

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
Марчук Володимир Вікторович

Прізвище, ім'я, по батькові студента(ки)

На здобуття першого (бакалаврського) ступеня вищої освіти

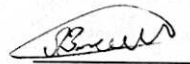
Розробка автоматизованого пневматичного пресу для формування виробів з
пластичного матеріалу

Назва теми

Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи управління галузі

Шифр БРМА 25.00.00.000 ПЗ

Виконав студент(ка) 4 курсу група _____
Шифр


Підпис

Марчук В.
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник канд. техн. наук
Науковий ступінь, вчене звання


Підпис

Володимир Шиндровський
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер _____
Посада


Підпис

Гундик
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри МАЕЕС
Назва


Підпис

Віталій НЕУМАК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

2.08.25
Дата

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Рівень вищої освіти перший(бакалаврський)
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма Робототехнічні та мехатроні системи галузі

АНОТАЦІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Марчук Володимир Вікторович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

Тема роботи Розробка автоматизованого пневматичного пресу для формування виробів з пластичного матеріалу.

1. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання рецензента _____

2. Обсяг бакалаврської роботи: креслень 5 арк, сторінок записки 55

3. Характеристика розділів пояснювальної записки:

В першому розділі перевірено наявність існуючих технічних рішень за темою роботи та розроблено складну кваліфікаційну пресу. В другому розділі здійснено проектування конструкції автоматизованого пневматичного пресу для формування виробів з пластичного матеріалу та визначено вимоги до конструкції пресу з урахуванням вимог експлуатації. В третьому розділі проведено розрахунки, що підтверджують придатність пресу.

Підпис студента В. Марчук

" 2 " 06 2025 р.

РІШЕННЯ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ:

Протокол 5 від 30 06 2025 р.

Оцінка роботи ЕК 4,0

Рекомендації ЕК —

Особливі відмітки —

Технічний секретар [Підпис]

Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

" 30 " 06 2025 р.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем
Рівень вищої освіти перший(бакалаврський)
Галузь знань 13 Механічна інженерія
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування
Освітня програма Роботехнічні та мехатронні системи галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____

_____ 2 . 06 . 20 25 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Марчук Володимир Вікторович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка автоматизованого пневматичного
пресу для формування виробів з пластичного
матеріалу.

Керівник роботи _____

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання

Затверджено наказом ректора університету від 7 02 2025 р. № 23

2. Строк подання студентом кваліфікаційної роботи на кафедру 2.06.25

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики автоматизованого
пневматичного пресу для формування виробів з пластичного
матеріалу

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз існуючих технічних рішень за темою роботи;
2. Підприємство конструкції автоматизованого пневматичного
пресу для формування виробів з пластичного матеріалу;
3. Розробити, що підтверджується проектування пресу.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

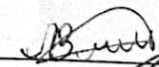
7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН


| Назва етапів (розділів) кваліфікаційної роботи | Строк виконання етапів роботи | Примітка |
|--|-------------------------------|----------|
| 1. Огляд та аналіз існуючих технічних рішень за темою роботи | | |
| 2. Проектування конструкції автоматизованого пресу для формування виробів з пластмасовою матеріалу | | |
| 3. Розроблення що підтверджує надійність пресу | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Студент(ка)

Керівник роботи



 Підпис



 Підпис

Марець В

 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ


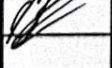


Володимир Володимирович

 Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Зміст

| | ст. |
|--|-----|
| Вступ..... | 5 |
| 1 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень за темою роботи | 7 |
| 1.1 Загальна класифікація пресів..... | 7 |
| 1.2 Застосування пресового обладнання у легкій промисловості | 11 |
| 1.3 Порівняння різних видів обладнання..... | 15 |
| Висновки по розділу 1..... | 23 |
| 2 Проектування конструкції автоматизованого пневматичного пресу для формування виробів з пластичного матеріалу | 24 |
| 2.1 Визначення вимог до конструкції преса з урахуванням умов експлуатації | 24 |
| 2.2 Розробка пневматичної схеми приводу пресу | 26 |
| 2.3 Структурна модель пресу..... | 33 |
| Висновки по розділу 2..... | 36 |
| 3 Розрахунки що підтверджують працездатність пресу | 37 |
| 3.1 Розрахунок параметрів пневмоциліндра..... | 37 |
| 3.2 Розрахунок параметрів рами преса..... | 40 |
| 3.3 Розрахунок кріпильних елементів на дію зусилля | 44 |
| Висновки по розділу 3..... | 45 |
| Загальні висновки | 47 |
| Перелік використаних джерел..... | 48 |
| Додатки..... | 52 |

БРМА 25.00.00.000 ПЗ

| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | | | |
|------|------|---------------|---|------|--|------|------|---------|
| | | Марчук В.В. |  | | Розробка автоматизованого пневматичного пресу для формування виробів з пластичного матеріалу | Літ. | Арк. | Акрюшів |
| | | Онофрійчук В. |  | | | 4 | 55 | |
| | | Пундик |  | | ХНУ, гр. РМ-21-1 | | | |
| | | Неймак |  | | | | | |

Вступ

На даний час важко знайти підприємство легкої промисловості, де не буде у використанні хоча б найпростіше пресове обладнання. Більш того, навіть у домашньому господарстві можна зустріти деякі варіанти такого обладнання, наприклад, гвинтові преси для віджиму соку. Якщо говорити про більш серйозне устаткування підприємств, то можна впевнено сказати, що інженери зайшли в технічному плані досить далеко, але з розвитком промисловості потрібно постійно як вдосконалювати старі, так і проектувати нові, більш продуктивні, простіші в експлуатації, досконаліші системи.

У сучасній легкій промисловості стає все більше малих і середніх підприємств, де немає потреби в потужному і, відповідно, енерговитратному пресовому обладнанні. Тому переважно використовуються електромеханічні або пневматичні приводи. Але крім переваг такого обладнання є ще багато недоліків: висока вартість, громіздкість, низька ефективність, важкість у налаштуванні. По оснащенню сучасних підприємств можна побачити те, що зараз ціниться з одного боку: простота, надійність, універсальність. Також з іншого боку головним є відносно низькі витрати на конструювання та обслуговування.

Формування виробів з пластичних матеріалів є поширеним процесом у галузях машинобудування, легкої та харчової промисловості. Вироби з пластичних матеріалів застосовуються у вигляді конструктивних елементів, упаковки, деталей механізмів та інших не складних форм.

Для забезпечення стабільних форм, точності в розмірах та необхідних механічних властивостей виробів потрібно використовувати ефективні методи обробки, серед яких в першу чергу вибирають пневматичні преси.

Одним з найбільш перспективним напрямком вдосконалення виробничих процесів є автоматизація. Завдяки їй можна оптимізувати технологічні процеси, що в свою чергу дозволяє зменшити вплив людського

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 5 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

фактору та збільшити продуктивність праці. В становлення автоматизованих систем не тільки полегшує людську працю, а й дозволяє зменшити вартість готових виробів, підвищити якість та скоротити витрати часу для виробництва.

Автоматизований пневматичний прес є технічним обладнанням, що поєднує в собі переваги пневмоприводу (швидкість, простота обслуговування, екологічність) та можливості автоматики, що забезпечує точне керування та швидкість виготовлення виробів. Використання такого обладнання дозволяє не лише підвищити якість продукції, а й забезпечити безперервність виготовлення продукції, гнучкість переналаштування під інші вироби.

| | | | | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|--|--|--|------|
| | | | | | | | | | Арк. |
| | | | | | | | | | 6 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | | | | |

1 Огляд та аналіз існуючих технічних рішень

1.1 Загальна класифікація пресів

Прес – це пристрій, призначений для прикладання тиску до об'єкта з метою його обробки. Такі механізми використовуються для створення зусилля задля ущільнення речовини, зневоднення, зміни форми, піднімання і переміщення важких предметів.

Зусилля стиску в тілах, які пресуються, створюються з метою:

- а) зміни форми (наприклад, штампувальні преси);
- б) грудкування дрібнодисперсних та порошкоподібних матеріалів (наприклад, за допомогою брикетних пресів);
- в) зменшення об'єму пухких речовин (наприклад, пакувальні преси);
- г) розділення тіл, які знаходяться в різних агрегатних станах (наприклад, зневоднювальні фільтр-преси);
- д) з'єднання деталей під великим тиском (складальні операції);
- е) механічних випробувань металів, кристалів тощо

Для преса притаманне поступове наростання робочого тиску і жорстке з'єднання робочого органу з приводом. Також пресове обладнання використовується для кування або вирубування різних форм і деталей. У такому випадку для цього обладнання вже є притаманним різке збільшення тиску у короткий проміжок часу. За способом приведення в дію розрізняють: пневматичні, гідравлічні, електромагнітні, механічні та гідромеханічні. Зусилля, які розвиваються найпотужнішими пресами, досягають близько 750 МН. Якщо говорити про пневматичні механізми легкої промисловості, то найбільше можливе зусилля рівне 3-5 кН. Вони застосовуються здебільшого для пробивання, штампування або пресування м'яких матеріалів (тканин, шкіри, гуми). [29]

За конструктивними особливостями розрізняють такі преси:

Клинові преси – це механічні преси, у яких зусилля на деформування заготовки створюється за допомогою клинового механізму, що перетворює

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 7 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

поступальний рух у зусилля пересування. Цей тип преса застосовується переважно для операцій об'ємного штампування, кування, витягування, пробивання та інших технологічних процесів, де потрібне велике зусилля в короткий момент часу.

Пробивні - різновид машинного преса, що використовується для прорізання отворів у матеріалі. Він може бути невеликим, з ручним керуванням і передбачати один простий набір штампів, або бути дуже великим, керованим за допомогою ЧПК, з багатопозиційною револьверною головкою та містити набагато більший і складніший набір штампів (матриць).

Гвинтові - це різновид машинного преса, в якому плунжер приводиться до руху вгору і вниз, за допомогою гвинта. Гвинтовий вал може обертатися ручкою або колесом. Він працює завдяки використанню гвинта для перетворення обертання руків'я або приводного колеса, на невелике пересування вниз з більшою силою.

