 - 1.5) \times 25 = 587,5 \text{ мм} \quad (5.21)$$

де n_3 – число зашліфованих витків. Приймаємо, що защемлена $\frac{3}{4}$ витків дуги з кожної сторони. Опорний виток пружини стискання, у якого піджатий цілий виток і зашліфована $\frac{3}{4}$ дуги кола.

$$S_k = 0.25 \times d = 0.25 \times 25 = 6.25 \text{ мм} \quad (5.22)$$

Робоча деформація пружини, що відповідає силі пружини P_2 :

$$F_2 = \frac{P_2}{q} = \frac{19625}{25000} = 0.785 \text{ м} \quad (5.23)$$

Максимальна деформація при стисканні витків :

$$F_3 = \frac{P_3}{q} = \frac{24530}{25000} = 0.981 \text{ м} \quad (5.24)$$

Висота пружини в вільному стані:

$$H_0 = H_3 + F_3 = 587.5 + 981.2 = 1568.7 \text{ мм} \quad (5.25)$$

Жорсткість одного витка пружини:

$$q_1 = q \times n = 2500 \times 20 = 500000 \frac{H}{M} \quad (5.26)$$

Найбільший прогин одного витка:

$$f_3 = \frac{P_3}{q_1} = \frac{24530}{500000} = 0.049 \text{ м} \quad (5.27)$$

Крок пружини:

$$t = d + f_3 = 25 + 49 = 74 \text{ мм} \quad (5.28)$$

Довжина розвернутої пружини:

$$L = 13873 \text{ мм.}$$

Маса пружини:

$$m_{\text{пр}} 14,5 \text{ кг.}$$

ВИСНОВКИ

1. Проведено техніко-економічне обґрунтування теми роботи, яке засвідчує доцільність розробки конструкції силового гідроциліндра як привода штампувального інструмента для пробивання монтажних отворів у штампованому металевому профілю. Порівняння техніко-економічних показників аналога і нової конструкції вказує на ефективність нової розробки.

2. Проаналізовано процес утворення отворів в листовому штампованому металевому профілю різними способами і обґрунтовано ефективність штампування отворів в металевому профілю; встановлено, що силовий гідропривід є найбільш ефективним приводом для штампувального інструменту, який дозволяє реалізувати значні зусилля за невеликих габаритів.

3. Встановлено, що при проєктуванні базового гідроциліндра знехтувано коефіцієнтом запасу міцності, що призводить до його передчасного руйнування. Проведено аналіз впливу технологічного зазору на характеристики пружних деформацій під час штампування, а також теоретичне дослідження впливу зазору між інструментами штампу на його довговічність; проведено експериментальні дослідження впливу зазору між інструментами штампу на їх довговічність та встановлено його оптимальне значення.

4. Розраховано робочі (виконавчі) розміри матриці та пуансона, що дає можливість спроектувати робочий інструмент із покращеними характеристиками; визначено енергосилову характеристику процесу формоутворення монтажних отворів; визначено залежності сили штампування від товщини металу та величини сили штампування від границі плинності матеріалу, які дозволяють отримати оптимальні величини цих параметрів.

5. Визначено причини руйнування гідроциліндрів, що використовується у технологічних операціях штампування отворів. За результатами розрахунків на міцність елементів конструкції та зварних з'єднань гідроциліндрів

встановлено причини руйнування їх конструкційних елементів. Запропоновано збільшити товщину стінок та кришки: товщину стінки до $\delta = 15$ мм, а товщину кришки до $t = 25$ мм.

6. На основі аналізу відомих конструкцій демпферів здійснено його вибір та розраховано його конструктивні параметри, розроблено конструктивну схему із вмонтованим демпфіруючим пристроєм.

7. Економічними розрахунками встановлено, що удосконалення власними силами конструкції силового гідроциліндра як приводу інструмента для холодного штампування шляхом покращення експлуатаційних характеристик, зниження вартості ремонтів та комплектуючих частин дасть річний економічний ефект в розмірі 104870 грн./рік на одному робочому місці автоматичної лінії, що дозволить окупити вкладені на розробку кошти за 2,5 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4...5 років.

8. Проведено аналіз умов праці, обґрунтовано заходи по техніці безпеки та електробезпеці, описано умови виробничої санітарії, мікроклімату, освітлення. Розраховано природне освітлення на ділянці та встановлені протипожежні заходи. Розраховано віброізоляцію робочого місця з використанням металевих пружин для забезпечення допустимих параметрів вібрації – довжина розвернутої пружини: $L = 13873$ мм.; маса пружини: $m_{\text{пр}} = 14,5$ кг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с
2. Будівельні метериали та вироби: [Електронний ресурс] / Бібліограф. – Режим доступу: <http://bibliograph.com.ua/spravochnik-76/102.htm>
3. Технологія виготовлення профільованого листового металу: [Електронний ресурс] / Вашдом. Режим доступу: <http://www.budnet.com.ua/readarticle.php?ArticleID=1378&type=ARTICLE>
4. Базь О.С. Токарна справа. Частина 1: навчальний посібник / О.С. Базь, С.В. Захарченко. – Чернівці: Букрек, 2020. – 232 с.
5. Теорія різання: Навчальний посібник. – 2-ге вид., доп. / Г.М. Виговський, Н.О. Балицька, Л.Є. Глембоцька, О.Л. Мельник– Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. – 148 с.
6. Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 109с.
7. Верстат для лазерної різки металу: [Електронний ресурс] / remontu.com.ua. – Режим доступу: <http://remontu.com.ua/verstat-dlya-lazerno%D1%97-rizki-metalu-nadijnij-i-nezaminnij-pomichnik-u-pobuti>
8. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування : навч.-метод. посібник / В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянець; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2021. – 76
9. Приводи машин : навч. посіб. / Я. Бурек, З. А. Стоцько. – Львів : Львівська політехніка, 2018. — 152 с.
10. Возняк О. М., Штуць А. А., Колісник М. А. Сучасні системи електроприводів. Теорія та практика. Частина 1. / Навчальний посібник. – Вінниця: ТВОРИ, 2021. – 280 с.
11. Носко С.В. Проектування гідро-та пневмоприводів. Навчальний посібник./ С.В. Носко // - Київ : НТУУ ім. Ігоря Сікорського, 2019 – 86 с.

12. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : конспект лекцій / укладач Е. В. Колісніченко, А. С. Мандрика, В. О. Панченко. – Суми : Сумський державний університет, 2021. – 176 с.
13. Загальна характеристика привода : [Електронний ресурс] / Вікіпедія. – Режим доступу: <http://elib.lutsk-ntu.com.ua/book/knit/auvp/2011/11-85/2lec1.html>
14. ТОВ “KNESS ENERGY”: [Електронний ресурс] / ПЕК ЕНЕРГО. – Режим доступу: <http://kness.energy/>
15. ТОВ “Електромашстан”: [Електронний ресурс] / Електромашстан. – Режим доступу: <http://electromashstan.com/>
16. Автоматичні лінії штампувальні: [Електронний ресурс] / – Режим доступу: <https://kvrc.in.ua/ua/g97429979-avtomaticheskie-shtampovochnye-linii>
17. Кухар В. В. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навчальний посібник / В. В. Кухар, Б. С. Каргін, О. С. Аніщенко, С. Б. Каргін, А. Г. Присяжний. – Маріуполь : ПДТУ, 2017. – 144 с.
18. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Проектування розділових штампів: навчальний посібник. / В. М. Боков. – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс–ЛТД», 2006. – 274 с.
19. Altan Taylan. Sheet Metal Forming: Processes and Applications [Текст] / Altan Taylan, Tekkaya A. E. – OH: ASM International, 2012 – 400 p.
20. Боков В. М. Конструювання та виготовлення штампів. Проектування штампів: формозмінних, складної дії, для складання та автоматичного штампування: навчальний посібник / В. М. Боков – Кіровоград: Поліграфічно-видавничий ТОВ «Імекс–ЛТД», 2010. – 322 с.
21. Технологія кування / Л. М. Соколов, І. С. Алієв, О. Є. Марков, Л. І. Алієва. – Краматорськ: ДДМА, 2011. – 268 с.
22. Кульовий тензор [Електронний ресурс] / Режим доступу: <https://vseosvita.ua/lesson/leksiia-7-tema-14-elipsoid-napruh-sharovyi-tenzor-deviator-napruh-55077.html>

23. Гребенюк С.М. Тензорний аналіз: навчальний посібник для студентів освітнього ступеня «бакалавр» напряму підготовки «Математика» / С.М. Гребенюк, Ю.М. Стреляєв, М.І. Клименко. – Запоріжжя: ЗНУ, 2015. – 90 с.
24. Божидарник В. В., Сулим Г. Т. Елементи теорії пружності. – Львів: Світ, 2014. – 560с.
25. Проектування та виробництво заготовок деталей машин. Самостійна та індивідуальна робота студентів : навчальний посібник / Ж. П. Дусанюк, О. В. Дерібо, С. В. Репінський, О. В. Паславська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 88 с.
26. ЕСДП СЭВ : [Електронний ресурс] / Енциклопедія по машинобудуванню.– Режим доступу: <http://mash-xxl.info/info/470000/>
27. Огородніков В. А. Механіка процесів холодного пластичного деформування вісесиметричних заготовок з глухим отвором [Текст] : монографія / В. А. Огородніков, І. Ю. Кириця, В. Є. Перлов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 163 с
28. Швець С. В. Штампи та прес-форми, конструювання та технологія виготовлення : навч. посіб. / С. В. Швець, Л. М. Сєдінкін. – Суми : Вид-во СумДУ, 2005. – 118 с
29. Гуцин О. В. Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин : посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 131 – «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології машинобудування» / О. В. Гуцин. – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 159 с.
30. Технологічні процеси галузей промисловості : навч. посібник / [Д. М. Колотило, А. Т. Соколовський, С. В. Гарбуз та ін.] ; за наук. ред. Д. М. Колотила, А. Т. Соколовського. – К. : КНЕУ, 2003. – 380 с.
31. Боженко Л. І. Технологія машинобудування. Проектування та виробництво заготовок : підручник / Л. І. Боженко. – Львів : Світ, 1996. – 368 с. : іл.
32. Марченко С. В. Основи виробництва матеріалів та формоутворення об'єктів технологій : навч. посіб. / С. В. Марченко, А. Ф. Будник, В. Б. Юскаєв. – Суми : Сумський державний університет, 2013. – 232 с.

33. Матеріалознавство: підручник / С. С. Дяченко, І. В. Дощечкіна, А. О. Мовлян, Е. І. Плешаков ; за ред. С. С. Дяченко. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 440 с.
34. . Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум [Текст] : [навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»] / В. В. Попович, А. І. Кондир, Е. І. Плешаков та ін. – Львів: Світ, 2009. – 551 с
35. Кузін О. А. Металознавство та термічна обробка металів : підручник / О. А. Кузін, Р. А. Яцюк. – К. : Основа, 2005. – 324 с.
36. Гідроциліндри : [Електронний ресурс] / Студопедія. – Режим доступу: http://studopedia.com.ua/1_168220_gIdrotsilIndri.html
37. Michael Marlatt, David Weiss, John N. Hryn Developments in lost foam casting of magnesium, Magnesium Technology 2003 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://iweb.tms.org/Mg/magtech2003/141.pdf>
38. Розрахунок параметрів гідроциліндра : [Електронний ресурс] / Електронна бібліотека .– Режим доступу: <http://elib.lutskntu.com.ua/book/knit/auvp/2010/10-143/page19.html>
39. Виробництво зварних конструкцій: Практикум (Частина 1) [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізація «Технології та інжиніринг у зварюванні» / К. О. Зворикін, В. О. Гаєвський; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 7,59 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 114 с
40. Опір матеріалів. Підручник /Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка — К.: Вища школа,1993. — 655 с.
41. Stress analysis and fatigue of welded structures / [A. Chattopadhyay, G. Glinka, M. El-Zein et al.] // Welding in the World. – 2011. – № 7-8 (55). – P. 2–21
42. Головка Л. Ф. Лазерне наплавлення та термомеханічна обробка композиційних матеріалів з пам'яттю форми / Л. Ф. Головка, О. Й. Мажейка, С. І. Маркович // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2009. – Вип. 39. – С. 402-407.

43. Подоляк О. С. Математична модель процесу гасіння коливань металоконструкції стрілових кранів / О. С. Подоляк, Л. А. Родіонов, А. О. Павлова // Вісник Нац. техн. ун-та "ХПІ" : сб. наук. пр. Темат. вип.: Машинознавство и САПР. – Харків : НТУ "ХПІ", 2009. – № 28. – С. 91-95.

44. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Неміровський, Л. Г. Козлов; МОНМС України, ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с

45. Методичні вказівки до виконання студентами-магістрантами наукового напрямку економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – 22 с

46. Техніко-економічні обґрунтування та економічні розрахунки в дипломних проектах та роботах / Уклад. В.О. Козловський . – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 75 с.

47. Кавецький. В. В. Економічне обґрунтування інноваційних рішень в машинобудуванні : навчальний посібник / В. В. Кавецький, В. О. Козловський. – Вінниця : ВНТУ, 2016. – 100 с.

49. Методичні вказівки до опрацювання розділу «Безпека життєдіяльності» в дипломних проектах і роботах студентів машинобудівних спеціальностей/ Уклад. О. П. Терещенко, О. В. Кобилянський. – В.: ВНТУ, 2007. – 46 с

50. Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. М. Васілевський, Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2019 – 32 с.

51. Методичні вказівки до оформлення дипломних проектів (робіт) для студентів всіх спеціальностей / Уклад. В. В. Кухарчук, О. Г. Ігнатенко, Р. Р. Обертюх. — Вінниця : ВНТУ, 2002. – 55 с.

Додаток А
(Обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ**

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Л. К. Поліщук
«16» _____ 10 _____ 2023р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ
08-62.МКР.008.00.000 ПЗ

Керівник роботи:
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., професор
Поліщук Л.К.
Розробив: ст. гр. 1ГМ-22м
Мельник Б.В.

м. Вінниця 2023 р.

1. Найменування і область застосування

Розробка призначена для використання на автоматичній лінії холодного штампування для виготовлення металевих для потреб відновлюваної енергетики і розподільчих мереж

2. Підстави для розробки

Індивідуальне завдання на магістерську кваліфікаційну роботу, затверджене наказом по ВНТУ № 247 від «18» вересня 2023 р.

3. Мета та призначення розробки

Метою роботи є підвищення економічності та надійності роботи вузла холодного штампування монтажних отворів металевих профілів для будівельних споруд за рахунок удосконалення конструктивної схеми та конструкції силового гідроциліндра.