Важільні - преси в яких стискання здійснюється за допомогою довгого важеля. У випадку одноплечих важільних пресів, важіль діє за законом важеля (сила стискання залежить від довжини плеча) або тиск створюється у тому числі, за допомогою прикріпленого вантажа, гвинтового або ручного тиску (друкарський прес) безпосередньо на плиту преса, чи важіль служить як ручний привод поршня гідроциліндра для створення тиску мастила (прес Брамаха).

Листозгинальні (рисунок 1.1) - такі машини використовуються у машинобудуванні, приладобудуванні та будівництві для виготовлення різноманітних замкнутих в незамкнутих профілів, коробів, коробок а також циліндрів, труб, конусів тощо. За принципом роботи листозгинальні машини поділяються на пресові, машини з поворотною згинальною балкою та ротаційні вальцеві.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 8 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 1.1 – Листозгинальний прес WC67Y-30T/1600

Листозгинальний прес WC67Y-30T/1600 — це обладнання, призначене для згинання листового металу з високою точністю та стабільністю. Завдяки жорсткій рамній конструкції та синхронізованій роботі балок, прес забезпечує рівномірне зусилля по всій довжині згину, що дозволяє досягти якісного результату навіть при обробці довгих або тонких заготовок. Його широко застосовують у металообробці, вентиляційній, меблевій, рекламній галузях, а також у виробництві корпусних деталей. Прес поєднує простоту експлуатації з надійністю та здатністю працювати як у дрібносерійному, так і у постійному виробництві. Це зручне та універсальне рішення для підприємств, яким потрібна точна обробка металевого листа з мінімальними витратами на налаштування та обслуговування [30].

Гідравлічні – це преси які загалом використовуються у всьому переліку обробки металів тиском. Принцип дії такого обладнання базується на законі Паскаля, згідно з яким тиск у рідині передається у всіх напрямках рівномірно. Це дозволяє створювати велике зусилля при відносно невеликому робочому тиску. Серед основних процесів, які можна виконувати на такому обладнанні можна

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 9 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

виділити глибоке витягування металів, яке використовується для виготовлення безшовних ємностей, баків та інших об'ємних виробів. Часто гідравлічні преси застосовуються у процесах кування, де потрібно прикладати велике рівномірне зусилля протягом тривалого часу. Також на таких пресах здійснюють згинання, правку та випрямлення листового металу. Вони особливо підходять для операцій волочіння, оскільки можуть забезпечувати найбільше зусилля всією довжиною ходу, незалежно від положення повзуна. Також застосовуються для різання, або як обладнання для проведення механічних випробувань чи у ролі домкрата.

Кривошипні – це обладнання з кривошипно – шатунним механізмом, яке призначене для штампування різних деталей. У даному пресі зусилля на інструмент передається через ексцентриковий механізм. Вони широко використовуються в металообробці, особливо для штампування, пробивки та вирубки. На рисунку 1.2 зображено кривошипний прес, який використовується на підприємствах легкої промисловості для виготовлення дрібних деталей з металу.[28]



Рисунок 1.2 - Кривошипний прес HESSY FR 20 P

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 10 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Пневматичні преси – це машини, які використовують стиснене повітря для створення зусилля, необхідного для виконання різних операцій з об’єктом обробки. Вони прості в обслуговуванні, швидкі та безпечні. Частіше використовуються у легкій промисловості, оскільки мають менше зусилля в порівнянні з іншими. Дане обладнання чудово підходить для виробництв швейної промисловості, а також для встановлення на підприємствах з високим рівнем запиленості, або можливими витоками горючих газів чи рідин.

1.2 Застосування пресового обладнання у легкій промисловості

Пресове обладнання є досить поширеним видом обладнання легкої промисловості. Воно забезпечує виконання багатьох завдань, таких як вирубка, тиснення, формування, з’єднання матеріалів. Найбільш поширене таке обладнання саме у виробництві текстильних, шкіряних та взуттєвих виробів легкої промисловості.

Однією з основних переваг такого обладнання є його здатність забезпечити високу продуктивність та точність у виготовленні виробів легкої промисловості. Саме завдяки високій продуктивності можна скоротити виробничі цикли та підвищити ефективність підприємства, а точність обладнання забезпечує стабільні розміри та якість виробів, що є важливим при серійному виробництві. Також одне і те саме обладнання може бути використане для багатьох видів обробки: вирубки, формування, тиснення, пресування.

Сучасні системи автоматизації дозволяють легко інтегрувати пресове обладнання у автоматизовані виробничі лінії (рисунок 1.3), що зменшує потребу в ручній праці та знижує відсоток людської помилки, що тягне за собою більш раціональне використання матеріалу та зменшення браку виробництва.

Загалом преси використовують для вирубки деталей з тканини чи шкіри, тиснення логотипів на виробах, формування деталей, створення декоративних візерунків, встановлення фурнітури, тощо.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 11 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |



Рисунок 1.3 - Автоматизована виробнича лінія SALVAGNINI[16]

У швейній промисловості найчастіше пресове обладнання використовують для термічної обробки текстилю за допомогою термопресів (рисунок 1.4). З їх допомогою виконують дублювання, здійснюють фіксацію елементів, а також наносять декоративні зображення на готові вироби. Преси дозволяють забезпечити рівномірний розподіл тиску та температури, що важливо для забезпечення високої якості виробів.



Рисунок 1.4 - Термопрес Dison DS-T82 для дублювання тканин[27]

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 12 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

У взуттєвій промисловості преси виконують функцію формування та з'єднання елементів взуття. Зокрема використовуються для пресування підошв, формування верху взуття та з'єднання деталей за допомогою клею. Взуттєві виробництва також використовують термопреси для вулканізації гумових деталей, пресування шкіри та фінального складання багат шарових деталей виробництва.

У виробництві пресове обладнання використовується для висікання деталей зі шкіри та штучних матеріалів, формування елементів сумок, ременів, гаманців та інших виробів. Крім того, преси активно використовуються для нанесення тиснення на шкіряні поверхні – логотипів, візерунків, декоративних або функціональних маркувань. У таких операціях важливою є точність позиціонування та стабільність тиску, що забезпечується завдяки застосуванню сучасних механічних, пневматичних або гідравлічних систем.

Також пресове обладнання знайшло своє застосування в текстильній галузі, зокрема у процесах ламінації тканин, де термопреси дозволяють з'єднувати текстильні полотна з плівками, утеплювачами, мембранними шарами. У таких випадках важливо забезпечити не лише надійне з'єднання шарів, а й зберегти гнучкість, міцність і дихаючі властивості матеріалу. Преси застосовуються і для попередньої обробки рулонних тканин, де вони допомагають ущільнити матеріал перед пакуванням або транспортуванням.

У виробництві технічного текстилю та нетканих матеріалів пресове обладнання використовується для пресування у форми, а також для виготовлення формованих деталей технічного або побутового. У таких процесах важливими є рівномірність тиску та можливість обробки матеріалів складної форми та структури, що досягається завдяки застосуванню спеціальних пресів з адаптивними параметрами.

Прикладом автоматизованого обладнання є прес для встановлення кнопок (рисунок 1.5). Він використовується у текстильній промисловості для швидкого і

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 13 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

точного встановлення кнопок типу «snap», або «кнопки – гудзики» на одязі, аксесуарах та інших виробках.



Рисунок 1.5 – Автоматичний прес для встановлення кнопок SM600-M

Прес працює на основі електромеханічного принципу, живиться від стандартної мережі 220 В, має споживану потужність 90 Вт та забезпечує продуктивність до 120 циклів за хвилину, що дозволяє значно підвищити ефективність виробничого процесу. [4]

SM600-M відзначається простотою в експлуатації, високою точністю встановлення фурнітури, а також надійністю та довговічністю конструкції. Пристрій має автоматичну подачу фурнітури, що зменшує участь оператора в процесі та знижує ризик браку.

Важливо зазначити, що модель передбачає можливість змінювати прес-форми відповідно до типу кнопок, що забезпечує універсальність її використання.

Також у текстильній промисловості за допомогою пресів прикріплюють термонаклейки. Таке обладнання використовують і у пакувальному виробництві,

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 14 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

що дозволяє швидко і точно формувати коробки, футляри та інші елементи пакування з полімерів.

Усе вище зазначене свідчить про те, що пресове обладнання в легкій промисловості виконує не лише допоміжну, а часто й ключову функцію у формуванні кінцевих споживчих властивостей продукції. Розвиток автоматизованих і цифрових систем керування дозволяє значно розширити функціональні можливості пресів, підвищити їх продуктивність і зменшити вплив людського фактору. Завдяки цьому пресове обладнання залишається невід’ємним елементом сучасного виробництва у легкій промисловості, сприяючи підвищенню якості, ефективності й конкурентоспроможності готової продукції.

1.3 Порівняння різних видів обладнання

Пресове обладнання відіграє ключову роль у виробничих процесах легкої промисловості, особливо коли мова йде про формування виробів з пластичних матеріалів. У цій галузі широко використовують різні типи пресів — гідравлічні, пневматичні, ексцентрикові (механічні) та електромагнітні. Кожен з них має свої технічні особливості, сфери застосування, переваги та недоліки, що визначає їх ефективність у певних виробничих задачах.

Гідравлічні преси є одними з найпотужніших серед пресового обладнання і широко застосовуються для виконання важких операцій формування, штампування та вирубування деталей з різноманітних матеріалів, включно з пластичними. У легкій промисловості їх часто використовують для обробки шкіри, шкірозамінників і полімерів, де потрібна значна сила тиску та рівномірність розподілу навантаження. Завдяки системі рідинної передачі зусилля гідравлічний прес здатен створювати тиск у сотні тон, що забезпечує високу точність обробки і якість готових виробів. Наприклад, за допомогою гідравлічних пресів виконують вирубування заготовок, а також створюють тиснення декоративних візерунків та логотипів на шкіряних виробах. Однак, незважаючи

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 15 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

на значні технічні можливості, гідравлічні преси мають ряд недоліків: громіздкість і значна вага обладнання, що ускладнює його розміщення в обмежених виробничих площах; складність технічного обслуговування через наявність великої кількості рухомих гідросистем; підвищене енергоспоживання і необхідність наявності кваліфікованого персоналу для обслуговування. Крім того, цикли роботи таких пресів зазвичай повільніші у порівнянні з іншими типами, що знижує їх доцільність для виробництв з великими обсягами та високою швидкістю виготовлення.