4. Джерела розробки

Розробка виконується на основі вивчення науково–технічних матеріалів відомих конструкцій. Відомі конструкції гідроциліндрів та штампувального обладнання наведені в роботах:

1. Базь О.С. Токарна справа. Частина 1: навчальний посібник / О.С. Базь, С.В. Захарченко. – Чернівці: Букрек, 2020. – 232 с.
2. Теорія різання: Навчальний посібник. – 2-ге вид., доп. / Г.М. Виговський, Н.О. Балицька, Л.Є. Глембоцька, О.Л. Мельник– Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2021. – 148 с.
3. Пупань Л. І. Лазерні технології у машинобудуванні : навч. посібник для студентів спеціальності «Прикладна механіка» денної, заочної та дистанційної форм навчання / Л. І. Пупань. – Харків: НТУ «ХПІ», 2020. –109с.

4. Чухліб В. Л. Технологія процесів листового штампування : навч.-метод. посібник / В. Л. Чухліб, О. А. Юрченко, А. В. Ашкелянєць; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Електрон. текст. дані. – Харків, 2021. – 76
5. Кухар В. В. Технологічні процеси за фахом. Кування і штампування : навчальний посібник / В. В. Кухар, Б. С. Каргін, О. С. Аніщенко, С. Б. Каргін, А. Г. Присяжний. – Маріуполь : ПДТУ, 2017. – 144 с.
6. Огородніков В. А. Механіка процесів холодного пластичного деформування вісесиметричних заготовок з глухим отвором [Текст] : монографія / В. А. Огородніков, І. Ю. Кириця, В. Є. Перлов. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 163.
7. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: навчальний посібник / Ю. А. Бурєнніков, І. А. Неміровський, Л. Г. Козлов; МОНМС України, ВНТУ. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с

5. Технічні вимоги

5.1 Показники приводу:

– тип гідроциліндра:	двосторонньої дії
– номінальний тиск в гідросистемі, МПа:	16
– номінальні витрати, л/хв.	31

5.2 Вимоги до конструкції та експлуатації розробки:

– діаметр поршня, мм:	100
– діаметр штока, мм:	50
– робочий хід поршня, мм:	10

5.3 Вимоги до надійності.

– довговічність, циклів:	2000000.
– ресурс, циклів:	2000000.

5.4 Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При модернізації конструкції необхідно по можливості максимально використовувати стандартні вироби та уніфіковані деталі для різних вузлів.

6. Економічні показники.

Економічними розрахунками встановлено, що удосконалення власними силами конструкції силового гідроциліндра як приводу інструмента для холодного штампування шляхом покращення експлуатаційних характеристик, зниження вартості ремонтів та комплектуючих частин дасть річний економічний ефект в розмірі 104870 грн./рік, що дозволить окупити вкладені на розробку кошти за 2,5 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4...5 років.

7. Стадії і етапи розробки проекту

- 1) Техніко-економічне обґрунтування вибору теми магістерської кваліфікаційної роботи;
- 2) Аналіз відомих технічних рішень;
- 3) Теоретичні та експериментальні дослідження процесу формоутворення монтажних отворів холодним штампуванням;
- 4) Розрахунково-конструкторський розділ;
- 5) Економічний розділ;
- 6) Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях;

8. Порядок контролю та прийому.

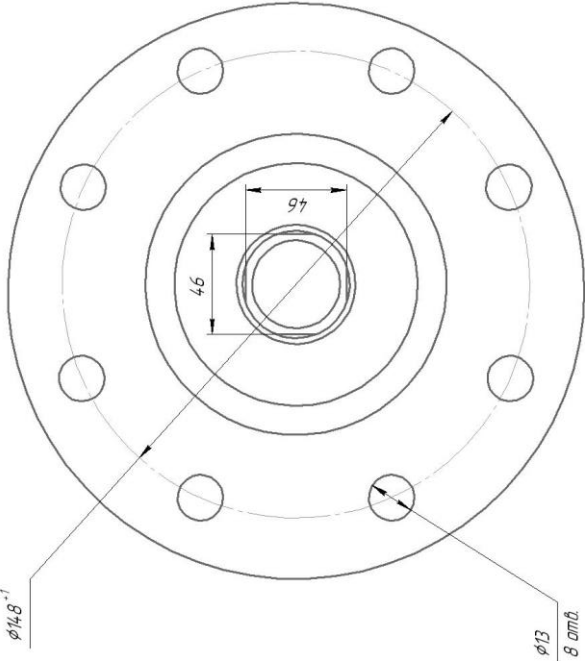
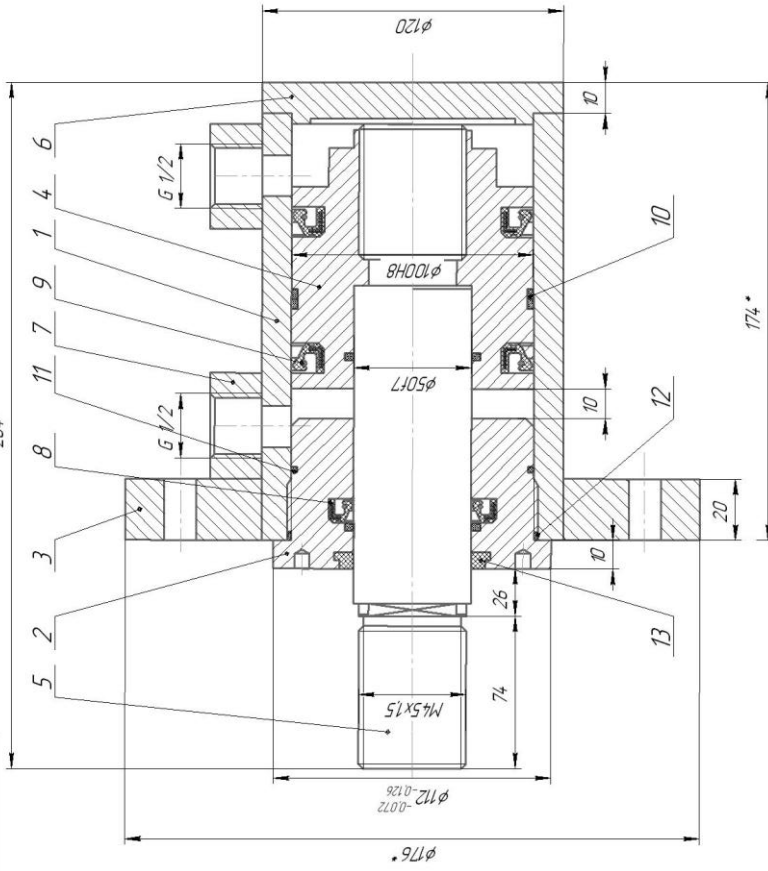
Порядок контролю та прийому магістерської кваліфікаційної роботи визначається графіком консультацій, попереднього захисту роботи, який затверджується кафедрою ГМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгодженні з керівником проекту.

Додаток Б
(Обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ

08-62МКР.008.07.000 СК



100
50
10
16

Технічна характеристика

- 1 Диаметр паршня мм
- 2 Диаметр штока мм
- 3 Рабочий ход мм
- 4 Рабочий тиск МПа

Технічні вимоги

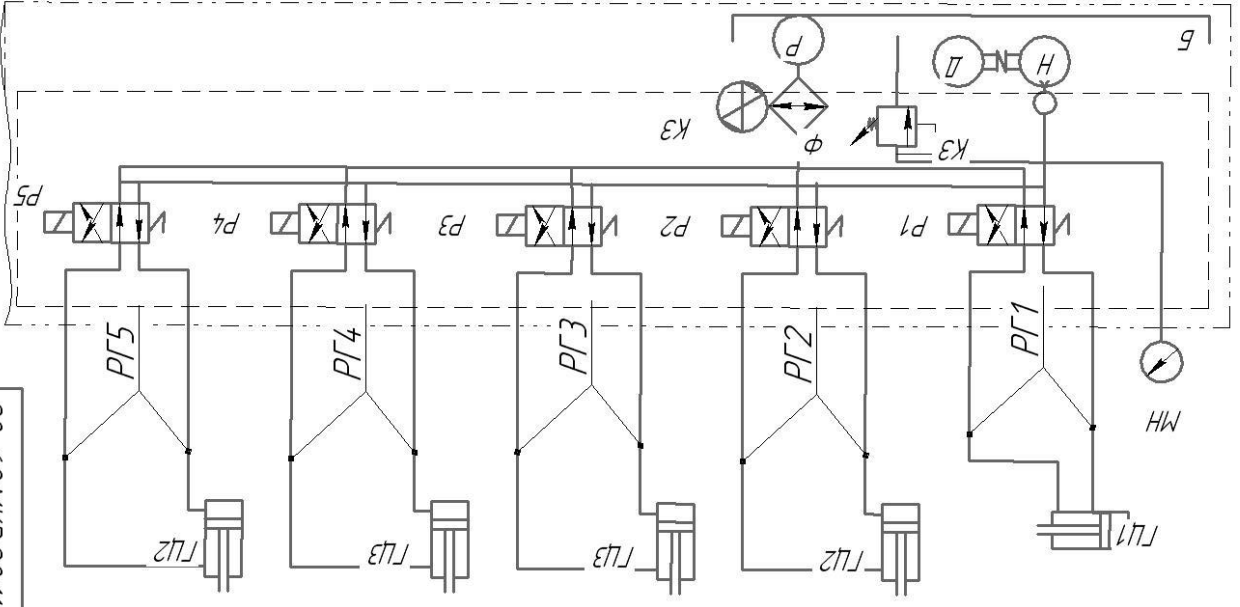
- 1 * Розміри для довідок
- 2. Перед зборанням гідроциліндра деталі та складальних одиниць промити та промити стиснутим повітрям.
- 3. Робочі поверхні деталей і ущільнювачі вузлу змастити робочою рідиною.

- 4. Момент затягування паршня поз.2 - 400 Нм
- 5. Перед зборанням гідроциліндра шток в складі з парнем поз.2 перевірити на герметичність тиском 24 МПа не менше 30с. Протікання робочої рідини через стики деталей та відкриті підводи не допускається.
- 6. Гідроциліндр випробувати на міцність та герметичність випробування виконувати тиском 24 МПа з витримкою 30с у кожну позицію. Протікання через ущільнення і по з'єднанням швам по корпусу не допускається.
- 10. Покриття внутрішніх поверхонь гідрульового-емалью водно-дисперсійна "Кранокрил", чорна ТУ 2316-002-887376.36-2009г.

№ в. ш. № парня	№ в. ш. № докум.	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата	№ в. ш. № дата

08-62.МКР.008.07.000 СК			
Лист	Листів	Усього	№
			71
Лист	Листів	Т	Т
ВНТУ, ар. ПМ-22М			

08-62.МКР.08.11.000 ГЗ



Позначення	Найменування	Кількість	Призначення
Н	Насос	1	p=20 МПа, Q=31 л/хв.
Д	Двигун	1	N=11 кВт, 1500 об/хв
КШ	Кран шаровий зливний	1	
КЗ	Клапан запобіжний	1	
МН	Манометр	1	
Ф	Фільтр	1	Σ=25 мкр
Б	Бак	1	100 л
Р	Позначч. рівня масла	1	
РГ1	Гідроциліндр 80.40.50	1	
РГ2	Гідроциліндр 100.50.10	2	
РГ3	Гідроциліндр 80.40.10	2	
РГ4, РГ5	Гідрозапобіжники 4/3	5	p=25 МПа
РГ1, РГ5	Рукава гудаблічні	5	p=25 МПа

08-62.МКР.08.11.000 ГЗ

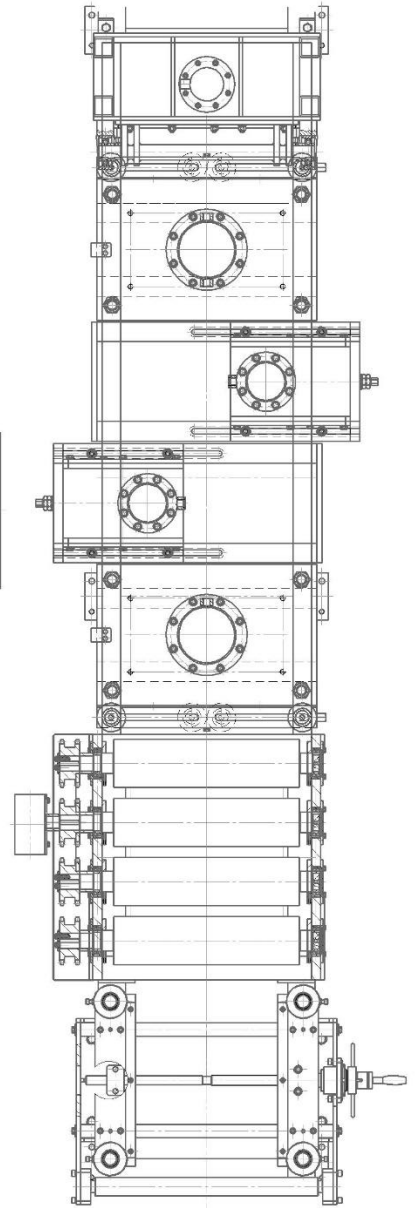
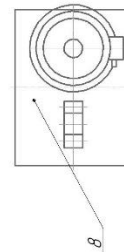
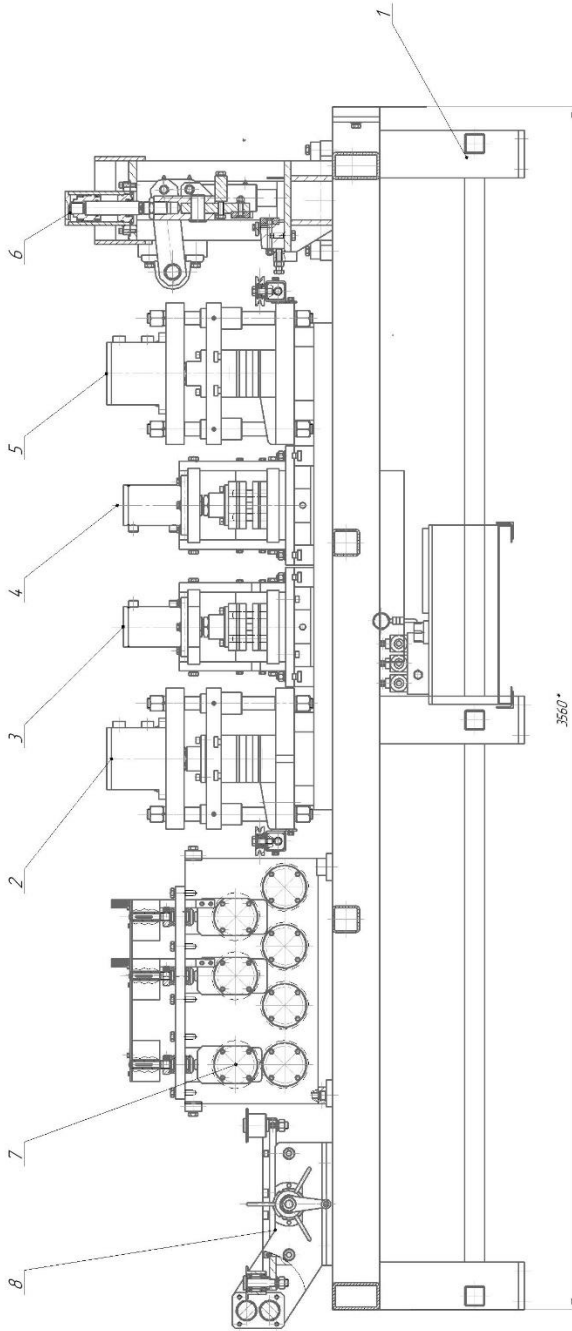
Штампувальне обладнання
Гідравлічна схема

Взм. лист	№ докум.	Подп.	Дата	Масштаб	
				Лист	Листов
Разроб.	Мельник Б.В.				1:1
Проф.	Поліщук Л.К.				
Т.контр.					1
Н.контр.	Поліщук Л.К.				
Утв.	Поліщук Л.К.				