У легкій промисловості для пресування пластичних матеріалів зазвичай використовують гідравлічне обладнання, яке має дві робочі плити (платформи). Таке обладнання широко розповсюджене на підприємствах, які займаються переробкою відходів, або при виробництві тканин та упаковки готових виробів. Приклад такого пресу зображено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Гідравлічний прес HYDROFORMA

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 16 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Дане обладнання широко використовується в легкій промисловості для пресування пластичних матеріалів. Його конструкція побудована на жорсткій зварній рамі з чотирма напрямними, що забезпечують точність переміщення рухомої плити та стабільність роботи під великим навантаженням. Прес оснащений двома потужними гідроциліндрами, які створюють рівномірний тиск на поверхню матеріалу, а робоча зона представлена верхньою і нижньою плитами, які можуть мати електричний нагрів для термоформування.

Цей тип обладнання дозволяє виконувати гаряче та холодне пресування полімерів, композитів, шкіри, тканин, нетканих та інших матеріалів. Управління здійснюється через панель керування з кнопками запуску, аварійної зупинки та манометром для контролю зусилля. Прес забезпечує високу точність і повторюваність циклів, що робить його придатним для виготовлення виробів, де важлива форма, товщина і рівномірність структури.

Завдяки своїй універсальності цей прес часто використовують при виготовленні декоративних накладок, жорстких та напівжорстких деталей, панелей із вторинного пластику, елементів для взуття або одягу, а також для формування багатошарових композиційних виробів. Гідравлічна система преса дозволяє працювати з високим зусиллям, зберігаючи при цьому стабільність і контроль над швидкістю пресування, що важливо при обробці м'яких і термочутливих матеріалів.

Його головними перевагами є міцність конструкції, можливість тривалого безперервного навантаження, точність прикладення зусилля, а також можливість оснащення нагрівальними елементами. Недоліками є висока вартість, потреба в обслуговуванні гідросистеми та більші габарити в порівнянні з пневматичними аналогами.

Пневматичні преси, навпаки, набувають все більшої популярності у виробничих процесах легкої промисловості завдяки своїй простоті, мобільності і високій швидкості роботи. Вони функціонують за рахунок стисненого повітря, що передається до робочого циліндра. Цей тип пресів відзначається більш легким

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 17 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

технічним обслуговуванням, безпекою експлуатації (відсутність рідин під високим тиском), а також відносно невеликою вагою і компактними розмірами, що робить їх зручними для встановлення навіть у малих або мобільних виробничих лініях. Пневматичні преси використовують для операцій, що потребують середньої сили натискання, таких як пресування деталей, з'єднання елементів, формування виробів з пластичних матеріалів, виготовлення ярликів, кнопок, легких деталей фурнітури. Завдяки швидкому циклу роботи та можливості точного регулювання тиску, пневматичні преси дозволяють підвищувати продуктивність і зменшувати витрати на виготовлення виробів.

Прикладом пневматичного обладнання є прес SHUNTEC (рисунок 1.7), що використовується для точної обробки пластичних матеріалів у легкій промисловості.



Рисунок 1.7 – Пневматичний прес SHUNTEC

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 18 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Це сучасна настільна або підлогова модель з вертикальним штоком, яка використовується для таких технологічних операцій, як формування, штампування, а також термічне пресування легкоплавких пластикових або композитних матеріалів.

Конструктивно прес має вертикальне виконання з одним головним пневмоциліндром. Робоча зона захищена, що забезпечує високий рівень безпеки оператора. Панель управління обладнана кнопками запуску, аварійної зупинки, індикаторами тиску та сенсорами положення, які дозволяють здійснювати контроль за параметрами пресування в реальному часі. Поруч із основним блоком розміщено додаткову електричну панель з реле часу, що може керувати тривалістю утримання тиску або циклом зворотного ходу.

Особливістю цього преса є його компактність, низьке енергоспоживання та точне дозування зусилля. Він придатний для роботи на виробництві, де важлива точність, стабільність і безпечність. Часто використовується для збирання пластикових корпусів, електротехнічних елементів, кріплення декоративних елементів, фіксації гільз, кришок чи м'яких ущільнювачів.

Основні переваги включають:

- швидкий робочий цикл;
- високу точність позиціонування;
- знижену шумність у порівнянні з механічними пресами;
- мінімальне обслуговування через відсутність мастильних рідин.

Цей тип обладнання добре зарекомендував себе на підприємствах легкої промисловості, особливо у виробництві пластикових і полімерних виробів, упаковки, аксесуарів, а також у дрібносерійному приладобудуванні. Головним недоліком є обмежена максимальна сила пресування, яка іноді не дає змогу обробляти дуже товсті або жорсткі матеріали, проте для більшості задач легкої промисловості цього достатньо.

Приклад механічного обладнання є таблеточний прес ПП 18 (рисунок 1.8). Це механічне обладнання легкої промисловості, яке використовується для

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 19 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

формування твердих таблеток шляхом пресування сипучих, або граннульованих матеріалів.



Рисунок 1.8 – Таблеточний прес ПП 18

Таблеточний прес ПП 18 – це механічне обладнання легкої промисловості, яке використовується для формування твердих таблеток шляхом пресування сипучих, або граннульованих матеріалів.

Дане обладнання має перевагу у високій швидкості і точності операцій, що робить його незамінним у масовому виробництві. Таке обладнання не часто використовують для формування виробів з полімерів. Зазвичай його використовують для пробивання отворів, кування, штампування застібок, кнопок, пряжок та інших елементів, що потребують повторюваності й стабільності параметрів. Механічні преси прості в конструкції, мають високу надійність і довгий термін служби, що робить їх економічно вигідними для великосерійного виробництва. Однак вони менш гнучкі, і для зміни конфігурації часто необхідно замінювати інструменти та налаштовувати обладнання, що не завжди вигідно для дрібносерійного виробництва або при роботі з різними типами виробів.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 20 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

В рамках дослідження та обґрунтування вибору типу приводу обладнання доцільно проаналізувати конструкцію та принцип дії пневмогідравлічного преса ГП-20 (рисунок 1.9), який поєднує в собі швидкість пневмоприводу та зусилля гідравлічного тиску.



Рисунок 1.9 – Пневмогідравлічний прес ПГ 20

Преси цієї серії широко застосовуються у машинобудуванні, слюсарному виробництві, авторемонтних майстернях, в інструментальному та штампувальному цехах, а також у лініях збирання виробів із металу.

Пневмогідравлічний прес працює за принципом комбінованого використання стисненого повітря та гідравлічного приводу. Після подачі стисненого повітря активується пневмогідравлічний насос, який забезпечує надходження робочої рідини до гідроциліндра. Завдяки цьому досягається значне зусилля при відносно простій конструкції. Такий підхід дозволяє поєднати швидкість роботи пневматичних приводів із силою і плавністю ходу гідравліки. Це особливо важливо при виконанні точних операцій запресування, вирубки, формоутворення або калібрування [31].

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 21 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Преси цієї серії мають жорстку зварну або литу раму, яка забезпечує необхідну стабільність під час роботи. Вони оснащуються регульованим по висоті столом, що дозволяє адаптувати машину під конкретні деталі та інструмент. Повзун із гідроциліндром має плавний хід, який дає змогу точно позиціонувати заготовку і рівномірно передати зусилля. Для зручності та безпеки експлуатації преси комплектуються манометром, педальним або ручним керуванням, а також обмежувачами ходу, які запобігають перевантаженню конструкції.

Конструкція преса дозволяє виконувати широкий спектр робіт, зокрема витискання та впресування деталей, монтаж і демонтаж підшипників, гнуття профілю, клепання, а також холодне штампування тонколистового матеріалу. Деякі модифікації передбачають встановлення додаткових пристроїв для автоматизованої подачі заготовок або роботи з прес-штампами.

До беззаперечних переваг пресів цього типу слід віднести компактність, енергоефективність, відносно невелику вагу, а також відсутність необхідності в потужній гідравлічній станції. Робота від стисненого повітря дає змогу застосовувати прес у приміщеннях, де не дозволено використання гідравлічного масла у великих об'ємах. Простота конструкції також знижує витрати на обслуговування і полегшує ремонт.

Водночас слід зазначити й низку недоліків. Преси з комбінованим приводом залежать від якості стисненого повітря, і за наявності вологи або забруднень у пневмосистемі можливі збої в роботі насоса. Об'єм робочої рідини, хоч і незначний, потребує регулярного контролю та заміни. При значних навантаженнях упродовж тривалого періоду можливо підвищене тепловиділення, що призводить до падіння ефективності. Крім того, у порівнянні з класичними гідравлічними пресами, моделі типу ГП мають дещо меншу жорсткість конструкції і обмежену швидкість роботи при великих навантаженнях.

Пневмогідравлічні преси серії ГП є ефективним рішенням для широкого кола виробничих задач, де необхідна висока сила тиску за умов обмеженого простору та спрощеного керування.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 22 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновки до першого розділу

Порівнюючи всі розглянуті типи пресів з огляду на специфіку формування виробів з пластичних матеріалів у легкій промисловості, можна обґрунтувати пріоритетність вибору саме пневматичних пресів. Вони оптимально поєднують у собі ряд важливих якостей: достатнє зусилля для формування виробів, високу швидкість циклу, простоту обслуговування та відносно низькі експлуатаційні витрати. Використання пневматичних пресів дозволяє організувати ефективне, безпечне і економічне виробництво, що особливо важливо у сегменті малого та середнього бізнесу легкої промисловості. Крім того, завдяки можливості гнучкого регулювання тиску і швидкості робочого ходу, пневматичні преси легко адаптуються до різноманітних матеріалів і видів виробів, забезпечуючи високу якість продукції при мінімальних витратах часу і ресурсів. Пневматичні преси виступають як універсальне рішення для формування виробів з пластичних матеріалів у легкій промисловості. Їх застосування дозволить підвищити продуктивність, знизити витрати і забезпечити високу якість готової продукції, що робить їх пріоритетним вибором для сучасних підприємств у цій галузі.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 23 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2 Проектування конструкції автоматизованого пневматичного преса для формування виробів з пластичного матеріалу

2.1 Визначення вимог до конструкції преса з урахуванням умов експлуатації

Від правильного вибору конструкції преса та відповідності умовам експлуатації залежить продуктивність виробництва, якість виготовлених виробів, надійність та безпека обслуговуючого персоналу.