ВНТУ, гр.ІТМ-22М
Формат А3
Копіював

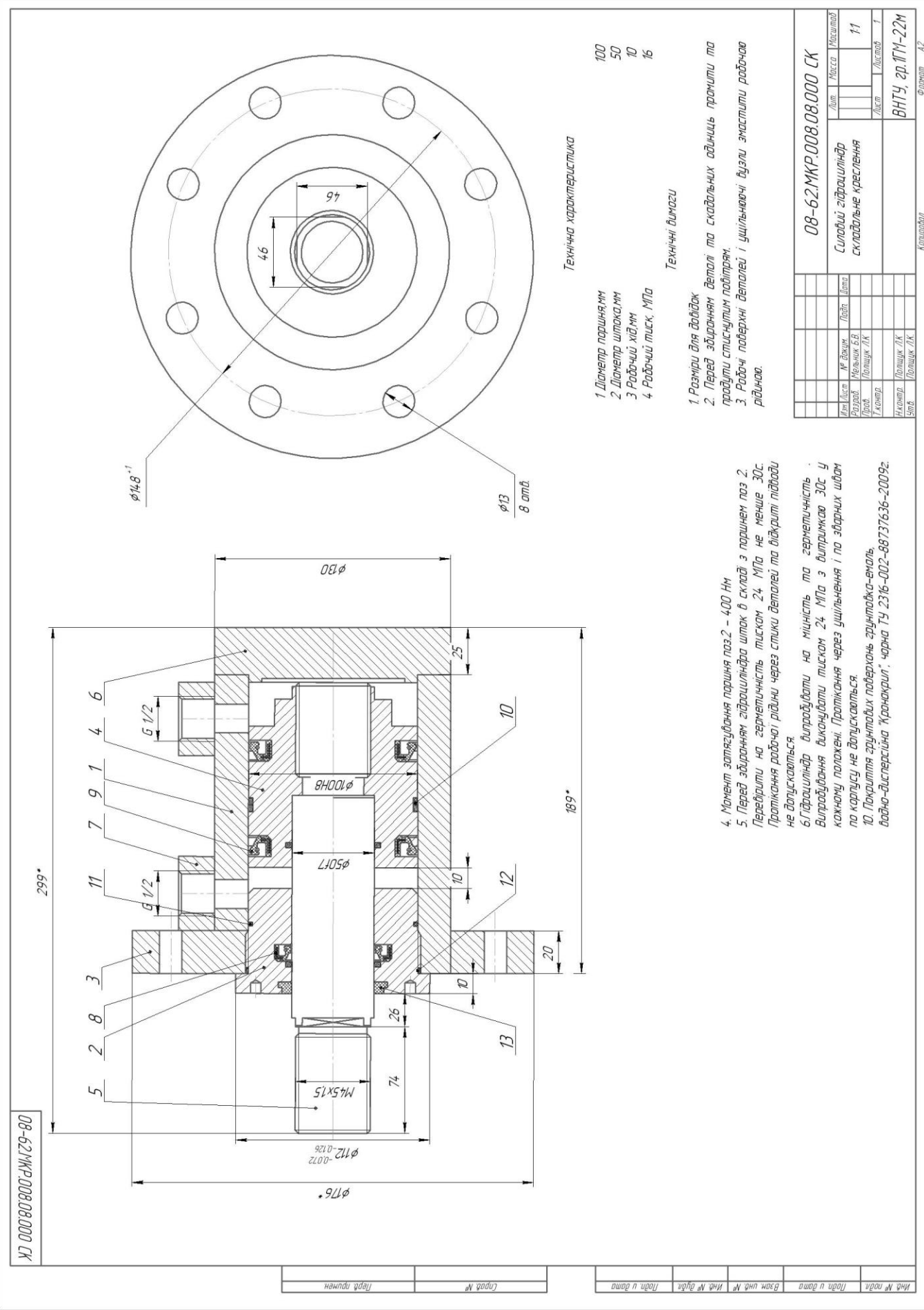
Інд. № подл.	Подп. і дата	Взм. інд. №	Інд. № докл.	Подп. і дата	Грвб. №	Ліств. примен.
--------------	--------------	-------------	--------------	--------------	---------	----------------

08-62МКР:08.09.000 СК



- 1 *Размеры для доделок
- 2 Обладания устойчивости на ветру лабазу, та за ожертели
- 3 Параллельные устойчивости по мисе

08-62МКР:08.09.000 СК		Лист	15
Штангенные складывания		Итого	15
Складывания линии		в листе	1
Складывания кривления		в листе	1
ВНТУ, ЛМ-22М		Формат	A1



Технічна характеристика

- 1 Диаметр парашня, мм 100
- 2 Диаметр штока, мм 50
- 3 Рабочий хід, мм 10
- 4 Рабочий тиск, МПа 16

Технічні вимоги

- 1. Розміри для довідок
- 2. Перед збиранням деталі та складальних одиниць промити та протерти стиснутим повітрям.
- 3. Робочі поверхні деталей і ущільнювачі вузли змастити робочою рідиною.

08-62 МКР.008.08.000 СК		Лист		Масштаб	
№ докум.	Лист	Листа	Листа	Листа	Листа
Розроб.	Мельник Б.В.				1:1
Проєкт.	Поліщук Л.К.				
Т.контр.					
Н.контр.	Поліщук Л.К.				
Чит.	Поліщук Л.К.				
ВНТУ, ар.ІТМ-22М					

- 4. Момент затягування парашня поз.2 - 400 Нм
- 5. Перед збиранням гідроциліндра шток в складі з парашнем поз.2. Протерти на герметичність тиском 24 МПа не менше 30с. Протікання робочої рідини через стики деталей та відкриті гідводи не допускається.
- 6. Гідроциліндр випробувати на міцність та герметичність. Випробування виконувати тиском 24 МПа з витримкою 30с у кожному положенні. Протікання через ущільнення і па задніх штахт по корпусу не допускається.
- 10. Показиття зрундових поверхонь зрундовка-емаль "водо-дисперсія "Кранокрип", чорна ТУ 2316-002-88737636-2009г.

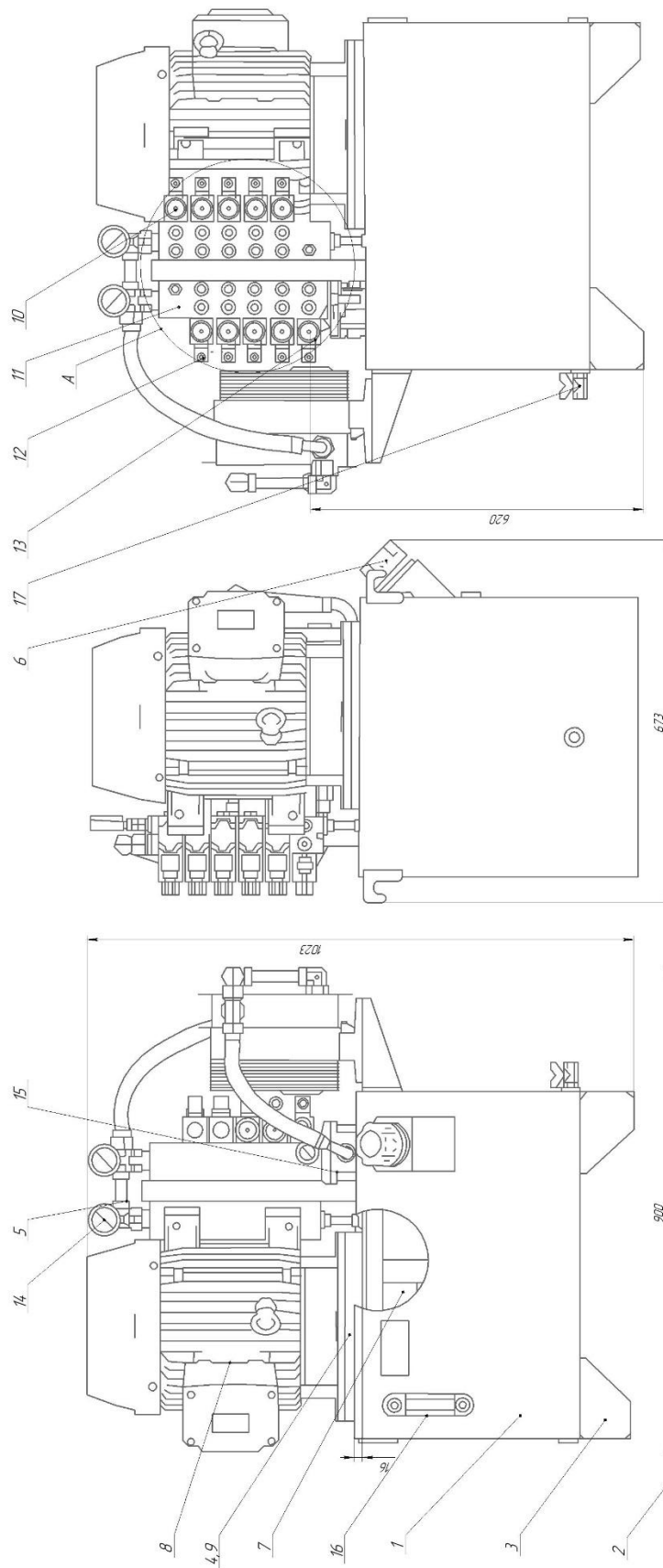
08-62 МКР.008.08.000 СК

Лист №

Взам. у в.м. № в.м. №

Формат А2

08-62МКР.008.06.000 СК



Технічна характеристика

16
17
20
100

1 Номінальний тиск, МПа
2 Потужність привода електродвигуна, кВт
3 Потужність електродвигуна, МВт
4 Об'єм вводу, л

Технічні дані

1 * Розміри для виводу
2 Пути управління не показані

08-62МКР.008.06.000 СК			
Код	Класифікація	Вид	Масштаб
08-62	МКР	008	СК
174.3	14		
Станція електрична			
СКладові креслення			
ВНТУ, с/р.ПТ-22м			

Додаток В
(Обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ**

Перв. заст.		Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	Примітка	
						<u>Документація</u>			
		A2			08-62.МКР.008.06.000 СК	Складальний кресленик			
Справ. №									
				1	08-62.МКР.008.06.001	Бак	1		
				2	08-62.МКР.008.06.002	Кришка	1		
				3	08-62.МКР.008.06.003	Опорна рама	1		
				4	08-62.МКР.008.06.004	Стакан	1		
				5	08-62.МКР.008.06.005	Адаптер	1		
				6	08-62.МКР.008.06.006	Заливна горловина	1		
Підп. і дата						<u>Інші вироби</u>			
				7		Насос шестеренчастий	1	20МПа	
				8		Електродвигун	1	11кВт	
				9		Пружна муфта	1		
				10		Електромагніт ПЕ-36	6		
				11		Дросель регульовальний			
						VRFU 90 3/4"	1		
				12		Редукційний клапан VB	1		
				13		Запобіжний клапан VMP			
						1/2" 10-180Bar	1		
					08-62.МКР.008.06.000				
Зм. Арк.		№ докум.		Підп.	Дата				
Разроб.		Мельник Б.Є.							
Перев.		Поліщук Л.К.							
Н.контр.		Поліщук Л.К.							
Затв.		Поліщук Л.К.							
					Гідравлічна станція				
								зр.1ГМ-22М,ВНТУ	
Літ.		Арк.		Аркцид					
1		1		2					
Копирвал					Формат A4				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	При мітка
<i>Документація</i>						
A2			08-62.МКР.008.07.000 СК	Складальний кресленик		
<i>Деталі</i>						
		1	08-62.МКР.008.07.001	Корпус	1	
		2	08-62.МКР.008.07.002	Кришка	1	
		3	08-62.МКР.008.07.003	Фланець	1	
		4	08-62.МКР.008.07.004	Паршень	1	
		5	08-62.МКР.008.07.005	Шток	1	
		6	08-62.МКР.008.07.006	Кришка	1	
		7	08-62.МКР.008.07.007	Втулки різьбові	2	
<i>Стандартні вироби</i>						
				Манжети ГОСТ 8752-79		
		8		10-75x100	2	
		9		10-50x70	1	
				Кільця ГОСТ 13940-68		
		10		2,5A100	2	
		11		1,5A100	1	
		12		1A100	1	
		13		8A100	1	
08-62.МКР.008.07.000						
Зм. Арк.		№ докум.		Підп.		Дата
Разроб.		Мельник Б.В.				
Перев.		Поліщук Л.К.				
Н.контр.		Поліщук Л.К.				
Затв.		Поліщук Л.К.				
				Силовий гідроциліндр базова конструкція		
Літ.		Арк.		Аркцид		
		1		1		
зр.1ГМ-22М,ВНТУ						

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	При мітка																																			
<i>Документація</i>																																									
A2			08-62.МКР.008.08.000 СК	Складальний кресленик																																					
<i>Деталі</i>																																									
		1	08-62.МКР.008.08.001	Корпус	1																																				
		2	08-62.МКР.008.08.002	Кришка	1																																				
		3	08-62.МКР.008.08.003	Фланець	1																																				
		4	08-62.МКР.008.08.004	Паршень	1																																				
		5	08-62.МКР.008.08.005	Шток	1																																				
		6	08-62.МКР.008.08.006	Кришка	1																																				
		7	08-62.МКР.008.08.007	Втулки різьбові	2																																				
<i>Стандартні вироби</i>																																									
				Манжети ГОСТ 8752-79																																					
		8		10-75x100	2																																				
		9		10-50x70	1																																				
				Кільця ГОСТ 13940-68																																					
		10		2,5A100	2																																				
		11		1,5A100	1																																				
		12		1A100	1																																				
		13		8A100	1																																				
08-62.МКР.008.08.000																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;">Зм.</td> <td style="width: 10%;">Арк.</td> <td style="width: 15%;">№ докум.</td> <td style="width: 10%;">Підп.</td> <td style="width: 10%;">Дата</td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Разроб.</td> <td></td> <td>Мельник Б.В.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Перев.</td> <td></td> <td>Поліщук Л.К.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Н.контр.</td> <td></td> <td>Поліщук Л.К.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td>Затв.</td> <td></td> <td>Поліщук Л.К.</td> <td></td> <td></td> <td colspan="2"></td> </tr> </table>							Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			Разроб.		Мельник Б.В.					Перев.		Поліщук Л.К.					Н.контр.		Поліщук Л.К.					Затв.		Поліщук Л.К.				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата																																					
Разроб.		Мельник Б.В.																																							
Перев.		Поліщук Л.К.																																							
Н.контр.		Поліщук Л.К.																																							
Затв.		Поліщук Л.К.																																							
Силовий гідроциліндр					Літ.	Арк.	Аркцидв																																		
					1	1	1																																		
					зр.1ГМ-22М,ВНТУ																																				