Проектування преса включає в себе детальний аналіз технічних та експлуатаційних вимог. Умови експлуатації, зокрема інтенсивність роботи, вимоги до точності та режими навантажень суттєво впливають на конструктивні рішення, які закладені на етапі розробки обладнання.

Для конструкції преса було вибрано підлогове виконання та вертикальне розташування пневмоциліндра, так як матеріали які будуть пресуватися мають сипучі властивості.

Переваги підлогового виконання рами:

- забезпечення стійкості при великих навантаженнях;
- можливість встановлення на будь-яку рівну промислову поверхню без додаткового фундаменту;
- зручність технічного обслуговування та модернізації;
- надійність при тривалій експлуатації в умовах змінних навантажень.

В конструкції рами передбачено можливість зміни висоти робочої зони для можливості працювати як і у сидячому положенні, так і стоячи.

Успішне функціонування різного обладнання на підприємстві в першу чергу залежить від правильно вибраних систем приводу. У даному випадку для створення безпечних умов було вибрано використання тільки пневматичних компонентів в конструкції преса.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 24 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Дане обладнання має використовуватися в приміщеннях, де може бути високий рівень запиленості, витік горючого газу або речовини. Саме тому для безпечної експлуатації даного пресу вирішено використовувати тільки пневматичні елементи керування.

Також для виконання умов безпеки потрібно ввести обмеження зусилля пресування, у даному випадку зусилля не має перевищувати 2 кН. Для забезпечення цієї умови потрібно використовувати:

- пневматичний редуктор тиску з фіксованим положенням;
- запобіжний пневмоклапан;
- аналоговий пневматичний манометр.

Наступним кроком дотримання безпеки є використання кнопки аварійної зупинки. Для цього буде використовуватися пневматичний аварійний клапан (розподільник) швидкого скидання тиску, який при натисканні буде відсікати подачу тиску до приводу. Для зручності він має бути розташований в легкій доступності та мати фіксацію в положенні «СТОП».

Серед вимог до приводу є потреба у контрольованій затримці тиску для якісного формування виробу. Властивості пресуючого матеріалу такі що для забезпечення пресування без пустот необхідно витримувати заданий тиск протягом певного часу. Час утримання тиску буде підібрано експериментальним шляхом, тому має бути можливість точного його регулювання. Для виконання цієї вимоги у пневматичну схему буде додано пневматичне реле часу (delay valve), для стабільного утримування зусилля протягом певного часу перед поверненням поршня.

Додатково можна використати редуктор тиску з тонким ручним регулюванням, наприклад мембранного типу, зворотній пневмоклапан, що забезпечить утримання тиску від падіння у системі під час контрольованої затримки. Також буде використано системи регулювання подачі повітря, які дадуть змогу регулювати швидкість ходу штоку пневмоциліндра та ресивер для забезпечення плавної роботи системи без стрибків тиску.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 25 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

2.2 Розробка пневматичної схеми приводу преса

Однією з ключових задач при проектуванні пресового обладнання є розробка ефективної, безпечної та надійної пневматичної схеми приводу.

Виконавчим органом пневматичного преса є пневмоциліндр, що виконує прямолінійний рух під дією стисненого повітря. Для керування його рухом використовується система розподільників, пневмокнопок, реле часу та додаткових елементів керування. У схемі керування використовується пневматичний циліндр двосторонньої дії, який приводиться в дію за допомогою бістабільного розподільника з пневматичним керуванням. Сигнал подається після натискання пускової кнопки.

Для підвищення безпеки в схемі передбачено кнопку аварійної зупинки, яка розриває подачу повітря в систему через запобіжний клапан або аварійний розподільник. Це дозволяє миттєво припинити роботу обладнання у випадку непередбаченої ситуації або загрози для оператора та повернути всі елементи у вихідне положення.

Розробка пневматичної схеми передбачає чітке розміщення наступних функціональних вузлів: блок підготовки повітря (фільтр, регулятор, лубрикатор), пусковий пристрій, (наприклад, пневматичне реле часу), розподільники напрямку потоку, виконавчий механізм (циліндр), а також дроселі для регулювання швидкості руху штока. На структурній схемі керування (рисунок 2.1) зображено основні компоненти схеми.

Структурна схема дає зрозуміти загальний принцип роботи системи без деталізації внутрішньої будови елементів.

На зображенні представлена структурна схема пневматичної системи автоматичного керування. Система починається з блока підготовки повітря, який очищає, змащує та регулює тиск стисненого повітря перед подачею в систему. Далі повітря надходить через кнопку аварійної зупинки, яка у випадку необхідності може повністю припинити подачу повітря до системи та повернути

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 26 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

всі компоненти у вихідне положення. Кнопка запуску активує робочий цикл системи.