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	К-сть.	При мітка						
<i>Документація</i>												
A2			08-62.МКР.08.09.000 СК	Складальний кресленик								
<i>Складальні одиниці</i>												
		1	08-62.МКР.08.09.001	Опорна рама	1							
		2	08-62.МКР.08.09.002	Штам №1	1							
		3	08-62.МКР.08.09.003	Штам №2	1							
		4	08-62.МКР.08.09.004	Штам №3	1							
		5	08-62.МКР.08.09.005	Штам №4	1							
		6	08-62.МКР.08.09.006	Відрубний ніж	1							
		7	08-62.МКР.08.09.007	Вальці	1							
		8	08-62.МКР.08.09.008	Напрямні ролики	1							
08-62.МКР.08.09.000												
Зм. Арк.		№ докум.		Підп.		Дата						
Разроб.		Мельник Б.Є.										
Перев.		Поліщук Л.К.										
Н.контр.		Поліщук Л.К.										
Затв.		Поліщук Л.К.										
Штампувальне обладнання автоматичної лінії				Літ.			Арк.			Аркцидв		
				1			1			1		
зр.1ГМ-22м,ВНТУ												
<i>Копіровал</i>							<i>Формат А4</i>					

Додаток Г
(Обов'язковий)

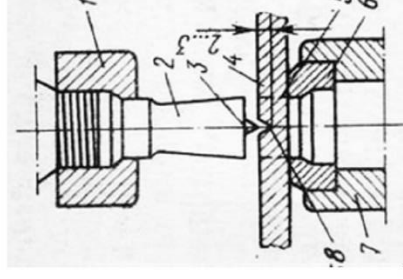
ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ**

Аналіз відомих технічних рішень



Рисунок 1 - Монтажні отвори профілю



1-гайка для кріплення пуансона; 2- пуансон;
3-конус; 4-оброблювана сталь;
5-площину сколювання; 6-матриця; 7-подушка;
8-конусне поглиблення.

Рисунок 3-Схема пробивання наскрізних отворів

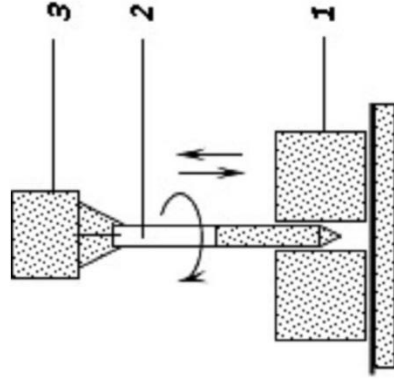


Рисунок 2-свердління наскрізних отворів

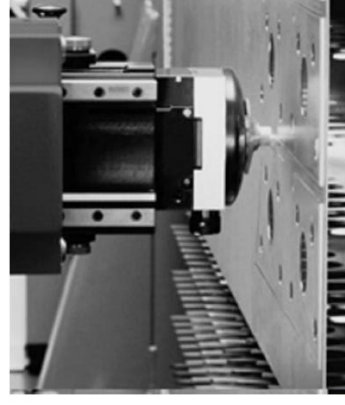
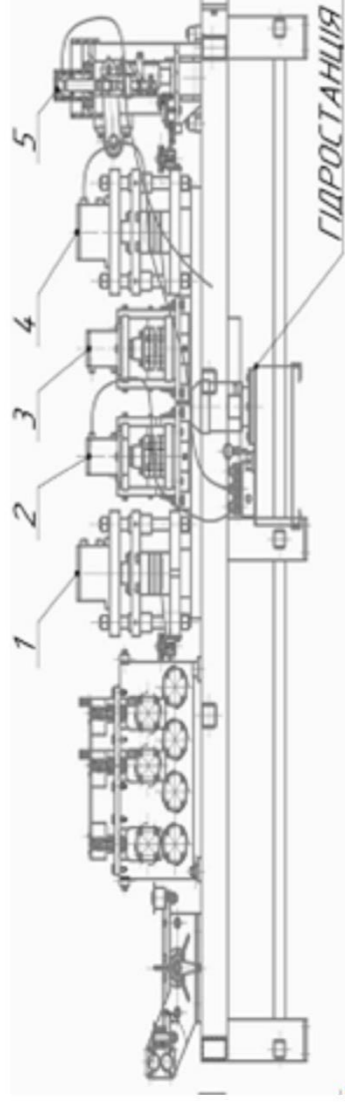


Рисунок 4- вирізання наскрізних отворів лазерним різакром

Аналіз відомих технічних рішень (продовження)



1,2,3,4 - штампи; 5 - відрубний ніж.

Рисунок 5 Загальний вигляд штампувального стану.

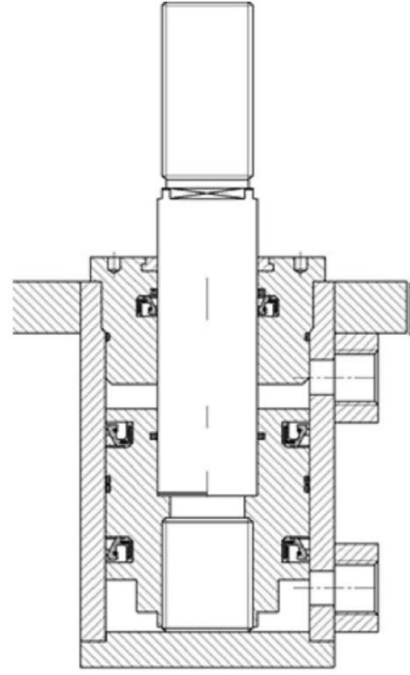


Рисунок 6 Гідроциліндр

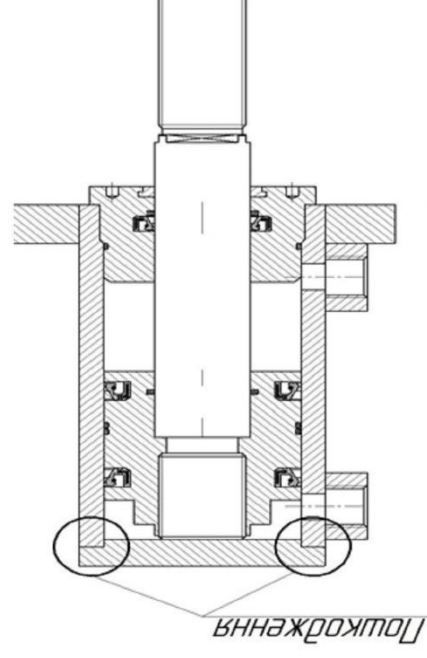


Рисунок 7 Місце розташування пошкодження поверхні циліндрів

Результати теоретичних та експериментальних досліджень

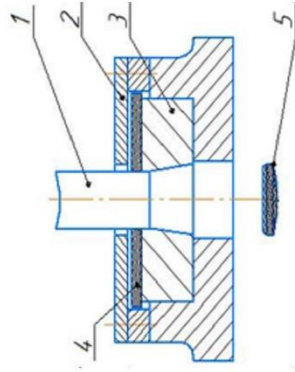


Рисунок 1 Штамп для пробивання

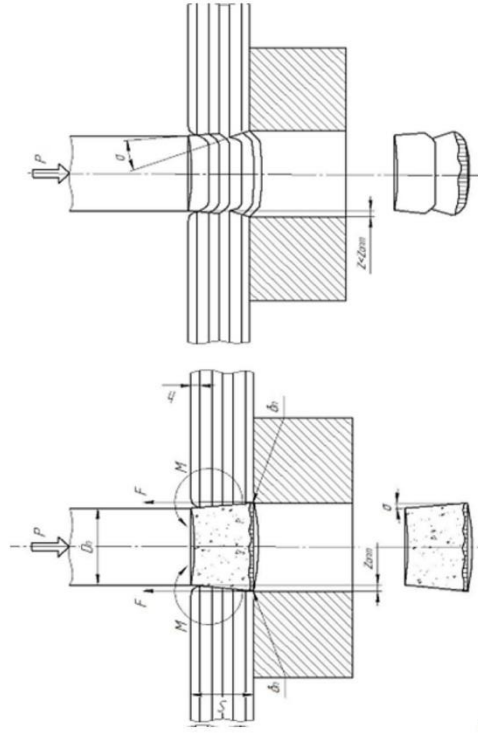


Рисунок 3 Розміщення тріщин сколювання в залежності від зазору при пробиванні

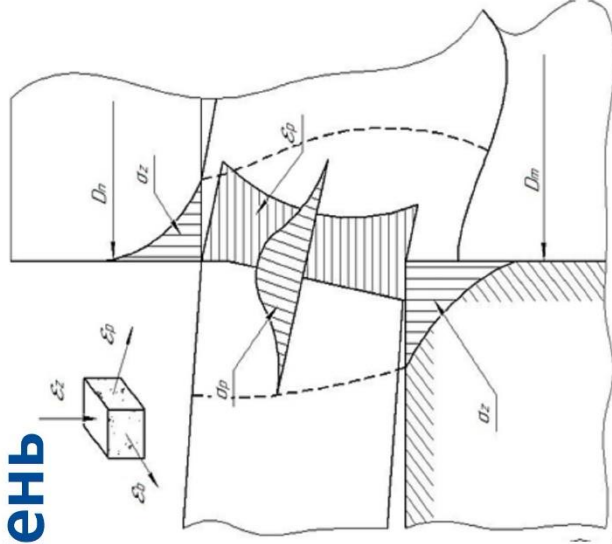


Рисунок 2 Епюри напруги і деформації по місцю деформації при пробиванні

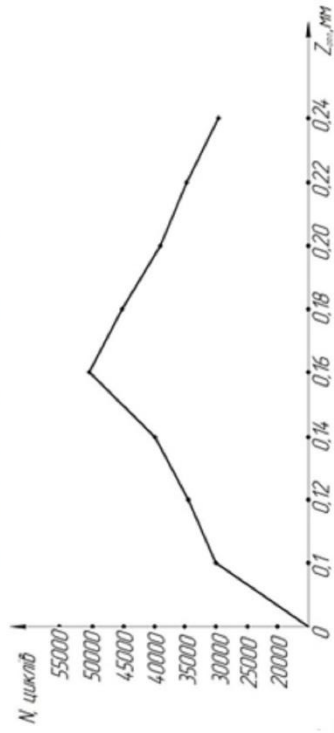


Рисунок 4 Вплив зазору між інструментом на його довговічність

Результати теоретичних та експериментальних досліджень (продовження)

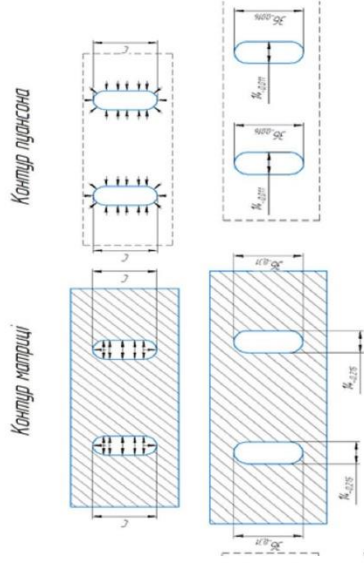


Рисунок 4 Направлення зношування інструмента при прибиванні а, розміри отворів та відповідні розміри матриці б

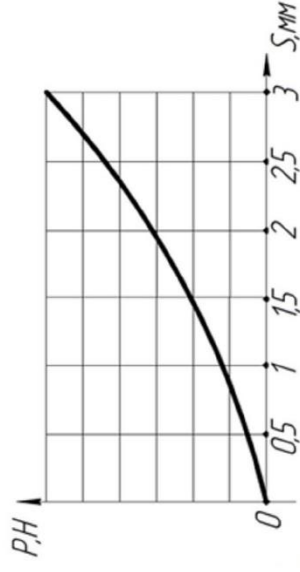


Рисунок 5 Залежність величини сили штампкування від товщини матеріалу

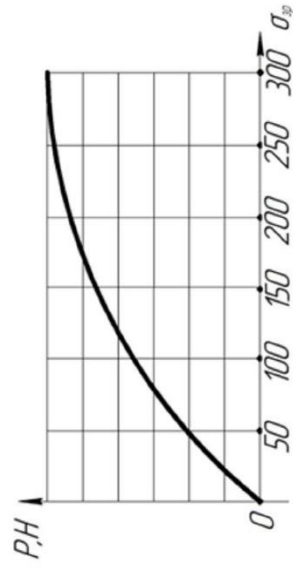


Рисунок 6 Залежність величини сили штампкування від границі плинності матеріалу

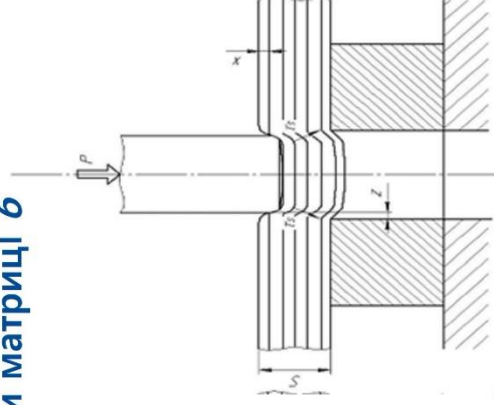


Рисунок 7 Схема проникнення пуансона в метал при пробиванні

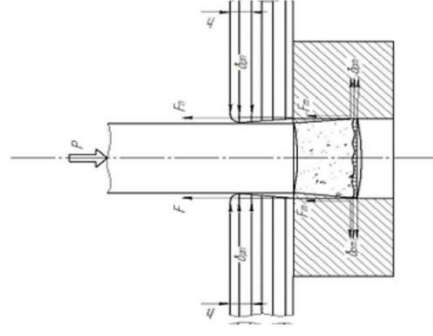


Рисунок 8 Схема дії сил тертя

Додаток Д
(Обов'язковий)

**ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ**

МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ АВТОМАТИЧНОЇ ЛІНІЇ ХОЛОДНОГО
ШТАМПУВАННЯ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПРОФІЛЬНОГО ВИРОБУ

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Модернізація конструкції автоматичної лінії холодного штампування для виготовлення профільних виробів»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ Кафедра «Гатузевого машинобудування», ФМТ.
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unicheck

Оригінальність 91,3% Схожість 8,7%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

✓ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку _____ Шенфельд В. Й.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unicheck щодо роботи.

Автор роботи _____ Мельник Б.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи _____ Поліщук Л.К.
(підпис) (прізвище, ініціали)