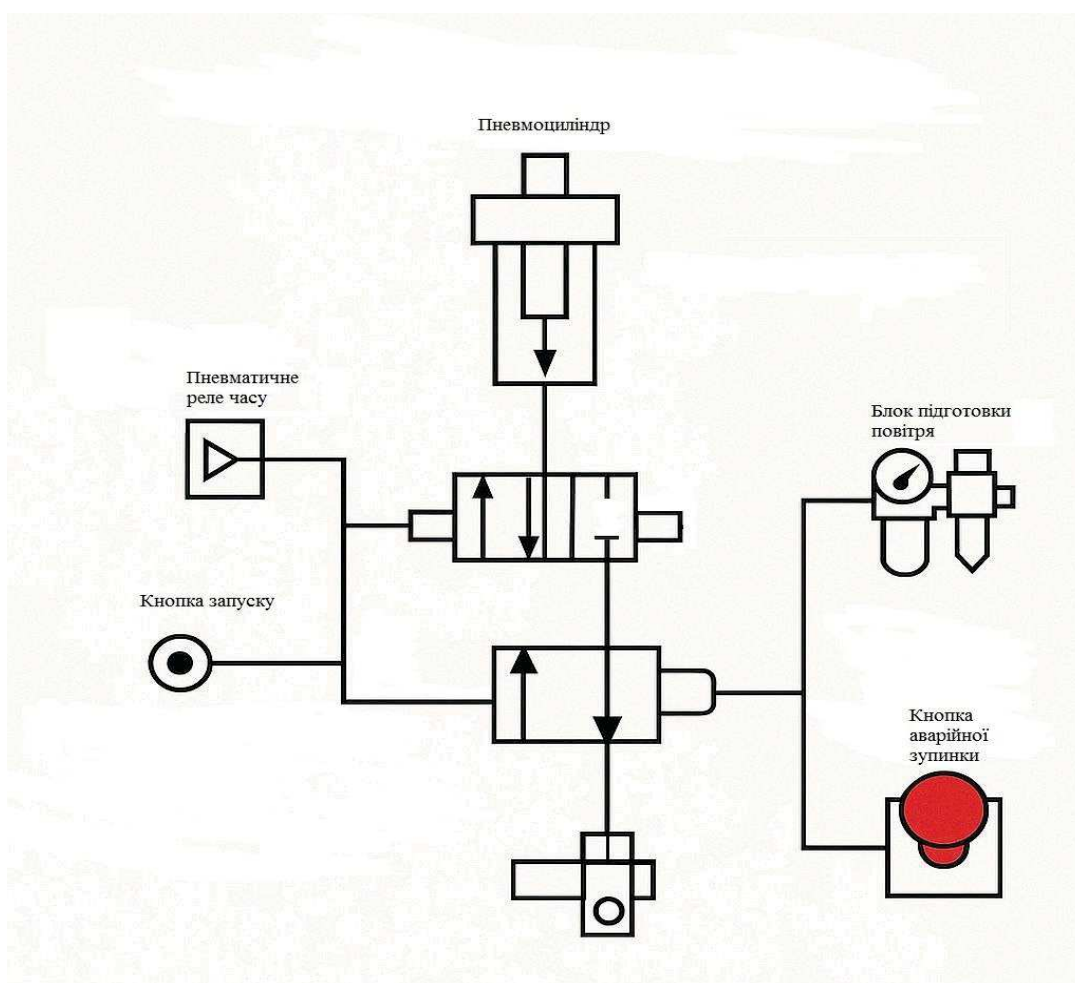


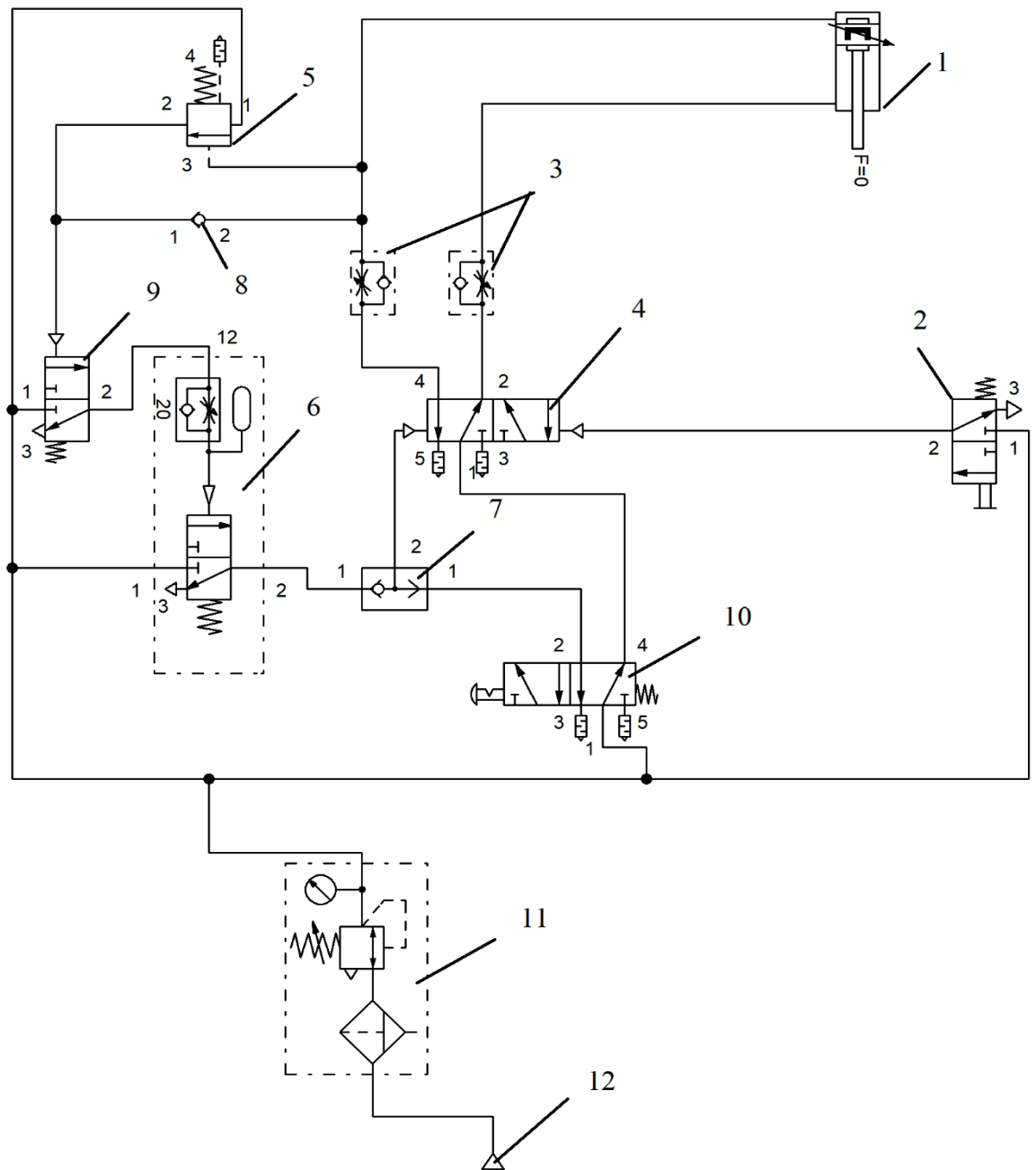
Рисунок 2.1 – Структурна схема керування пневмоциліндром

Також використано пневматичне реле часу, яке забезпечує затримку подачі сигналу для керування розподільчим клапаном, що дозволяє задати певний інтервал часу перед спрацюванням виконавчого механізму. Після спрацювання реле часу активується розподільчий клапан, який направляє стиснене повітря до пневмоциліндра. Пневмоциліндр виконує механічну дію - висуває або втягує шток. Таким чином, уся система забезпечує автоматизоване виконання циклічної дії з можливістю її аварійної зупинки.

Наступним завданням є створення принципової пневматичної схеми (рисунок 2.2), яка вже містить стандартні графічні позначення усіх елементів

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 27 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

відповідно до ДСТУ. Ця схема дає точне розуміння про підключення усіх компонентів пневматичного пресу та порядок їх спрацювання.



1 – пневмоциліндр; 2 – кнопка запуску; 3 – дросель; 4 – розподільник 5/2;
 5 – реле тиску; 6 – реле часу; 7 – логічний елемент; 8 – зворотній клапан 9 –
 розподільник 3/2; 10 – кнопка аварійної зупинки; 11 – блок підготовки повітря;
 12 - компресор

Рисунок 2.2 – Принципова пневматична схема

| | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|------|
| | | | | | Арк. |
| | | | | | 28 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | |

Під час експлуатації така схема дозволяє оператору безпечно керувати процесом пресування. Після натискання кнопки старту, повітря подається на пілотне керування розподільника, який спрямовує потік повітря до штока пневмоциліндра. При досягненні заданого тиску реле часу затримує його на необхідний інтервал, після чого система автоматично повертає шток у вихідне положення. У випадку небезпеки натискання кнопки аварійної зупинки припиняє подачу повітря, зупиняючи прес та повертає шток циліндра у вихідне положення.

Після натискання кнопки пуску 2 подається сигнал на 5/2 розподільник 4, який в свою чергу перемикається та перепускає через себе повітря до штокової порожнини циліндра 1, який починає рух в низ. При досягненні максимально зусилля, реле тиску 5 подає сигнал на реле часу 6, починається відлік. Після завершення витримки реле часу подає сигнал на пілотний вхід розподільника 4 – поршень починає рух вгору.

У випадку натискання аварійної кнопки 9 розподільник миттєво перемикається і шток повертається у вихідне положення, схема припиняє роботу. Повторний запуск можливий тільки після того як кнопка аварійної зупинки буде відпущена.

Таким чином спроектована пневматична схема приводу забезпечує не лише ефективну роботу пресового обладнання, але й високий рівень надійності, безпеки, що є критично важливим у промисловому виробництві легкої промисловості.

Для детального розуміння роботи схеми в часових рамках створено діаграму зміни зусилля пресування (рисунок 2.3).

З діаграми видно, що зусилля збільшується поступово протягом 12 секунд, далі іде витримка під тиском, у даному випадку 15 секунд, але експериментальним шляхом це число буде налаштовуватися для якісного формування. Наступний етап після витримки під тиском повернення штока у вихідне положення – зусилля різко падає до 0 за короткий проміжок часу.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 29 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

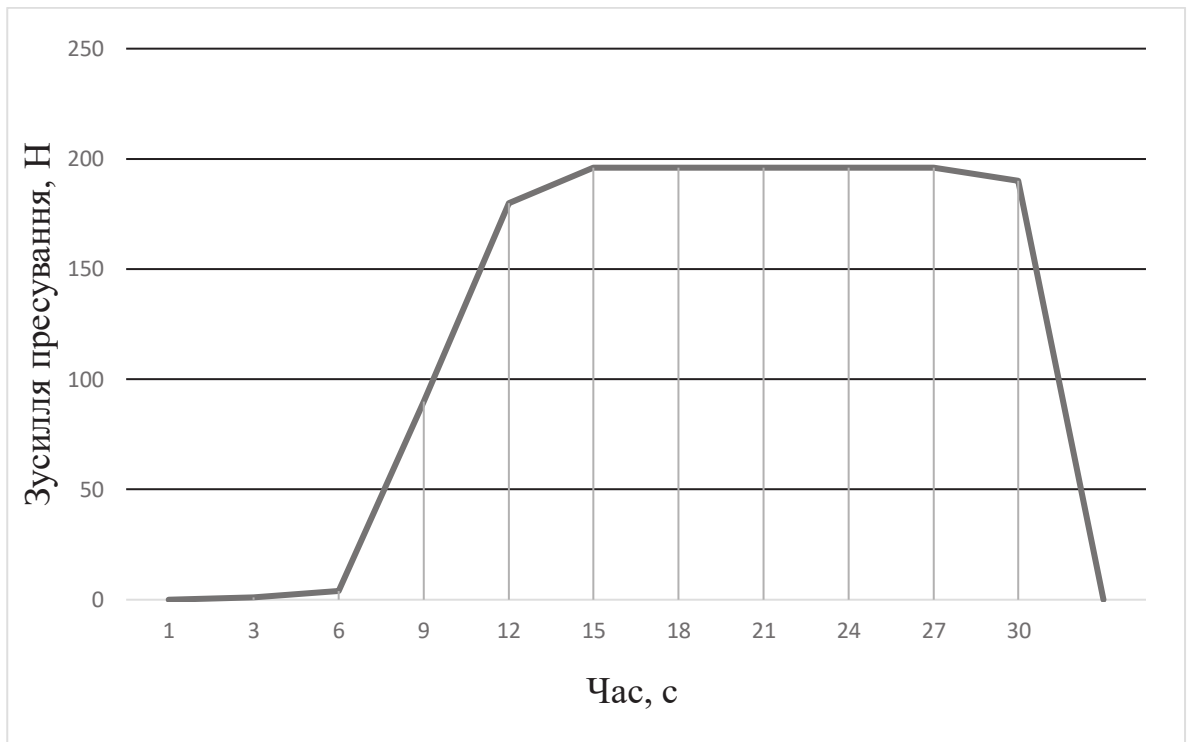


Рисунок 2.3 – Діаграма зміни зусилля пресування

Для знаходження точного числового значення можна також скористатися формулою 2.1.

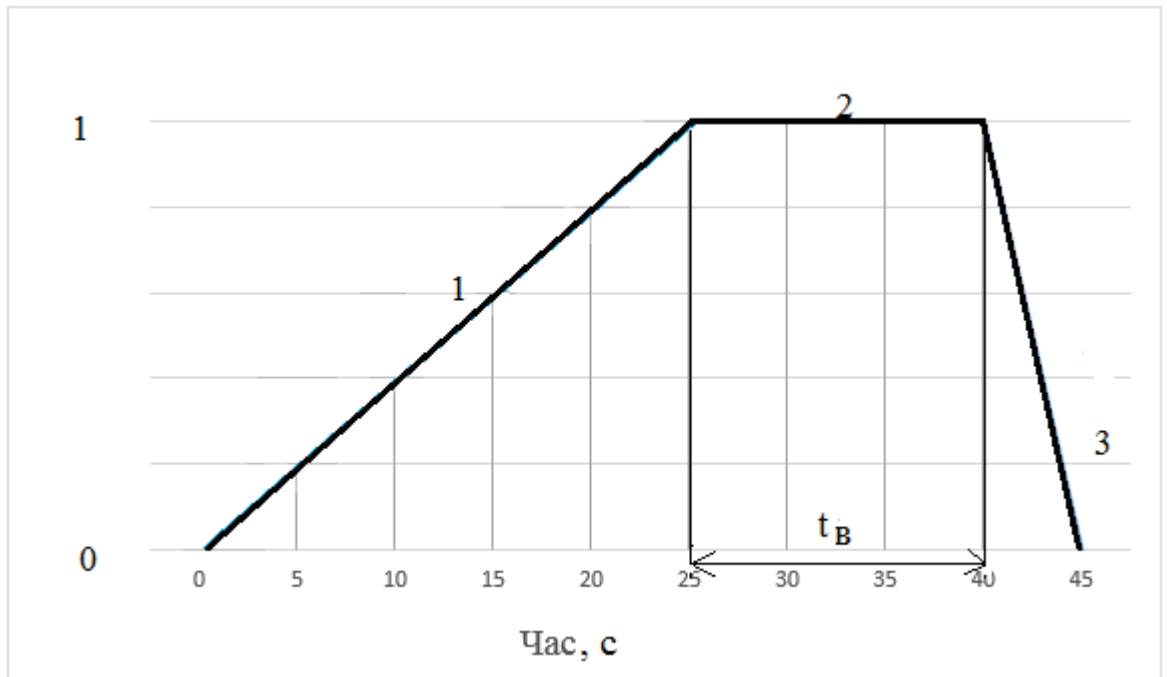
$$F = p \cdot S. \quad (2.1)$$

де F – зусилля, Н;

p – тиск у системі, Па;

S – площа поршня, м².

Для забезпечення узгодженості роботи пневматичного преса важливо чітко визначити послідовність і тривалість фаз роботи пневмоциліндра. Рух штока циліндра поділяється на декілька етапів: початковий хід без зусилля, робочий хід – пресування, витримка під тиском та повернення у вихідне положення. Для відображення цих фаз використано циклограму руху наведену на рисунку 2.4.



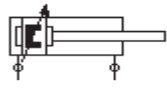
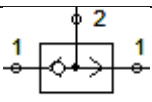
1 – пресування; 2 – витримка під тиском; 3 – повернення у вихідне положення

Рисунок 2.4 – Циклограма переміщення пневмоциліндра

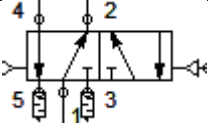
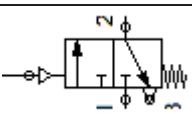
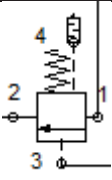
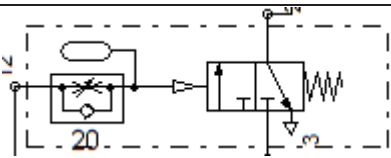
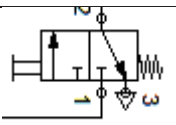
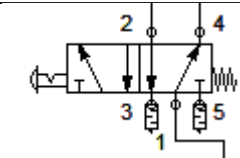
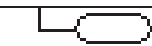
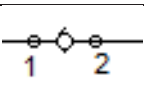

Дана циклограма відображає залежність переміщення штока циліндра від часу. На ній позначено фазу пресування, витримки та повернення у вихідне положення. Ці данні є важливими для налаштування правильної роботи пресового обладнання.

Для реалізації пневматичної схеми на практиці було вибрано ряд компонентів (таблиця 2.1).


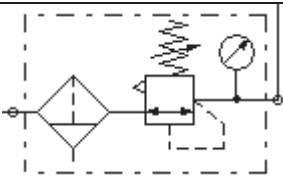
Таблиця 2.1 - Вибрані компоненти пневматичної системи.

| Назва | Характеристика | Позначення |
|---|---|---|
| Циліндр двосторонньої дії, серія 63 ISO 15552 | $D = 80\text{мм}$, $d = 12\text{мм}$, $S=200\text{ мм}$, $p = 0,6\text{ МПа}$. |  |
| Логічний елемент, серія 2L | Робочий тиск $p = 0,2\text{-}1,0\text{ МПа}$. |  |

Продовження табл. 2.1

| | | |
|---|--|---|
| <p>Розподільник 5/2, серія D, версія VA</p> | <p>Пневматичне керування, $n = 5$, $p = 0,2-1,0$ МПа.</p> |  |
| <p>Розподільник 3/2, серія D, версія VA</p> | <p>Пневматичне керування, $n = 3$, $p = 0,2-1,0$ МПа.</p> |  |
| <p>Реле часу, серія MX</p> | <p>Час затримки – $0,5...30$ с, тип дії – з затримкою на виключення, $p = 0,2-1,0$ МПа., пневматичне управління.</p> |  |
| <p>Реле тиску, серія MX</p> | <p>Тиск спрацювання - $0,1...1,0$ МПа, пневматичне керування.</p> |  |
| <p>Кнопка запуску, 354N - 925</p> | <p>Робочий тиск $p = 0,2-1,0$ МПа.</p> |  |
| <p>Кнопка аварійної зупинки, серія VMS</p> | <p>Робочий тиск $p = 0,2-1,0$ МПа, з фіксацією положення.</p> |  |
| <p>Ресивер, серія 40</p> | <p>$V = 5$ л.</p> |  |
| <p>Клапан, серія VNR</p> | <p>Робочий тиск $p = 0,2-1,0$ МПа.</p> |  |
| <p>Дросель, серія RFU-RFO</p> | <p>Робочий тиск $p = 0,2-1,0$ МПа.</p> |  |

Продовження табл. 2.1

| | | |
|---|--|---|
| Трубопровід та з'єднання, TRM 12/9 - NX | TRM 12/9 - NX |  |
| Блок підготовки повітря, серія MX | Фільтр, редуктор, лубрикатор, пропускна здатність – 1000 л/хв. |  |

2.3 Структурна модель преса

Для забезпечення ефективної, безпечної та зручної експлуатації пресового обладнання велике значення має не лише його функціональна частина, а й продумана структура. Тобто потрібно вдало зробити структурну модель, яка визначить взаємодію всіх компонентів, а також ергономічні аспекти конструкції, зокрема виконання рами.

Структурна схема дає уявлення про принципову будову преса.

До типових елементів структурної схеми належать:

- рама – несуча конструкція, на якій розміщенні всі вузли;
- пневматичний привід;
- шток з інструментом;
- система керування – кнопкова панель, пневморозподільники, педаль;
- системи безпеки – клапани, кнопка аварійної зупинки.

Рама є основним несучим елементом конструкції пресового обладнання і виконує функцію забезпечення жорсткості та сприйняття всіх зовнішніх і внутрішніх зусиль, що виникають під час роботи преса. У пресах підлогового виконання вона також визначає ергономіку роботи оператора, забезпечуючи зручний доступ до робочої зони, надійність та безпеку експлуатації.

У даному проєкті передбачається використання збірної рамної конструкції (рисунок 2.5) з профільованої сталі, що встановлюється безпосередньо на підлогу виробничого приміщення.

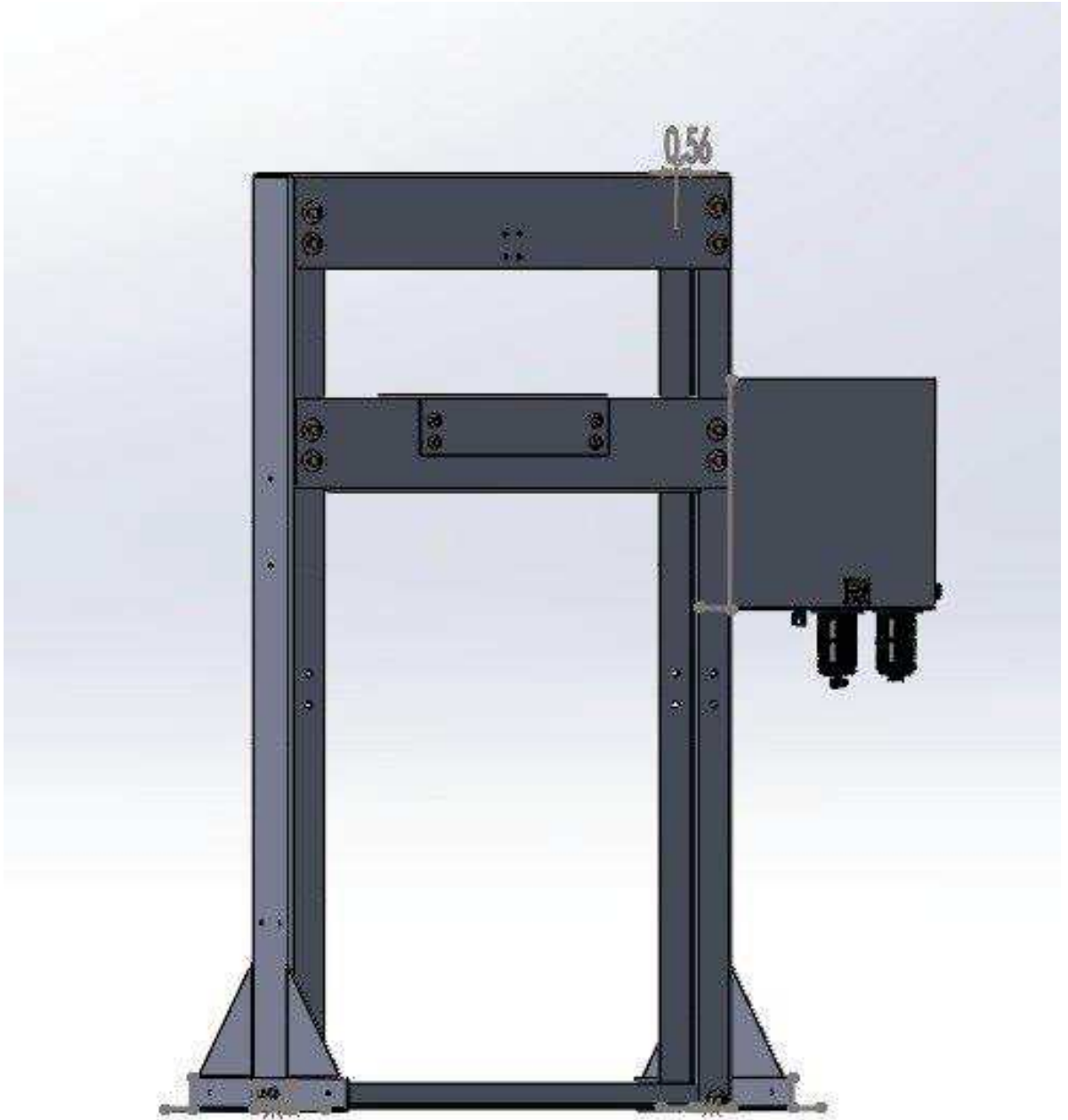


Рисунок 2.5 – Рама преса

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 34 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Така конструкція має високу жорсткість при відносно невеликій масі, легко піддається виготовленню, а також дозволяє інтегрувати різні вузли пневматичної системи без значних доопрацювань.

Робоча зона передбачає вільний доступ з фронтальної сторони, що зручно для оператора під час ручного завантаження чи вивантаження заготовок. Розміри зони відповідають вимогам до безпечної роботи та зменшення навантаження на користувача.

З огляду на специфіку виконання робіт рама може бути обладнана амортизуючими підкладками або вібропоглинаючими вставками між рамою і виконавчим механізмом. Це сприяє зниженню динамічних навантажень та продовжує ресурс обладнання.

Для забезпечення зручного обслуговування та монтажу, всі елементи пневмосистеми (розподільники, реле тиску, фільтри, кнопки керування) кріпляться на монтажну панель, встановлену безпосередньо на рамі.

Для зон дотику передбачене фарбування зносостійкими фарбами або накладки з полімерного матеріалу.

Таким чином рама, спроектована для даного пневмопреса, є оптимальним рішенням для виконання формування та пресування матеріалів у галузях легкої промисловості

Зручність роботи оператора напряду впливає на продуктивність, точність та безпеку під час виготовлення виробів. Для цього потрібно виконати такі умови:

- ергономічне розташування елементів управління – кнопки та педалі повинні бути доступними без зайвих зусиль і переміщень;
- оптимальна висота робочої зони – площа обробки виробу має бути на рівні поясу оператора, щоб зменшити навантаження на спину;
- зручний доступ до зони обслуговування - для швидкого регулювання або заміни комплектуючих.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 35 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Підлогове виконання рами дозволяє встановити обладнання безпосередньо на підлогу приміщення, без необхідності у купівлі і використанні столів чи спеціальних підставок. Таке виконання має ряд переваг, а саме:

- стійкість і надійність – масивна конструкція має більшу інерцію тому її важче перекинути або зрушити з місця при навантаженні;
- зменшення вібрацій – краще поглинання коливань до виникатимуть під час роботи за пресом;
- можливість обробки більших виробів – передбачена широка робоча зона з можливістю регулювання та з хорошим доступом до об'єкта обробки;
- простота обслуговування – підлогові моделі усіх типів мають легший доступ до механізмів, які потрібно обслуговувати;
- універсальність використання – таке виконання дозволяє зробити висоту робочої зони регульованою та дає можливість встановлення різних інструментів.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 36 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Висновок до розділу 2

Було здійснено проєктування пневматичного пресу, яке включає в себе розробку його загальної структури, визначення функціонального призначення основних вузлів, а також побудову відповідних вузлів.

У результаті, сформовано логічно узгоджену й функціонально завершену систему пневматичного преса, придатну до практичного застосування або подальшої оптимізації. Отримані схеми можуть бути використані як основа для моделювання або виготовлення дослідного зразка.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 37 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

3 Розрахунки що підтверджують працездатність пресу

3.1 Розрахунок параметрів пневмоциліндра

Розрахунок діаметра пневмоциліндра проводиться з метою забезпечення необхідної сили, яку він має розвивати, для виконання конкретних, покладених на нього задач. Від правильного вибору діаметра залежить ефективність і надійність роботи пневматичної системи, оскільки зусилля, яке створює циліндр пропорційне діаметру його поршня та тиску в системі. Якщо діаметр буде занадто малий, то циліндр не зможе створити достатнє зусилля для пресування. У протилежному випадку, коли діаметр зavelикий – це призведе до перевитрати повітря. Зростання маси та габаритів обладнання, а також зайвих витрат на експлуатацію.

Тому розрахунок пневмоциліндра є важливим етапом у проектуванні пневматичних систем. Це дозволяє досягти рівності між продуктивністю, економічністю та компактністю пристрою.

Для розрахунку діаметра пневмоциліндра необхідно знати тиск повітря у пневмосистемі, що буде використовуватись для керування циліндром, а також силу, яку має розвивати пневматичний циліндр. При проектуванні загальнопромислових систем пневматики, бажано забезпечити для роботи пневмоциліндра тиск 600 – 700 кПа, з урахуванням падіння тиску на приладах та трубопроводі.

Для попереднього визначення діаметра пневмоциліндра можна використовувати таку формулу:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F \cdot k}{p \cdot \pi}}, \quad (3.1)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 38 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

де D — діаметр циліндра, м;

F — необхідна сила, $2 \cdot 10^3$ Н,

p — тиск стисненого повітря, $0,6 \cdot 10^6$ Па,

k — коефіцієнт, що враховує додаткові навантаження на поршні, приймається

1.2 .

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot 1,2}{0,6 \cdot 10^6 \cdot 3,14}} = 0,071 \text{ м,}$$

Далі діаметр поршня пневмоциліндра вибирається зі стандартного ряду діаметрів поршнів: 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 320 мм.[14]

Якщо виходить число між двома значеннями із ряду, необхідно вибрати більше. Тому вибрано пневмоциліндр з діаметром поршня 80 мм.

У пневматичному пресі зазвичай діє осьове зусилля на стиск, тому є необхідність в розрахунку діаметра штока, тому що він має витримувати прикладене зусилля без деформації. Для цього використано формулу:

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq [\sigma]. \quad (3.2)$$

Допустиме напруження стиску для сталі 45, з якої виготовлений шток циліндра, рівне 150 МПа, або $150 \cdot 10^6$ Па. Зусилля яке буде прикладено – $2 \cdot 10^3$ Н.

Відповідно до формули 3.2 діаметр штока дорівнює:

$$S \geq \frac{F}{[\sigma]} = \frac{2 \cdot 10^3}{150 \cdot 10^6} = 1,33 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2,$$
$$d = \sqrt{\frac{4S}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,33 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 150 \cdot 10^6}} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 39 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Мінімально необхідний діаметр штока з умови міцності на стиск – 4,1 мм.

Шток циліндра має витримувати осьове навантаження без втрати стійкості.

Розрахунок проводиться за формулою Ейлера:

$$F_{кр} = \frac{\pi \cdot E \cdot I}{(\mu \cdot L)^2}, \quad (3.3)$$

де E – модуль пружності сталі, $E = 2,1 \cdot 10^{11}$

I – момент інерції поперечного перерізу штока,

L – довжина штока, $L = 0,2$ м,

μ - коефіцієнт закріплення, $\mu = 2$,

d – діаметр штока, $d = 0,006$ мм.

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64}. \quad (3.4)$$

Підставляючи значення у формулу та прирівнюючи критичне значення зусилля до $2 \cdot 10^3$ Н, отримано:

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot F \cdot (\mu \cdot L)^2}{\pi^3 \cdot E}}, \quad (3.5)$$

$$d = \sqrt[4]{\frac{64 \cdot 2 \cdot 10^3 \cdot (2 \cdot 0,20)^2}{\pi^3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11}}} = 0,0078 \text{ м.}$$

Виходячи з розрахунків на стійкість та міцність мінімальний діаметр штока повинен становити не менше 8 мм.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 40 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

При розрахунку зусилля пневматичного циліндра необхідно пам'ятати, що для циліндрів двосторонньої дії зусилля висування та втягування розраховуватиметься за різними формулами. Це пов'язано з тим, що в одній порожнині пневматичного циліндра двосторонньої дії є шток, а в іншій його немає.

Для пресового обладнання більш важливе зусилля при висуванні штока. У пневматичній схемі використовується пневмоциліндр двосторонньої дії, тому потрібно використовувати наступну формулу:

Розрахунок зусилля пневмоциліндра двосторонньої дії при висуванні:

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p, \quad (3.6)$$

$$F = \frac{3,14 \cdot 0,08^2}{4} \cdot 0,6 \cdot 10^6 = 3014,4 \text{ Н.}$$

Розрахунок зусилля пневмоциліндра двосторонньої дії при втягуванні:

$$F = p \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} - \frac{\pi \cdot d^2}{4} \right), \quad (3.7)$$

$$F = 600000 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (0,08^2 - 0,012^2) = 29480,7 \text{ Н.}$$

Зусилля при висуванні штока пневмоциліндра становить 3014,4 Н, при втягуванні – 29480,7 Н.

У результаті проведення розрахунку визначено основні параметри необхідні для забезпечення необхідного зусилля та ефективності пресового обладнання. А отримані значення дозволяють підібрати пневмоциліндр відповідної стандартної серії, що забезпечить оптимальність.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 41 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

3.2 Розрахунок параметрів рами преса

Для забезпечення надійності та безпечної експлуатації преса необхідно виконати розрахунок навантажень, що виникають у рамі під час його роботи. Основне навантаження на раму створюється в наслідок пресування. Це зусилля, як правило, діє вертикально та викликає у рамі згинальні навантаження.

Конструктивно рама складається з двох горизонтальних балок прямокутного перерізу. У процесі пресування максимальне допустиме зусилля, що передається на раму становить $2 \cdot 10^3$ Н. Це зусилля рівномірно розподіляється між усіма балками, тому навантаження на одну балку становить:

$$F_1 = \frac{F}{n} = \frac{2 \cdot 10^3}{2} = 1000 \text{ Н}, \quad (3.8)$$

Балку розглянуто як двохопорну з навантаженням посередині, при цьому максимальний згинальний момент визначається за формулою:

$$M = \frac{F_1 \cdot L}{4}, \quad (3.9)$$

де L – довжина балки, яка становить 810 мм.

$$M = \frac{1000 \cdot 0.81}{4} = 202.2 \text{ Н}. \quad (3.10)$$

Для визначення напружень, що виникають у перерізі елемента під час згину, необхідно визначити момент опору перерізу. В даному випадку розглядається П-подібна балка (швелер), геометричні розміри якої:

загальна висота профілю $H = 150$ мм;

ширина полицок $b = 132$ мм;

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 42 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

товщина стінки та полицок однакова: $s = t = 3$ мм.

Профіль симетричний відносно горизонтальної осі, тому нейтральна вісь проходить по центру висоти перерізу:

$$y_0 = \frac{H}{2}, \quad (3.11)$$

$$y_0 = \frac{150}{2} = 75 \text{ мм.}$$

Визначення моменту інерції.

Переріз розбивається на три прямокутники: дві вертикальні стінки та горизонтальна полочка. Момент інерції обчислюється як сума власного моменту інерції кожного елемента відносно нейтральної осі, з урахуванням переносу згідно з теоремою Гюйгенса.

$$I_1 = \frac{s \cdot h_1^3}{12}, \quad (3.12)$$

$$I_1 = \frac{3 \cdot 144^3}{12} = 746496 \text{ мм}^4.$$

Момент інерції однієї полицки;

$$I_{II} = \frac{b \cdot t^3}{12}, \quad (3.13)$$

$$I_{II} = \frac{132 \cdot 27}{12} = 297 \text{ мм}^4.$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 43 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Відстань до нейтральної осі:

$$d = \left| y_0 - \frac{t}{2} \right| = 73,5 \text{ мм.} \quad (3.14)$$

Площа полицки:

$$A = b \cdot t = 132 \cdot 3 = 396 \text{ мм}^2. \quad (3.15)$$

Переносний момент:

$$I_{\text{пер}} = a \cdot d^2 = 396 \cdot 73,5^2 = 2135301 \text{ мм}^4. \quad (3.16)$$

Сумарний момент інерції полицок:

$$I = (297 + 2135301) \cdot 2 = 4271196 \text{ мм}^4.$$

Повний момент інерції перерізу:

$$I_x = I_1 + I_{\text{п}} = 746496 + 4271196 = 5017,692 \text{ м}^4. \quad (3.17)$$

$$W_x = \frac{I_x}{y_{\text{max}}} = \frac{5017692}{75} \approx 66,903 \text{ м}^3. \quad (3.18)$$

Розрахунок напруження згину балки:

$$\sigma = \frac{M}{W_x} = \frac{202.2}{66903} \approx 0.612 \text{ МПа,} \quad (3.19)$$

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 44 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Отримане значення значно менше допустимої межі - $[\sigma] = 150$ МПа. Міцність перерізу на згин забезпечується з великим запасом.

Таким чином, обрані геометричні параметри елементів рами забезпечують надійну та безпечну роботу конструкції при заданому навантаженні. Запас міцності є значним, що свідчить про можливість зменшення габаритів або маси конструкції. Але з метою забезпечення додаткової жорсткості та стійкості рами, обрані розміри доцільні.

3.3 Розрахунок кріпильних елементів на дію зусилля

Для надійного з'єднання елементів конструкції преса, зокрема кріплення пневмоциліндра до рами, передбачено використання болтів з метричною різьбою. У даному випадку буде використано 16 болтів М10, які будуть сприймати навантаження на зріз від максимального зусилля пресування, яке становить 196 Н. Сила рівномірно розподіляється між усіма болтами. Тому навантаження на один елемент становить:

При розрахунку на зріз береться площа перерізу болта по внутрішньому діаметру різьби, яка для болта М10 становить:

$$F_2 = \frac{F}{n} = \frac{2000}{8} = 250\text{Н.} \quad (3.20)$$

$$d_1 \approx 8,16 \text{ мм,}$$

$$A = \frac{\pi d_1^2}{4} = \frac{3,14 \cdot (8,16)^2}{4} = 52,2 \text{ мм}^2. \quad (3.21)$$

Тоді напруження на зріз одного болта дорівнює:

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 45 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

$$\tau = \frac{F_2}{A} = \frac{250}{52,2} \approx 4,7 \text{ МПа.} \quad (3.22)$$

Допустиме значення на зріз для конструкційної сталі приймається :

$$[\tau]=120\text{МПа.}$$

Отримане значення зусилля на зріз є меншим за допустиме, тому з'єднання на болтах М10 є цілком надійним, а запас міцності становить:

$$N = \frac{[\tau]}{\tau} = \frac{120}{4,7} \approx 25,3.$$

Такий високий запас міцності вказує на можливість зменшення кількості болтів, або використання болтів меншого діаметру. Проте для забезпечення рівномірного розподілу зусилля, яке діятиме на раму, жорсткості конструкції, а також надійності і довговічності, вирішено залишити обраний розмір болтів та їх кількість.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 46 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Висновок до розділу 3

Було здійснено розрахунок зусилля пневмоциліндра при заданому тиску, а також виконано перевірку на міцність елементів рами преса при дії максимальної робочої сили. За результатами розрахунків встановлено що обрані параметри рами забезпечують низький рівень напружень із великим запасом міцності.

Також виконано розрахунок кріпильних елементів на зріз, відповідно до зусилля. За результатами розрахунку усі елементи кріплення мають достатній запас міцності. Таким чином, конструктивні рішення повністю відповідають вимогам надійності та жорсткості.

| | | | | | | |
|-------------|-------------|-----------------|---------------|-------------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 47 |
| <i>Змн.</i> | <i>Арк.</i> | <i>№ докум.</i> | <i>Підпис</i> | <i>Дата</i> | | |

Загальні висновки

1 Розглянуто типи пресів та з огляду на специфіку формування виробів з пластичних матеріалів у легкій промисловості, обґрунтовано пріоритетність вибору пневматичного обладнання. Воно оптимально поєднує: достатнє зусилля для формування виробів, високу швидкість циклу, простоту обслуговування та відносно низькі експлуатаційні витрати.

2 Використання пневматичних пресів дозволяє організувати ефективно, безпечно і економічне виробництво, що особливо важливо у сегменті малого та середнього бізнесу легкої промисловості.

3 Здійснено проєктування пневматичного пресу, а також побудову відповідних вузлів відповідно до вимог. Враховано усі вимоги безпеки та сформовано логічно узгоджену й функціонально завершену систему пневматичного преса, придатну до практичного застосування або подальшої оптимізації.

5 Розраховано зусилля пневмоциліндра при заданому тиску, виконано перевірку на міцність елементів рами преса та кріпильних елементів конструкції.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 48 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

Перелік використаних джерел

1. Саченко А. Ф., Ткаченко О. Г. Пневматичні та гідравлічні системи автоматизації: Підручник. — Київ: Вища школа, 2017. — 320 с.
2. Гусєв В. І., Герасимов А. І. Проектування пневмоприводів та систем автоматичного керування. — Львів: Бібліотека інженера, 2014. — 278 с.
3. Бойко В. С. Основи автоматизації технологічних процесів: навч. посіб. — Харків: НТУ "ХП", 2015. — 256 с.
4. Сидоренко В. І. Обладнання підприємств легкої промисловості: навч. посіб. — Київ: Легка промисловість, 2013. — 432 с.
5. Бучинський М. Я., Горик О. В., Чернявський А. М., Яхін С. В. ОСНОВИ ТВОРЕННЯ МАШИН / [За редакцією О. В. Горика, доктора технічних наук, професора, заслуженого працівника народної освіти України]. — Харків : Вид-во «НТМТ», 2017. — 448 с.
6. Попов В. М., Карпенко О. О. Елементи машин: Підручник. — Київ: Вища освіта, 2016. — 318 с.
7. Білецький П. І. Опір матеріалів: навч. посіб. — Львів: УкрДЛТУ, 2020. — 388 с.
8. Методи та засоби експериментальних досліджень / Г.Б. Параска, Д.В. Прибега, П.С. Майдан. — Хмельницький : ХНУ, 2016. — 155 с.
9. Тимошенко С. П. Опір матеріалів. — Київ: Наукова думка, 2005. — 512 с.
10. Кальченко А. І., Ковальчук С. М. Теорія машин і механізмів. — Київ: Наукова думка, 2010. — 248 с.
11. Кармаліта А.К. Монографія «Високоєфективне пресове обладнання в легкій промисловості» — Хмельницький: ХНУ, 2008р.- 164с.
12. Сидоренко О. Л. Автоматизоване проектування пневматичних схем у SolidWorks. — Вінниця: ВНТУ, 2019. — 186 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 49 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

13. ДСТУ ISO 1219-1:2009. Гідравлічні та пневматичні схеми. Графічні символи та принципи зображення. — [Чинний з 2010-01-01].

14. Каталоги фірм Festo, Camozzi, SMC. Пневматичні компоненти та системи автоматизації. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.festo.com>, <https://www.camozzi.com>, <https://www.smc.eu>

15. Shuntec Press Systems. Official website. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.shuntecpress.com>

16. Salvagnini Group. Automated production systems. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.salvagninigroup.com>

17. Костюк О. А. Проектування та розрахунок машин: навч. посіб. — Харків: НТУ "ХП", 2014. — 240 с.

18. Автоматизація технологічних процесів та виробництв / за ред. В. М. Осипенка. — Київ: Каравела, 2016. — 420 с.

19. Ковальов В. В. Пневматичні системи: проектування і розрахунок. — Київ: Арістей, 2018. — 214 с.

20. Пархоменко О. В. САПР пневматичних і гідравлічних схем. — Дніпро: НГУ, 2021. — 154 с.

21. Мельниченко В. А. Системи автоматичного керування машинобудівного виробництва. — Одеса: ОНПУ, 2013. — 320 с.

22. Лазоренко Б. Є. Основи пневмоавтоматики: навч. посіб. — Київ: НАУ, 2020. — 196 с.

23. Мироненко В. І., Швець І. М. Основи інженерної графіки та схемотехніки гідро- і пневмосистем. — Львів: ЛНТУ, 2017. — 144 с.

24. Савчук П. Г. Проектування елементів машин: навч. посіб. — Київ: КНУТД, 2018. — 230 с.

25. Pneumatics Basic Level. Textbook / Festo Didactic GmbH. — Esslingen: Festo, 2016. — 180 p.

26. Пастернак В. С., Кравець В. О. Машини легкої промисловості: конструкція та розрахунок. — Київ: Легпромінформ, 2015. — 328 с.

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 50 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |

27. 1. Прибега Д. В. Stibok [Електронний ресурс] / Дмитро Володимирович Прибега. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://stibok.com.ua/>.

28. Гнітько С. М., Бучинський М. Я., Попов С. В., Чернявський Ю. А. Технологічні машини: підручник для студентів спеціальностей механічної інженерії закладів вищої освіти. — Харків: НТМТ, 2020. — 258 с.

29. Прес // Термінологічний словник-довідник з будівництва та архітектури / Р. А. Шмиг, В. М. Боярчук, І. М. Добрянський, В. М. Барабаш ; за заг. ред. Р. А. Шмига. — Львів, 2010. — С. 160. — ISBN 978-966-7407-83-4.

30. Svartech. Вертикальний листозгинальний прес WC67Y-30T/1600: інтернет-магазин [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://svartech.com.ua>

31. NGC Industries. Hydraulic & Pneumatic Shop Presses [Електронний ресурс]. — <https://ngcindustries.com/products>

| | | | | | | |
|------|------|----------|--------|------|--|------|
| | | | | | | Арк. |
| | | | | | | 51 |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата | | |