

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри ПГМ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему

### АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОГО ПРЕСУВАННЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»  
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи  
та гідропневмоавтоматика»)

Виконавець роботи

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Демидов С. В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кулініч С. П.  
(прізвище, ініціали)

Суми 2018

Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій  
Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

Спеціальність 131 «Прикладна механіка»  
(освітня програма «Гідравлічні машини, гідроприводи та  
гідропневмоавтоматика»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ПГМ  
проф., канд. техн. наук  
І.О. Ковальов  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2018р.

**ЗАВДАННЯ**  
**до кваліфікаційної роботи магістра**  
**Демидова Станіслава Володимировича**  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз гідравлічного приводу для вібраційного пресування тротуарної плитки

затверджена наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 2018 р. № \_\_\_\_

2. Термін здавання студентом закінченої роботи 20.12.2018

3. Вихідні дані до роботи:

$P_1=18\text{кН}$ ,  $P_2=180\text{кН}$ ,  $P_3=195\text{кН}$ ,  $P_4=14\text{кН}$ ,  $P_5=10\text{кН}$ ;

$v_1 = 30 \text{ мм/с}$ ,  $v_2 = 50 \text{ мм/с}$ ,  $v_3 = 80 \text{ мм/с}$ ,  $v_4 = 87 \text{ мм/с}$ ,  $v_5 = 30 \text{ мм/с}$ ;

$l_1 = 320 \text{ мм}$ ,  $l_2 = 160 \text{ мм}$ ,  $l_3 = 380 \text{ мм}$ ,  $l_4 = 250 \text{ мм}$ ,  $l_5 = 300 \text{ мм}$ .

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_

1. Опис конструкції і принципової схеми гідравлічного приводу для вібраційного пресування тротуарної плитки
  2. Визначення розмірів гідравлічних двигунів і вибір гідравлічного обладнання
  3. Гідравлічний розрахунок приводу
  4. Розрахунок вібраційного режиму роботи приводу
  5. Розробка технологічного процесу обробки деталі
  6. Розділ з охорони праці
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Принципова схема гідравлічного приводу
  2. Робочі креслення блоків колекторних
- Всього 5 аркушів формату А1

## 6. Консультанти з роботи, із зазначенням розділів роботи

| Розділ        | Консультант  | Підпис, дата   |                  |
|---------------|--------------|----------------|------------------|
|               |              | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці | Соляник В.О. |                |                  |
|               |              |                |                  |
|               |              |                |                  |

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № пор. | Назва етапу кваліфікаційної роботи магістра                                                              | Термін виконання етапу роботи | Примітка |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|----------|
| 1      | Опис конструкції і принципової схеми гідравлічного приводу для вібраційного пресування тротуарної плитки | 12.10.2018                    |          |
| 2      | Визначення розмірів гідравлічних двигунів і вибір гідравлічного обладнання                               | 19.10.2018                    |          |
| 3      | Розробка принципової схеми приводу                                                                       | 26.10.2018                    |          |
| 4      | Гідравлічний розрахунок приводу                                                                          | 03.11.2018                    |          |
| 5      | Розробка робочих креслень блоків колекторних                                                             | 10.11.2018                    |          |
| 6      | Розрахунок вібраційного режиму роботи приводу                                                            | 17.11.2018                    |          |
| 7      | Розробка технологічного процесу обробки деталі                                                           | 29.11.2018                    |          |
| 8      | Розділ з охорони праці                                                                                   | 06.12.2018                    |          |
| 9      | Оформлення РПЗ                                                                                           | 20.12.2018                    |          |

Дата видачі завдання « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2018 р.

Студент

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Демидов С.В.  
(прізвище, ініціали)

Керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кулініч С. П.  
(прізвище, ініціали)

## РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 55 сторінок, 19 рисунків, 23 таблиці, 10 літературних джерел.

Тема магістерської роботи: «АНАЛІЗ ГІДРАВЛІЧНОГО ПРИВОДУ ДЛЯ ВІБРАЦІЙНОГО ПРЕСУВАННЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ»

Графічні матеріали: Креслення колекторних блоків №1, №2, №3, №4;  
Принципова схема гідравлічного приводу – всього 5 аркушів А1

Об'єкт розробки – гідравлічний привід вібраційного пресу для виготовлення тротуарної плитки.

Виконаний опис конструкції та принцип дії вібропреса.

Розроблений гідравлічний привід, який забезпечує наступні рухи:

- переміщення матриці;
- керування дозатором під час загрузки матриці;
- створення вібрації під час пресування речовини;
- відгрузка виготовленого виробу на стрічковий конвеєр.

Розроблений технологічний процес виготовлення колекторних блоків.

Розроблені робочі креслення спроектованих гідравлічних панелей.

ГІДРОПРИВІД, АВТОМАТИЗАЦІЯ, РОЗПОДІЛЬНИК, КЛАПАН,  
КОЛЕКТОРНИЙ БЛОК, ВІБРОІМПУЛЬС, ВІБРАЦІЯ, ВІБРОПРЕСУВАННЯ.

## ЗМІСТ

Технічне завдання

Реферат

|                                                                                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                  | 4  |
| Основні вібраційні та віброударні технологічні процеси.....                                 | 5  |
| Основні принципові схеми приводів ВМ і ВУМ.....                                             | 8  |
| 1 Опис конструкції та принципова схема вібропресувальної машини для тротуарної плитки ..... | 14 |
| 1.1 Опис конструкції та принцип дії .....                                                   | 14 |
| 1.2 Розробка гідравлічної схеми .....                                                       | 15 |
| 2 Визначення розмірів гідравлічних двигунів та вибір гідро обладнання .....                 | 19 |
| 2.1 Вихідні дані .....                                                                      | 19 |
| 2.2 Вибір робочої рідини і тиску в гідравлічних приводі .....                               | 19 |
| 2.3 Розрахунок розмірів гідроциліндрів .....                                                | 20 |
| 2.4 Вибір гідроапаратури .....                                                              | 23 |
| 3 Гідравлічний розрахунок приводу .....                                                     | 26 |
| 4 Розрахунок вібраційного режиму .....                                                      | 36 |
| 5 Розробка технологічного процесу обробки деталі .....                                      | 39 |
| 6 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях .....                                   | 48 |
| 6.1 Аналіз потенційної небезпеки й шкідливості проектного устаткування .....                | 48 |
| 6.2 Розробка запобіжного пристрою гідросистеми при зміні тиску вище заданого .....          | 51 |
| Висновки .....                                                                              | 54 |
| Література .....                                                                            | 55 |

## ВСТУП

Зазвичай вібрації, що виникають при роботі машин, небажані, так як вони погіршують якість обробки, збільшують знос інструменту, призводять до аварій і виходу з ладу обладнання та приладів.

Боротьба з небажаними вібраціями привела до створення вібротехніки, заснованої на цілеспрямованому використанні вібрацій. Вібраційні машини мають здатність, внаслідок періодичності руху робочого органу, отримувати при незначних переміщеннях великі миттєві швидкості і прискорення, завдяки чому робота органу за період стає інтенсивнішою.

Встановлено, що застосування спрямованих вібрацій спеціально підбраною частоти і амплітуди покращує якість вироблюваної продукції, сприяє комплексній автоматизації та механізації трудомістких процесів, підвищує продуктивність праці і покращує техніку безпеки. Вібраційні машини дозволяють здійснювати такі технологічні операції, виконання яких неможливо звичайними машинами. Ефективність використання вібрацій ультразвукової частоти доведена на численних прикладах; вібрації інфразвукової і звукової частоти (до 5000 Гц) в останні роки використовуються також досить широко в різних областях техніки: будівельному, дорожньому, сільськогосподарському і гірському машинобудуванні, при вантажно-розвантажувальних роботах на залізничному та автомобільному транспорті і т. д.

У технології машинобудування цілеспрямовані коливання застосовуються для вібраційних випробувань, вібраційного лиття, старіння і різання, вібропресування, віброзварювання, для інтенсифікації різних допоміжних операцій.

Вібратори, які застосовуються для технологічних цілей в машинобудуванні, за принципом збудження діляться на механічні, електричні, пневматичні і гідравлічні. Існують вібратори, які є комбінаціями цих типів. Кожен з наведених типів вібраторів має приблизно наступний діапазон робочих частот в Гц: механічні інерційні 3-200; механічні ексцентрикові - 2-300; пневматичні - до 200;

гідравлічні - 0-1000; електромагнітні – до 400; електродинамічні – 10 - 5000 і вище.

### Основні вібраційні та віброударні технологічні процеси

В останні роки набули широкого поширення нові технологічні процеси із застосуванням корисних вібрацій, практично у всіх галузях народного господарства. Високу ефективність цих процесів визначають особливості зміни фізико-механічних властивостей об'єктів обробки, а також характер силової взаємодії останніх з виконавчим робочим органом машини. Визначальним фактором інтенсифікації технологічних процесів є використання зовнішніх коливальних (пульсуючих) або періодичних, ударних (імпульсних) впливів. Переважання того чи іншого фактора інтенсифікації визначає умовний розподіл розглянутих технологічних процесів на вібраційні і віброударні.

Вібраційні технологічні процеси характеризуються коливальним гармонійним рухом об'єкта обробки або виконавчого робочого органу. Віброударні технологічні процеси характеризуються періодичним короткочасним одностороннім відхиленням від початкового положення об'єкта обробки або виконавчого робочого органу. Ці короткочасні відхилення з відносно малими амплітудами, забезпечуються зовнішнім періодичним силовим впливом у вигляді ударних імпульсів розрахункової енергії.

У табл. 1 вказані основні технологічні процеси, ефективність яких визначається використанням вібраційних або віброударних методів обробки. При складанні табл. 1 враховувалися результати і рекомендації щодо практичного застосування найважливіших вібраційних і віброударних технологічних процесів в умовах виробництва з використанням серійного або дослідно-промислового вібраційного обладнання [3, 4].

Таблиця 1 – Основні вібраційні та віброударні технологічні процеси

| Технологічний процес                                              | Технологічна операція                                                            | Метод обробки | Галузь народного господарства                                            |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------------------------------------------------------|
| Отримання заготовки виробів із непластичних порошкових матеріалів | Ущільнення, формоутворення, пресування                                           | ВУ            | Електротехнічна галузь, металургія, машинобудування автомобілебудування. |
| Отримання виробів із пластичних матеріалів при обробці тиском     | Пульсуюча витяжка, осадка, штамповка, прокатка                                   | В             | Машинобудування                                                          |
| Кінцева обробка деталей абразивними матеріалами                   | Шліфування, полірування, зміцнення                                               | В             | Машинобудування                                                          |
| Виготовлення ливарних форм                                        | Формоутворення, ущільнення                                                       | ВУ            | Металургія, ливарне виробництво                                          |
| Випробування деталей вузлів машини                                | Ресурсні, форсуючі та інші типи випробувань                                      | В, ВУ         | Приладобудування, радіотехніка, авіа-, тракторо- і машинобудування       |
| Завантажувально-розвантажувальні роботи                           | Розвантажування ємностей з сипучими вантажами, транспортування та завантажування | В, ВУ         | Залізничний та автомобільний транспорт                                   |
| Будівельно-монтажні роботи                                        | Забивка свай, ущільнення ґрунтів, пісків тощо                                    | ВУ            | Будівництво                                                              |
| Примітка. В – вібраційний, ВУ – віброударний                      |                                                                                  |               |                                                                          |



Розглянуті методи знайшли широке застосування у виробництві заготовок з порошкових матеріалів (рис. 1, а) і ущільненні формувальних сумішей (рис. 1, б), при остаточній обробці деталей абразивними матеріалами (рис. 1, в), і в будівельно-монтажних роботах (рис. 1, г). Використання цих методів при обробці пластичних матеріалів тиском (рис. 1, д), при проведенні типових випробувань (рис. 1, е), садово-збиральних (рис. 1, ж) і вантажно-розвантажувальних (рис. 1, з) робіт також підтверджує високу ефективність і доцільність їх промислового застосування в народному господарстві [2] .

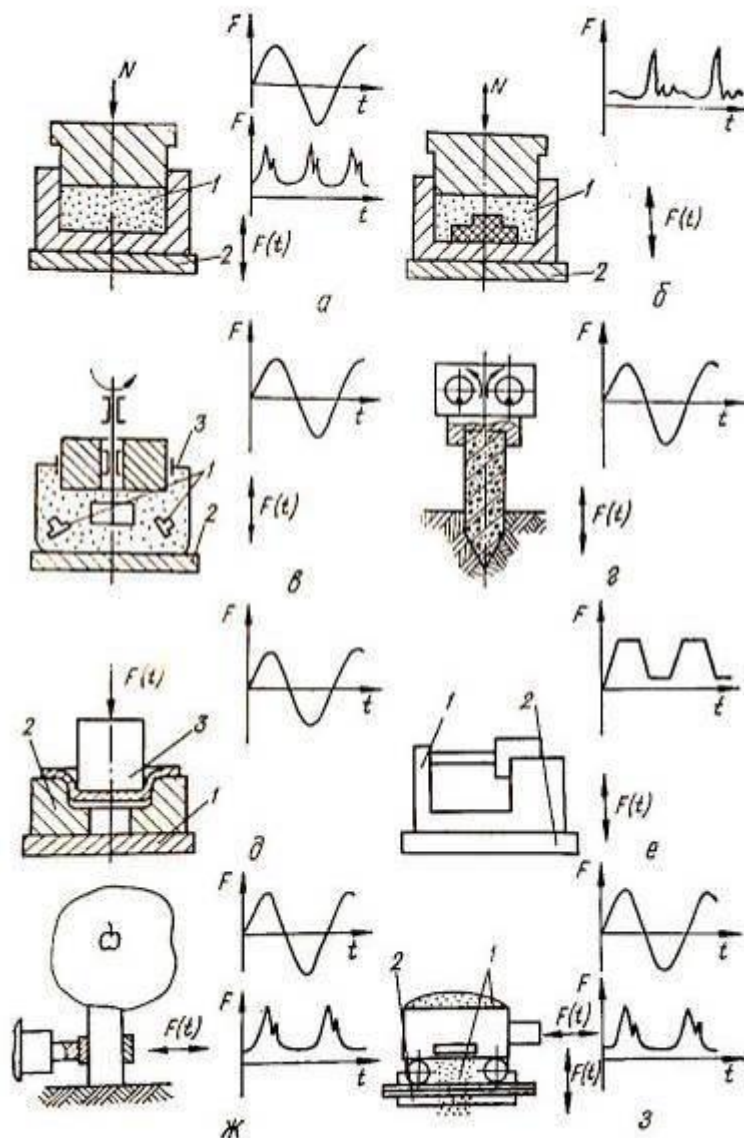


Рисунок 1 – Схема вібраційних та віброударних технологічних процесів

## Основні принципові схеми приводів ВМ і ВУМ

Короткий порівняльний аналіз різних типів приводів ВМ і ВУМ, що застосовуються в промисловості, можна провести, розглянувши основні принципові схеми цих приводів, показаних на рисунку 2 [2]. Дебалансний привід (Рис. 2, а) являється найбільш широко поширеним видом механічного приводу. Він має значні переваги в порівнянні з ексцентриковим або кривошипним приводами ВМ і ВУМ при необхідності забезпечення великих потужностей і розрахункових робочих зусиль. Основні недоліки В і ВУ машин з дебалансним приводом: необхідність надійної віброізоляції (масивний фундамент), низька експлуатаційна надійність елементів трансмісії і підшипникових вузлів, складність регулювання робочих параметрів по ходу технологічного процесу.

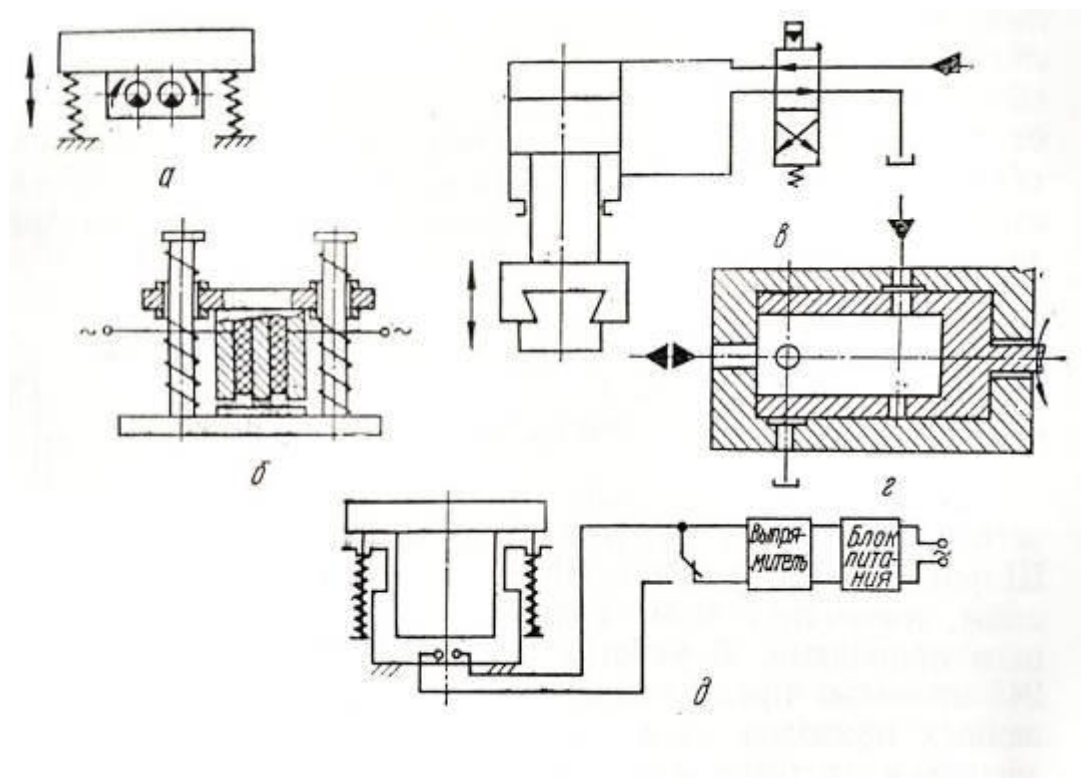


Рисунок 2 – Схеми приводів ВМ та ВУМ:

а – дебалансний; б – електромагнітний; в - гідравлічний (пневматичний); г – з поворотним золотником; д – електрогідравлічний.

Електричний привід ВМ і ВУМ широкого застосування в промисловості не знайшов через те, що він не забезпечує великих робочих зусиль на виконавчій ланці, а також через високу вартість самого електрообладнання і низьку енергоємність. Найпростішим видом електричного приводу ВМ і ВУМ є електромагнітний привод вібрацій робочої ланки (рис. 2, б), однак його використання обмежене низькою потужністю і доцільно тільки для лабораторних установок.

Гідравлічний або пневматичний приводи за принципом дії аналогічні, проте останній не використовують при необхідності створення значних потужностей і передач великих зусиль через невиправдані збільшення габаритних розмірів приводу і машини в цілому. Принципова схема такого взаємозамінного з точки зору енергоносія (рідина або повітря), приводу показана на малюнку 2, в. Зворотно-поступальне переміщення виконавчого робочого органу машини здійснюється при перемиканні звичайного реверсивного золотника будь-яким з відомих способів (шляхом переміщених робочого органу, під тиском, за допомогою сервоприладів тощо). Найбільш поширеними видами комбінованого приводу В і ВУ машин являються гідравлічний і електрогідравлічний. Найпростіша схема гідромеханічного приводу (рис. 2, г) відома як генератор вібрацій з поворотним золотником. Значні втрати на дроселювання рідини, складність торцевого ущільнення обертового золотника і необхідність використання окремого приводу для регулювання параметрів машини по енергії і частоті робочого навантаження обмежують використання такого гідромеханічного приводу в промисловості. Електрогідравлічний привід (рис. 2, д) перспективний для ВМ і ОКМ завдяки простоті створення збудження імпульсного тиску в порожнині гідроциліндра при електричному розряді в рідині. Однак електрична частина приводу таких машин недосконала в обслуговуванні, має значні габарити і велику вартість.

Застосування ВМ і ВУМ, робоча ланка яких здійснює силовий вплив на об'єкт обробки з великою миттєвою потужністю, яка значно більше за встановлену потужність машини, дає можливість інтенсифікувати цілий ряд технологічних процесів, здійснюваних, як правило, на машинах з зворотно-

поступальним рухом робочого ланки, що забезпечує періодичне, високочастотне імпульсне навантаження. Найбільш раціональним, як показала практика, для машин подібного типу являється гідравлічний привід, який має ряд переваг, головні з яких - простота і надійність автоматичного повторення робочих циклів.

Останнім часом все більше застосування знаходить новий тип гідравлічного приводу, що характеризується наявністю акумуляторів в приводі і елемента їх розрядки (керованого по тиску). У спеціальній літературі цей тип приводу отримав умовну назву "гідроімпульсними". На відміну від відомого об'ємного гідроприводу з насосно-акумуляторною станцією, де енергія в окремій, дорогій установці накопичується на весь робочий цикл і передається технологічній машині, в гідроімпульсному приводі використовується однокерований акумулятор, що накопичує енергію тільки на один робочий хід машини, причому передача цієї енергії робочого органу здійснюється періодично, елементом розрядки – клапаном-пульсатором.

У гідроімпульсним приводом об'єднуються властивості об'ємного і (при певних параметрах) динамічного гідроприводів, тобто передача механічної енергії рідини здійснюється, як за рахунок зміни обсягів робочих камер, так і за рахунок взаємодії струменя рідини з робочим органом машини. Зазначені особливості гідроімпульсного приводу визначають його переваги підвищену енергоємність і значна швидкодія, важливі для цілого ряду технологічних процесів, найчастіше здійснюються на машинах ударної дії при короткочасному робочому навантаженні великої потужності з високою частотою (до 30 Гц).

Найбільш широко цей привід застосовується в вібропресах і вібропрессмолотах для виробництва й обробки неметалічних порошкових матеріалів, вогнетривких і керамічних мас в будівельних і дорожніх машинах, які здійснюють віброущільнення ґрунту або забивання свай; в стендах для прискорених випробувань деталей і вузлів машин на надійність і довговічність; в сільськогосподарських садових збиральних машинах. Перспективне застосування гідроімпульсного приводу на транспорті, в пристосованих для розвантаження вагонів з сипучими вантажами.

Наявність в приводі клапана-пульсатора також визначає особливості його роботи. Залежно від способу підключення і конструктивних особливостей клапана-пульсатора розрізняють дві основні принципові схеми гідроімпульсного приводу (рис. 3 [2]). Гідроімпульсний привід з триходовим двохопозиційним клапаном-пульсатором 2 (рис. 3, а) застосовується у вібропресах, вібротрамбовках та інших машинах з підвищеними вимогами щодо енергії імпульсу, швидкохідності і ККД. Залежно від розрахункової енергії одного ходу робочої ланки 2 виконується зарядження одноходового акумулятора 4 від напірної магістралі до тиску  $p_1$ , при якому клапан-пульсатор 1 відкривається і забезпечує розрядку акумулятора на робочу ланку 2. У міру розрядки акумулятора 4 тиск в системі падає до  $p_2$ , клапан-пульсатор 1 закривається, а порожнину циліндра з'єднує зі зливом, після чого під дією гідропружин 3 робоче ланка 2 повертається в початкове положення. Частина корисної роботи може бути здійснена в кінці цього зворотного ходу.

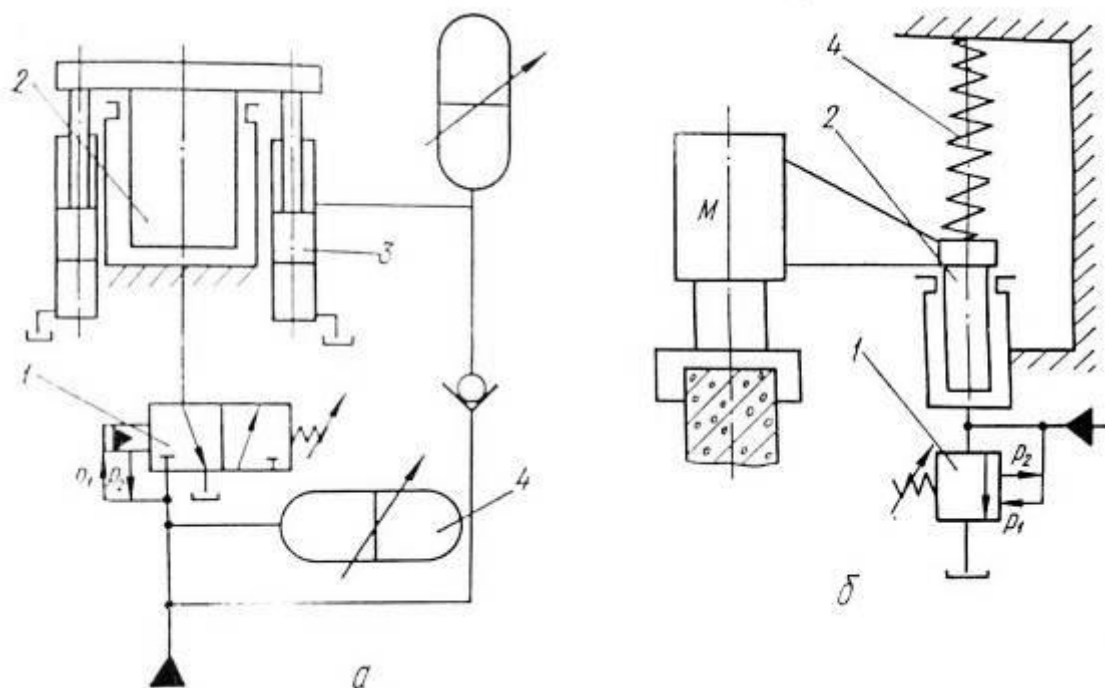


Рисунок 3 – Схеми ВМ та ВУМ з гідроімпульсним приводом:

а – з трьохходовим клапаном-пульсатором; б – з двухходовим клапаном-пульсатором.

До складу приводу принципова схема якого показана на рис. 9, б, входить простіший двохходовий двопозиційний клапан-пульсатор 1, встановлений в лінії зливу з порожнини циліндра робочого ланки 2. Рідина по напірної магістралі подається безпосередньо в порожнину циліндра і переміщує робочий ланка 2 вгору. При досягненні в порожнині циліндра тиску  $p_1$  клапан-пульсатор 1 з'єднує її зі зливом. В процесі повернення робочого органу у вихідне положення при відкритому клапані-пульсатора під дією пружини 4 або сил тяжіння ударних частин робочого ланки 2 тиск в системі падає до величини  $p_2$ , і клапан-пульсатор 1 закривається після припинення витрати зливу. В даній схемі відсутній акумулятор 3 тому вигляді, в якому він зображений на рисунку 9, а. Роль акумулятора енергії виконує або пружина 4, або ударні частини робочого ланки, від висоти розташування яких залежить накопичення енергії. ця енергія робить корисну роботу при відкритому на слив клапані-пульсатора 1, забезпечуючи тим самим вільний хід робочого ланки вниз. Схема, показана на рисунку 9, б, використовується в сваєбойних молотах і в швидкохідних ковальсько-штампувальних молотах.

Схема, показана на рисунку 3, а, по характеру впливу на об'єкт обробки отримала умовну назву «поштовховою», а схема на рисунку 3, б - "пружного повернення». Залежно від виду навантаження, що забезпечується на даній машині, можливі деякі зміни в схемах гідроімпульсного приводу, пов'язані, головним чином, з його управлінням і особливостями того чи іншого технологічного процесу. Різновиди «поштовхової» схеми і схеми «пружного повернення» гідроімпульсного приводу показані на рисунку 4 [2].

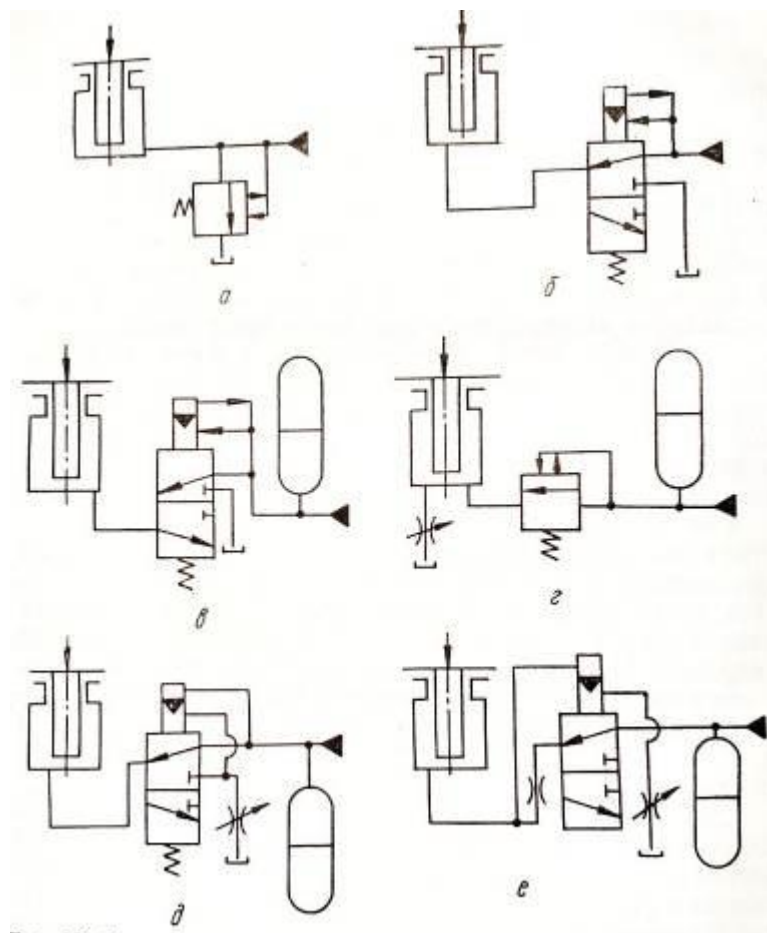


Рисунок 4 – Схеми гідроімпульсного привода ВМ і ВУМ:

а, б, - «пружного повернення»; в-е – «поштовхові»; (г – з дроселем на виході, д – з керуванням по перепаду на зливі, е – з керуванням по перепаду на вході і на зливі).

Схема приводу по рисунку 4, б застосовується в ВМ і ВУМ, для яких необхідне суворе дозування енергії за елементами робочого циклу, наприклад, при ході виконавчої робочої ланки вгору і при її пружному повернення. «Поштовхова» схема з дроселем на виході з порожнини робочого гідроциліндра (рис. 4, г) використовується в приводах машин для пульсуючої витяжки, штампування, вібропресування порошкових матеріалів. Схеми ГП, показані на рисунку 4, д, е, застосовуються, головним чином, для швидкохідних молотів і спеціальних пристроїв з зворотно-поступальним періодичним рухом робочого органу, у яких необхідно здійснювати регулювання робочих параметрів навантаження по довжині ходу.

# 1 ОПИС КОНСТРУКЦІЇ ТА ПРИНЦИПОВА СХЕМА ВІБРОПРЕСУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ТРОТУАРНОЇ ПЛИТКИ

## 1.1 Опис конструкції та принцип дії

Схематичний вигляд вібропреса зображено на рисунку 1.1

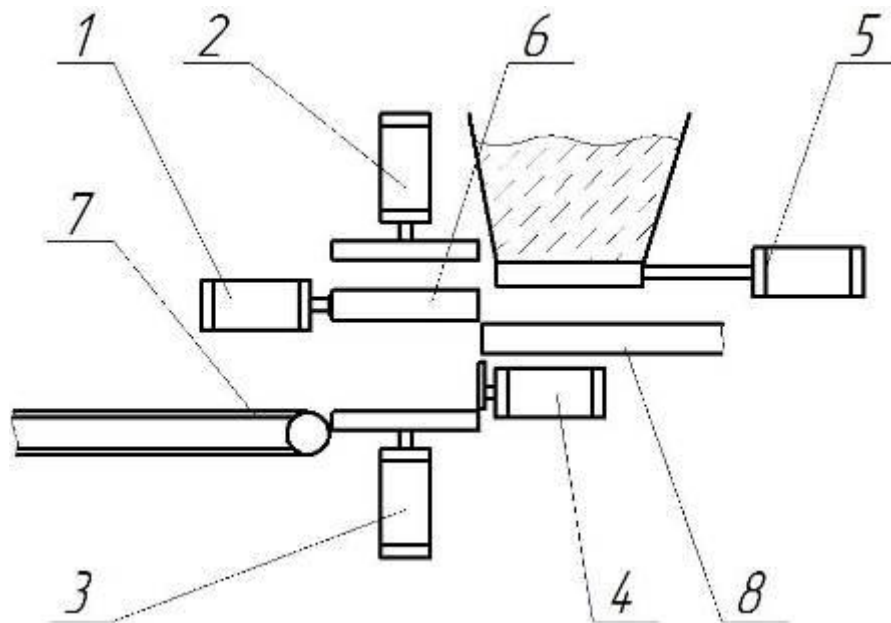


Рисунок 1.1 – Конструктивна схема вібропресувальної машини

Робота вібропресувальної машини починається з висування опорної плити, за пересування якої відповідає привід 3, після цього привід 1 переміщує матрицю 6 під завантажувальний бункер. Необхідна кількість суміші дозується за допомогою шибера, керування яким здійснюється приводом 5. Привід 1 повертає заповнену матрицю у початкове положення під пуансон. Привід 2 виконує комбіновану задачу, створення зусилля для пресування та створення вібрації необхідної частоти. При досяганні необхідно зусилля при пресуванні починається відлік часу, під час якого суміш у матриці піддається впливу вібрації. Після закінчення відліку привід 3 опускає опорну плиту, пуансон продовжує висуватися тим самим прошовхує отриманий виріб із матриці. Привід 4 відвантажує виріб на стрічковий конвеєр, після чого привід 2 та 4 повертаються у початкове положення і цикл повторюється.



## 1.2 Розробка гідравлічної схеми

Розробку схеми розпочинаємо з побудови кругової діаграми (рисунок 1.2), послідовність руху циліндрів отримуємо з технічного завдання.

$$3-1-5-\bar{5}-\bar{1}-2\text{р.вб.т}-\bar{3}-4-\bar{4},\bar{2}$$

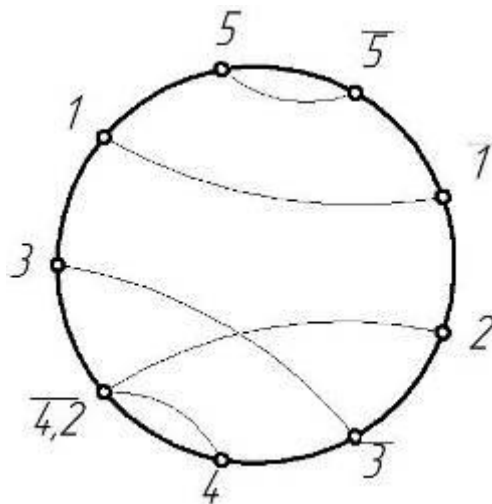


Рисунок 1.2 – Кругова діаграма

З'єднавши відповідні циліндри лініями зв'язку ми побачимо, що перетнулись лише лінії 2 та 3 циліндрів. Даний метод передбачає обов'язкове перетин ліній зв'язку. Для забезпечення цієї умови вводимо додатковий елемент 6. Отримана діаграма зображена на рисунку 1.3.



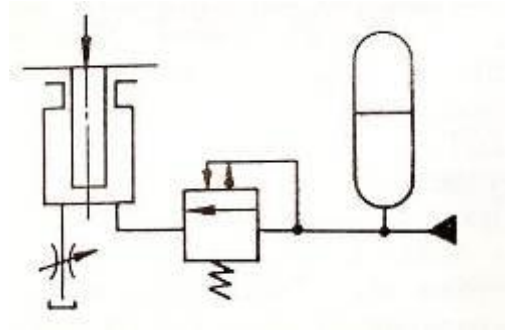


Рисунок 1.4 – Схема віброімпульсного привода з дроселем на виході

Вибір даної схеми ґрунтується на технологічних особливостях робочої суміші, саме така схема задовольнить потреби технічного завдання [2].

Використовуючи отримані сигнали зображуємо схему на рисунку 1.5

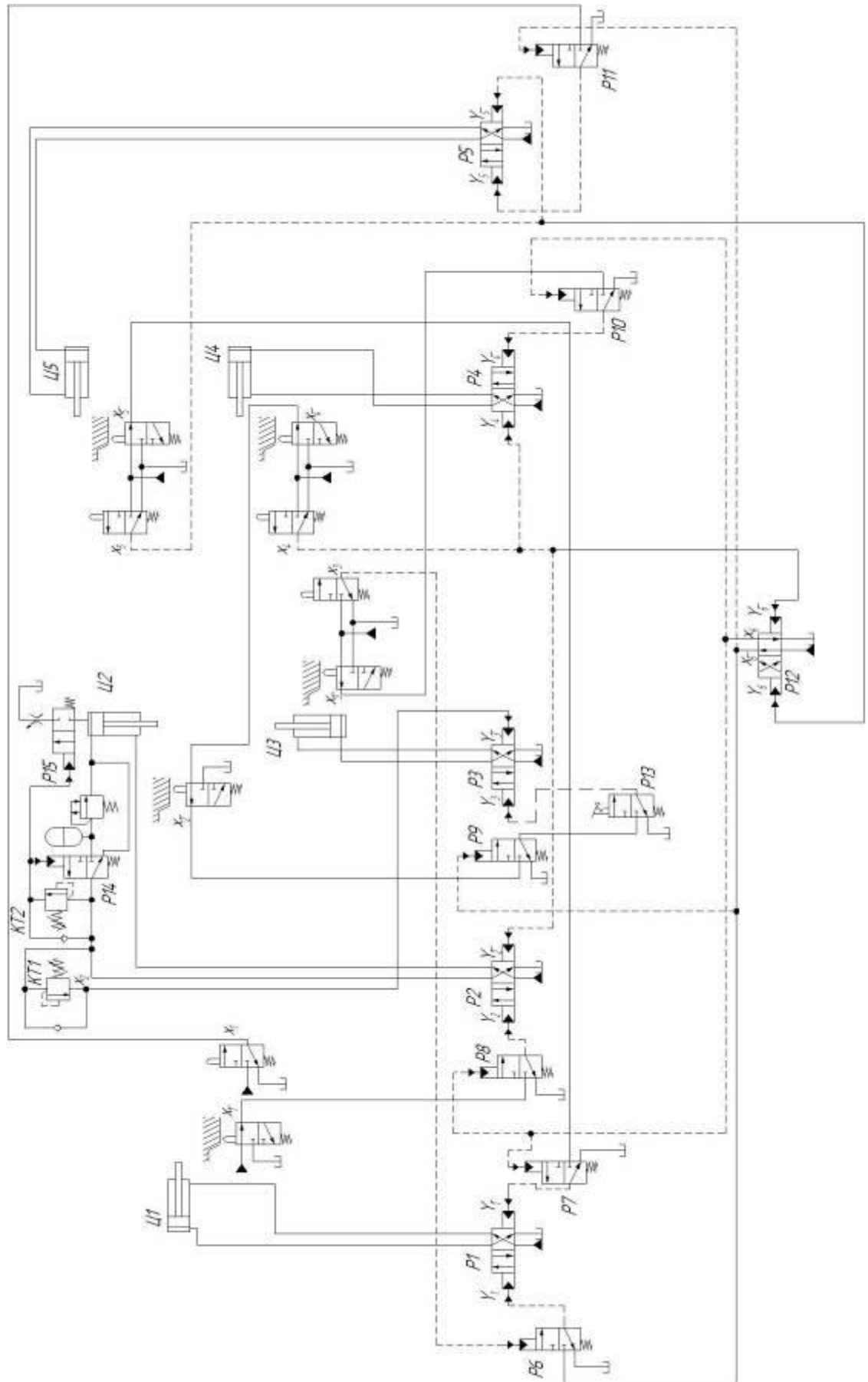


Рисунок 1.5 – Принципова схема гідравлічного приводу

## 2 ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРІВ ГІДРАВЛІЧНИХ ДВИГУНІВ ТА ВИБІР ГІДРО ОБЛАДНАННЯ

Розрахунки та вибір апаратури, які описуються у розділі виконані за методикою [5], [6], [8].

### 2.1 Вихідні дані

Таблиця 2.1

| Зусилля на штоках                           | Величина             |
|---------------------------------------------|----------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | $P_1 = 18\text{кН}$  |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | $P_2 = 180\text{кН}$ |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | $P_3 = 195\text{кН}$ |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | $P_4 = 14\text{кН}$  |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | $P_5 = 10\text{кН}$  |

Таблиця 2.2

| Швидкості переміщення штоків                | Величина               |
|---------------------------------------------|------------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | $v_1 = 30\text{ мм/с}$ |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | $v_2 = 50\text{ мм/с}$ |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | $v_3 = 80\text{ мм/с}$ |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | $v_4 = 87\text{ мм/с}$ |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | $v_5 = 30\text{ мм/с}$ |

Таблиця 2.3

| Робочий хід поршнів                         | Величина              |
|---------------------------------------------|-----------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | $l_1 = 320\text{ мм}$ |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | $l_2 = 160\text{ мм}$ |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | $l_3 = 380\text{ мм}$ |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | $l_4 = 250\text{ мм}$ |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | $l_5 = 300\text{ мм}$ |

### 2.2 Вибір робочої рідини і тиску в гідравлічному приводі

До робочих рідин пред'являють наступні основні вимоги: наявність оптимальної в'язкості, яка б мала незначні зміни в залежності від температурного

діапазону, добрі змащувальні та антикорозійні властивості, великий модуль пружності, хімічна стабільність в процесі довгої (до 6 - 8 тис. г) експлуатації, опірність до піноутворення, сумісність з матеріалами гідросистеми, малу густину та властивість до розчинення в ній кисню, висока теплопровідність, температура кипіння та питома теплоємність.

Для забезпечення працездатності гідроапаратури рідина повинна мати температуру застигання на 10-15°C нижче можливої робочої температури; в'язкість при температурі +50°C не менше  $10 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup>/с), при температурі -40°C – не більше  $1500 \cdot 10^{-6}$  (м<sup>2</sup>/с).

Для проектного гідроприводу вибираємо масло мінеральне И-50А. Характеристики обраного масла наведені у таблиці 2.4.[5]

Таблиця 2.4 – Характеристики масла И-50А

|                                                    |       |
|----------------------------------------------------|-------|
| В'язкість при +50°C, мм <sup>2</sup> /с            | 47-55 |
| Індекс в'язкості ІВ                                | 85    |
| Кислотне число КОН, мг/1г                          | 0.05  |
| Зміна кислотного числа після окиснення ΔКОН, мг/1г | 0.4   |
| Температура спалаху $t_{сп}$ , °C                  | 200   |
| Температура застигання $t_3$ , °C                  | -20   |
| Густина $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>                 | 910   |

Вибір номінального тиску, МПа, із ряду нормативних, встановлених ГОСТ 12445-80 [5].

Приймаємо робочий тиск  $p_n=12.5$  МПа для гідроциліндрів переміщення та холостого ходу ГЦ Ц2 та Ц3 і  $p_n=32$  МПа для режиму пресування.

### 2.3 Розрахунок розмірів гідроциліндрів.

Діаметр гідроциліндра визначається з відношення [6]:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot P}{\pi p_n \eta_m}} \quad (2.1)$$

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

$p_n$  – номінальний тиск, Па;

$\eta_m$  – механічний ККД гідроциліндра.

Діаметр гідроциліндра, а також діаметр штока уточнюють згідно з нормаллю ОН22-176-69 [7].

Розрахункові та округлені значення розмірів поршнів і штоків зводимо до таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок розмірів гідроциліндрів

| Гідроциліндр                                | Діаметр поршня, мм |           | Діаметр штока, мм |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------|-------------------|
|                                             | розрахунковий      | прийнятий | прийнятий         |
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | 44                 | 50        | 32                |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | 87                 | 100       | 63                |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | 96                 | 100       | 63                |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | 39                 | 50        | 32                |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | 33                 | 40        | 25                |

Для приводу матриці вибираємо гідроциліндр з одностороннім штоком 1-50x250 ОСТ Г29-1-77. Основні параметри гідроциліндра приводу матриці приведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Основні параметри гідроциліндра приводу матриці

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Діаметр поршня, мм | 50  |
| Діаметр штока, мм  | 32  |
| Хід штока, мм      | 320 |

Для вібропресування вибираємо гідроциліндр з одностороннім штоком 1-160x160 ОСТ Г29-1-77. Основні параметри гідроциліндра пресування приведені у таблиці 2.7

Таблиця 2.7 – Основні параметри гідроциліндра пресування

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Діаметр поршня, мм | 100 |
| Діаметр штока, мм  | 63  |
| Хід штока, мм      | 160 |

Для привода опорної плити вибираємо гідроциліндр з одностороннім штоком 1-180x380 ОСТ Г29-1-77. Основні параметри гідроциліндра привода опорної плити приведені у таблиці 2.8.

Таблиця 2.8 – Основні параметри гідроциліндра привода опорної плити

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Діаметр поршня, мм | 100 |
| Діаметр штока, мм  | 63  |
| Хід штока, мм      | 380 |

Для привода відвантажування вибираємо гідроциліндр з одностороннім штоком 1-50x250 ОСТ Г29-1-77. Основні параметри гідроциліндра привода відвантажування приведені у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Основні параметри гідроциліндра привода відвантажування

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Діаметр поршня, мм | 50  |
| Діаметр штока, мм  | 32  |
| Хід штока, мм      | 250 |

Для привода дозатора вибираємо гідроциліндр з одностороннім штоком 1-40x300 ОСТ Г29-1-77. Основні параметри гідроциліндра привода дозатора приведені у таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Основні параметри гідроциліндра привода дозатора

|                    |     |
|--------------------|-----|
| Діаметр поршня, мм | 40  |
| Діаметр штока, мм  | 25  |
| Хід штока, мм      | 300 |

Витрата рідини у порожнинах гідроциліндрів визначається за формулами :  
поршнева порожнина гідроциліндрів

$$Q = \frac{\pi \cdot d_n^2 \cdot v}{4} \quad (2.2)$$

де  $v$  – швидкість переміщення штока гідроциліндра, м/с;  
штокова порожнина гідроциліндрів



$$Q = \frac{\pi \cdot (d_n^2 - d_{ш}^2) \cdot v}{4} \quad (2.3)$$

Необхідні витрати рідини для гідроциліндрів розраховуємо за формулами (2.2, 2.3), результати розрахунків заносимо у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – Визначення необхідної витрати рідини

| Гідроциліндр                                | Витрата рідини $10^{-4}, \text{ м}^3/\text{с}$ |                   |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
|                                             | Поршнева порожнина                             | Штокова порожнина |
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | 0.589                                          | 0.348             |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | 3.927                                          | 2.368             |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | 4.712                                          | 2.842             |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | 1.708                                          | 1.008             |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | 0.377                                          | 0.230             |

## 2.4 Вибір гідроапаратури

Вибір насоса [8].

Для забезпечення роботи гідравлічного приводу, відповідно до розрахованим необхідним витратам робочої рідини вибираємо насос аксіально-поршневий, регульований A10VSO18. Характеристики насоса приведені у таблиці 2.12.

Таблиця 2.12 – Характеристика насоса

|                                                                                             |              |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Робочий об'єм, см <sup>3</sup>                                                              | 18           |
| Подача, дм <sup>3</sup> /хв                                                                 | 59           |
| Тиск на виході з насоса, МПа:<br>- номінальний<br>- граничний                               | 280<br>350   |
| Частота обертів, хв <sup>-1</sup>                                                           | 3000         |
| К.к.д.:<br>- об'ємний<br>- повний                                                           | 0.95<br>0.88 |
| Потужність, кВт<br>- номінальна<br>- яка витрачається при тиску на виході дорівнює нуль МПа | 19.6<br>1    |
| Маса, кг                                                                                    | 13.8         |

Вибір гідророзподільників [5].

Для здійснення керування гідроциліндрами вибираємо розподільники ВХ6Х.574А.30/Об з гідравлічним керуванням. Характеристики розподільників приведені у таблиці 2.13.

Таблиця 2.13 – Характеристика розподільників

|                                                                  |             |
|------------------------------------------------------------------|-------------|
| Діаметр умовного проходу, мм                                     | 6           |
| Витрата рідини, дм <sup>3</sup> /хв<br>номінальна<br>максимальна | 16<br>10-30 |
| Тиск, МПа<br>номінальний<br>у зливній лінії, не більше           | 32<br>6     |
| Втрати тиску при номінальній витраті, МПа                        | 0.16        |

Для забезпечення умови завдання вибираємо розподільник ВХ6.573.30/ 6 з гідравлічним керування та пружинним повернення у початкове положення, також вибираємо клапан тиску ПГ54-32М. Характеристики розподільників та клапану тиску приведені у таблицях 2.14 та 2.15.

Таблиця 2.14 – Характеристика розподільників

|                                                       |       |
|-------------------------------------------------------|-------|
| Діаметр умовного проходу, мм                          | 6     |
| Витрата рідини, $\text{дм}^3/\text{хв}$<br>номінальна | 16    |
| максимальна                                           | 10-30 |
| Тиск, МПа<br>номінальний                              | 32    |
| у зливній лінії, не більше                            | 6     |
| Втрати тиску при номінальній витраті, МПа             | 0.16  |

Таблиця 2.15 Характеристика клапана тиску

|                                                       |     |
|-------------------------------------------------------|-----|
| Діаметр умовного проходу, мм                          | 10  |
| Витрата рідини, $\text{дм}^3/\text{хв}$<br>номінальна | 32  |
| максимальна                                           | 45  |
| мінімальна                                            | 1   |
| Номінальний перепад тиску, МПа                        | 0.2 |

Вибір фільтру [5].

Вибираємо фільтр зливний ФС100-25 ТУ2-053-1641-83Е. Характеристики Фільтру приведені у таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Характеристика фільтра

|                                               |             |
|-----------------------------------------------|-------------|
| Типорозмір                                    | ФС25-25/6.3 |
| Номінальна витрата, $\text{дм}^3/\text{хв}$ . | 25          |
| Номінальна тонкість фільтрації, мкм           | 25          |
| Перепад тиску, МПа                            | 0.1         |
| Маса, кг                                      | 1.9         |

### 3 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ПРИВОДУ

Розрахунки, які описуються у розділі виконані за методикою [6]

Діаметр гідроліній визначається за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4Q_{\max}}{\pi v_{\text{доп}}}} \quad (3.1)$$

де  $Q_{\max}$  – максимальна витрата у гідролінії, м<sup>3</sup>/с;

$v_{\text{доп}}$  – допустима швидкість руху робочої рідини у гідролінії, м/с.

Вибір швидкостей руху робочої рідини проведемо згідно таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 Рекомендовані швидкості руху рідини.

| Гідролінії    | Допустима швидкість, м/с |
|---------------|--------------------------|
| Всмоктувальні | 1.0-2.5                  |
| Зливні        | до 6                     |
| Напірні       | 4-10                     |
| Керування     | до 8                     |

Приймаємо швидкість у виконавчій, напірній і зливній гідролініях 6 м/с.

Визначаємо діаметри гідроліній за формулою 3.1. Результати розрахунку діаметрів зводимо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Визначення діаметра гідролінії

| Гідроциліндр                                | Ділянка гідролінії | $Q_{\max}$ ,<br>м <sup>3</sup> /с · 10 <sup>-4</sup> | $d_{\text{роз}}$ , мм | $d_y$ , мм | $v_{\text{факт}}$ , м/с |
|---------------------------------------------|--------------------|------------------------------------------------------|-----------------------|------------|-------------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | Напірна            | 0.589                                                | 3.873                 | 4          | 4.688                   |
|                                             | Зливна             | 0.348                                                | 2.976                 | 4          | 2.768                   |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | Напірна            | 3.927                                                | 10                    | 10         | 5                       |
|                                             | Зливна             | 2.368                                                | 7.766                 | 8          | 4.712                   |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | Напірна            | 4.712                                                | 10.954                | 12         | 4.167                   |
|                                             | Зливна             | 2.842                                                | 8.507                 | 10         | 3.619                   |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | Напірна            | 1.708                                                | 6.595                 | 8          | 3.398                   |
|                                             | Зливна             | 1.008                                                | 5.068                 | 6          | 3.567                   |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | Напірна            | 0.377                                                | 3.098                 | 4          | 3                       |
|                                             | Зливна             | 0.230                                                | 2.419                 | 4          | 1.828                   |

Діаметр всмоктуючого трубопроводу визначається за формулою:

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{4Q_{\text{в}}}{\pi v_{\text{дон}}}}, \quad (3.2)$$

де  $Q_{\text{в}}$  – витрата рідини у всмоктую чому трубопроводі, м<sup>3</sup>/с.

$$Q_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{н}}}{\eta_{\text{о}}}, \quad (3.3)$$

де  $Q_{\text{н}}$  – подача насоса, м<sup>3</sup>/с;

$\eta_{\text{о}}$  – об'ємний к. к. д. насоса.

$$Q_{\text{в}} = \frac{9.833 \cdot 10^{-4}}{0.95} = 1.035 \cdot 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}$$

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.035 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 5}} = 0.016 \text{ (м)}$$

По ОСТ2 Г91-26-78 приймаємо  $d_{\text{в}} = 20$  мм.

Втрати тиску в гідравлічній лінії визначається за формулою

$$\Delta p_{\Sigma} = \Delta p_{\text{м}} + \Delta p_{\text{г.а.}} + \Delta p_{\text{тр}}, \quad (3.4)$$

де  $\Delta p_{\text{м}}$  – втрати тиску в місцевих опорах, Па;

$\Delta p_{\text{г.а.}}$  – сумарні втрати тиску у гідроапаратурі, Па;

$\Delta p_{\text{тр}}$  – сумарні втрати тиску на тертя по довжині трубопроводу, Па.

Сумарні втрати тиску у місцевих опорах визначається за формулою:

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum_{i=1}^n \Delta p_{\text{м.і}}, \quad (3.5)$$

де  $\Delta p_{\text{м.і}}$  – втрати тиску у  $i$  – му опорі, Па;

$n$  – кількість місцевих опорів, шт.

Втрати тиску у місцевому опорі визначаються за формулою:

$$\Delta p_{\text{мі}} = \xi_i \rho \frac{v_i^2}{2}, \quad (3.6)$$

де  $\xi_i$  – коефіцієнт втрат у місцевому опорі;

$\rho$  – густина мастила, кг/м<sup>3</sup>;

$v_i$  – швидкість руху рідини у місцевому опорі, м/с.

Сумарні втрати тиску у гідроапаратурі визначаються за формулою:

$$\Delta p_{г.а.} = \sum_{i=1}^n \Delta p_{г.а.i}, \quad (3.7)$$

де  $\Delta p_{г.а.i}$  – втрати тиску у  $i$ - му гідроапараті, Па;

$n$  – кількість гідроапаратів.

Втрати тиску у  $i$  – му гідроапараті визначаються за формулою:

$$\Delta p_{г.а.i} = \Delta p_{ном} \cdot \left( \frac{Q_{\phi}}{Q_{ном}} \right)^2, \quad (3.8)$$

де  $\Delta p_{ном}$  – втрати тиску у  $i$ - му гідроапараті при номінальній витраті;

$Q_{\phi}$  – фактична витрата через гідроапарат, м<sup>3</sup>/с;

$Q_{ном}$  – номінальна витрата через гідроапарат, м<sup>3</sup>/с.

Сумарні втрати тиску на тертя по довжині трубопроводу визначаються за формулою:

$$\Delta p_{тр} = \sum_{i=1}^n \Delta p_{тр.i}, \quad (3.9)$$

де  $\Delta p_{тр.i}$  – втрати тиску на ділянці трубопроводу, Па;

$n$  – кількість ділянок.

Втрати тиску на ділянці трубопроводу визначаються за формулою:

$$\Delta p_{тр.i} = \rho \lambda_i \frac{l_i}{d_i} \frac{v_i^2}{2}, \quad (3.10)$$

де  $\lambda_i$  – коефіцієнт втрат на тертя;

$l_i$  – довжина трубопроводу, м;

$d_i$  – діаметр трубопроводу, м;

$v_i$  – швидкість руху рідини на ділянці трубопроводу, м/с.

Коефіцієнт втрат на тертя залежить від режиму руху робочої рідини та може бути визначений за формулою:

$$\lambda_i = \begin{cases} \frac{75}{Re} & Re < Re_{кр} \\ \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} & Re > Re_{кр} \end{cases}, \quad (3.11)$$

де  $Re$  – число Рейнольдса;

$Re_{кр}$  – критичне число Рейнольдса.

Число Рейнольдса визначається за формулою:

$$Re = \frac{v_i d_i}{\nu}, \quad (3.12)$$

де  $\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості робочої рідини,  $\text{м/с}^2$ .

Критичне число Рейнольдса для гідравлічних приводів:

$$Re_{кр} = 1000$$

Втрати тиску при роботі кожного гідравлічного двигуна визначаємо для робочого ходу, тобто при визначенні втрат тиску при русі гідроциліндрів вважаємо, що масло подається в поршневу порожнину гідроциліндра, а злив рідини відбувається з штокової порожнини гідроциліндра.

Розрахунок втрат тиску по формулі (3.4) з урахуванням формул (3.5 – 3.12) зводимо до таблиць 3.3 – 3.6.

Тиск у порожнинах гідродвигунів визначається за формулами:

Для напірної порожнини

$$p_{нап} = p_n - \Delta p_{нап}, \quad (3.13)$$

де  $p_n$  – тиск на виході з насоса, МПа;

$\Delta p_{нап}$  – втрати тиску у напірному трубопроводі, МПа;

Для зливної порожнини

$$p_z = p_{зл} + \Delta p_z, \quad (3.14)$$

де  $p_{зл}$  – тиск на виході із зливного трубопроводу, МПа;

$\Delta p_z$  – втрати тиску у зливному трубопроводі, МПа.

Розрахунок тисків у порожнинах гідродвигунів зводимо у таблицю 3.7.

Таблиця 3.3 – Визначення втрат тиску по довжині гідролінії

| Гідроциліндр                                | Ділянка гідролінії | d, мм | l, м | $Q, \text{м}^3/\text{с} \times 10^{-4}$ | v, м/с | Re   | Режим  | $\lambda$ | $\Delta p$ , МПа |
|---------------------------------------------|--------------------|-------|------|-----------------------------------------|--------|------|--------|-----------|------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | напірна            | 4     | 1.4  | 0.589                                   | 4.688  | 426  | Ламін. | 0.176     | 0.616            |
|                                             | зливна             | 4     | 1.5  | 0.348                                   | 2.768  | 252  | Ламін. | 0.218     | 0.389            |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | напірна            | 10    | 1.4  | 3.927                                   | 5      | 1136 | Турб.  | 0.051     | 0.086            |
|                                             | зливна             | 8     | 1.5  | 2.368                                   | 4.712  | 857  | Турб.  | 0.054     | 0.167            |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | напірна            | 12    | 1.6  | 4.712                                   | 4.167  | 1136 | Турб.  | 0.049     | 0.057            |
|                                             | зливна             | 10    | 1.7  | 2.842                                   | 3.619  | 822  | Турб.  | 0.052     | 0.092            |
| Гідроциліндр відвантажувача Ц <sub>4</sub>  | напірна            | 8     | 1.6  | 1.708                                   | 3.398  | 618  | Ламін. | 0.121     | 0.127            |
|                                             | зливна             | 6     | 1.7  | 1.008                                   | 3.567  | 486  | Ламін. | 0.151     | 0.253            |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | напірна            | 4     | 1.3  | 0.377                                   | 3      | 273  | Ламін. | 0.275     | 0.366            |
|                                             | зливна             | 4     | 1.4  | 0.230                                   | 1.828  | 166  | Ламін. | 0.343     | 0.240            |



Таблиця 3.4 – Визначення втрат тиску в місцевих опорах

| Гідродвигун                                 | Ділянка гідролінії | Тип опору      | Кіль. | $\xi$ | $Q \cdot 10^4, \text{ м}^3/\text{с}$ | $v, \text{ м/с}$ | $\Delta p_{\text{м}}, \text{ МПа}$ |
|---------------------------------------------|--------------------|----------------|-------|-------|--------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | Напірний           | Поворот на 90° | 2     | 0.4   | 0.589                                | 4.688            | 0.008                              |
|                                             |                    | Штуцер         | 4     | 0.6   |                                      |                  | 0.024                              |
|                                             |                    | Сумарні        |       |       |                                      |                  | 0.032                              |
|                                             | Зливний            | Поворот на 90° | 2     | 0.4   | 0.348                                | 2.768            | 0.0028                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4     | 0.6   |                                      |                  | 0.0084                             |
|                                             |                    | Сумарні        |       |       |                                      |                  | 0.0112                             |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | Напірний           | Поворот на 90° | 2     | 0.4   | 3.927                                | 5                | 0.0091                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4     | 0.6   |                                      |                  | 0.0273                             |
|                                             |                    | Сумарні        |       |       |                                      |                  | 0.0364                             |
|                                             | Зливний            | Поворот на 90° | 2     | 0.4   | 2.368                                | 4.712            | 0.0081                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4     | 0.6   |                                      |                  | 0.0242                             |
|                                             |                    | Сумарні        |       |       |                                      |                  | 0.0323                             |

Продовження таблиці 3.4

| Гідродвигун                                 | Ділянка гідролінії | Тип опору      | Кіль.  | $\xi$ | $Q \cdot 10^4, \text{ м}^3/\text{с}$ | $v, \text{ м/с}$ | $\Delta p_{\text{м}}, \text{ МПа}$ |
|---------------------------------------------|--------------------|----------------|--------|-------|--------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | Напірний           | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 4.712                                | 4.167            | 0.0063                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.019                              |
|                                             |                    | Сумарні        | 0.0253 |       |                                      |                  |                                    |
|                                             | Зливний            | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 2.842                                | 3.619            | 0.0048                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.0143                             |
|                                             |                    | Сумарні        | 0.0191 |       |                                      |                  |                                    |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | Напірний           | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 1.708                                | 3.398            | 0.0042                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.0126                             |
|                                             |                    | Сумарні        | 0.0168 |       |                                      |                  |                                    |
|                                             | Зливний            | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 1.008                                | 3.567            | 0.0046                             |
|                                             |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.0139                             |
|                                             |                    | Сумарні        | 0.0185 |       |                                      |                  |                                    |

Продовження таблиці 3.4

| Гідродвигун                          | Ділянка гідролінії | Тип опору      | Кіль.  | $\xi$ | $Q \cdot 10^4, \text{ м}^3/\text{с}$ | $v, \text{ м/с}$ | $\Delta p_{\text{м}}, \text{ МПа}$ |
|--------------------------------------|--------------------|----------------|--------|-------|--------------------------------------|------------------|------------------------------------|
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub> | Напірний           | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 0.377                                | 3                | 0.0033                             |
|                                      |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.0098                             |
|                                      |                    | Сумарні        | 0.0131 |       |                                      |                  |                                    |
|                                      | Зливний            | Поворот на 90° | 2      | 0.4   | 0.230                                | 1.828            | 0.0012                             |
|                                      |                    | Штуцер         | 4      | 0.6   |                                      |                  | 0.0036                             |
|                                      | Сумарні            | 0.0049         |        |       |                                      |                  |                                    |

Таблиця 3.5 – Визначення втрат тиску у гідроапаратах

| Гідроциліндр                                 | Ділянка гідролінії | Гідроапарат | $\Delta p_{\text{ном}}$ , МПа | $Q_{\text{ном}}$ , м <sup>3</sup> /с10 <sup>-4</sup> | $Q_{\text{ф}}$ , м <sup>3</sup> /с10 <sup>-4</sup> | $\Delta p_{\text{га}}$ , МПа |
|----------------------------------------------|--------------------|-------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------|
| Гідроциліндр завантаження Ц <sub>1</sub>     | Напірний           | P1          | 0.16                          | 5                                                    | 0.589                                              | 0.0022                       |
|                                              |                    | K31         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.0024                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0046                        |                                                      |                                                    |                              |
|                                              | Зливний            | P1          | 0.16                          | 5                                                    | 0.348                                              | 0.00080                      |
|                                              |                    | Ф           | 0.1                           | 4.167                                                |                                                    | 0.00070                      |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0015                        |                                                      |                                                    |                              |
| Гідроциліндр завантаження Ц <sub>2</sub>     | Напірний           | P2          | 0.16                          | 5                                                    | 3.927                                              | 0.0987                       |
|                                              |                    | K31         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.1084                       |
|                                              |                    | КТ1         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.1084                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.3155                        |                                                      |                                                    |                              |
|                                              | Зливний            | P2          | 0.16                          | 5                                                    | 2.368                                              | 0.0359                       |
|                                              |                    | Ф           | 0.1                           | 4.167                                                |                                                    | 0.0323                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0682                        |                                                      |                                                    |                              |
| Гідроциліндр транспортуван ня Ц <sub>3</sub> | Напірний           | P3          | 0.16                          | 5                                                    | 4.712                                              | 0.1421                       |
|                                              |                    | K31         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.1561                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.2982                        |                                                      |                                                    |                              |
|                                              | Зливний            | P3          | 0.16                          | 5                                                    | 2.842                                              | 0.0517                       |
|                                              |                    | Ф           | 0.1                           | 4.167                                                |                                                    | 0.0465                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0982                        |                                                      |                                                    |                              |
| Гідроциліндр маніпулятора Ц <sub>4</sub>     | Напірний           | P4          | 0.16                          | 5                                                    | 1.708                                              | 0.0187                       |
|                                              |                    | K31         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.0205                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0392                        |                                                      |                                                    |                              |
|                                              | Зливний            | P4          | 0.16                          | 5                                                    | 1.008                                              | 0.0065                       |
|                                              |                    | Ф           | 0.1                           | 4.167                                                |                                                    | 0.00586                      |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0124                        |                                                      |                                                    |                              |
| Гідроциліндр захвату Ц <sub>5</sub>          | Напірний           | P5          | 0.16                          | 5                                                    | 0.377                                              | 0.0009                       |
|                                              |                    | K31         | 0.2                           | 5.333                                                |                                                    | 0.0010                       |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.0019                        |                                                      |                                                    |                              |
|                                              | Зливний            | P5          | 0.16                          | 5                                                    | 0.230                                              | 0.00034                      |
|                                              |                    | Ф           | 0.1                           | 4.167                                                |                                                    | 0.00030                      |
|                                              |                    | Сумарні     | 0.00064                       |                                                      |                                                    |                              |

Таблиця 3.6 – Сумарні втрати тиску

| Гідроциліндр                                | Ділянка гідролінії | $\Delta p_{тр}$ , МПа | $\Delta p_{м}$ , МПа | $\Delta p_{га}$ , МПа | $\Delta p_{\Sigma}$ , МПа |
|---------------------------------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|-----------------------|---------------------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | Напірний           | 0.616                 | 0.032                | 0.0046                | 0.6526                    |
|                                             | Зливний            | 0.389                 | 0.0112               | 0.0015                | 0.4017                    |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | Напірний           | 0.086                 | 0.0364               | 0.3155                | 0.4379                    |
|                                             | Зливний            | 0.167                 | 0.0323               | 0.0682                | 0.2675                    |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | Напірний           | 0.057                 | 0.0253               | 0.2982                | 0.3805                    |
|                                             | Зливний            | 0.092                 | 0.0191               | 0.0982                | 0.2093                    |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | Напірний           | 0.127                 | 0.0168               | 0.0392                | 0.183                     |
|                                             | Зливний            | 0.253                 | 0.0185               | 0.0124                | 0.2839                    |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | Напірний           | 0.366                 | 0.0131               | 0.0019                | 0.381                     |
|                                             | Зливний            | 0.240                 | 0.0049               | 0.0064                | 0.2513                    |

Таблиця 3.7 – Тиск у порожнинах гідроциліндрів

| Гідроциліндр                                | $p_{нап}$ , МПа | $p_z$ , МПа |
|---------------------------------------------|-----------------|-------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | 31.347          | 0.408       |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | 31.562          | 0.268       |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | 31.620          | 0.209       |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | 31.817          | 0.284       |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | 31.619          | 0.251       |

Дійсне зусилля на штоках циліндрів визначається по формулі

$$P = (p_{нап} \cdot F_{нап} - p_z \cdot F_z) \cdot \eta_{м.ц}$$

де  $F_{нап}$  - ефективна площа поршня у напірній порожнині гідроциліндра, м<sup>2</sup>;

$F_z$  – ефективна площа поршня у зливній порожнині гідроциліндра, м<sup>2</sup>.

Розрахунок зусиль зводимо у таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Розрахунок зусиль на гідродвигунах

| Гідроциліндр                                | Зусилля, кН |
|---------------------------------------------|-------------|
| Гідроциліндр приводу матриці Ц <sub>1</sub> | 58.0        |
| Гідроциліндр вібропресування Ц <sub>2</sub> | 234.3       |
| Гідроциліндр опорної плити Ц <sub>3</sub>   | 235.0       |
| Гідроциліндр відвантажування Ц <sub>4</sub> | 59.0        |
| Гідроциліндр дозатора Ц <sub>5</sub>        | 37.6        |

З таблиці 3.8 бачимо, що розрахований гідравлічний привід забезпечує необхідні зусилля при роботі механізму.

#### 4 РОЗРАХУНОК ВІБРАЦІЙНОГО РЕЖИМУ

Розрахунки, які описуються у розділі виконані за методикою [1], [2].

##### 4.1 Принципова схема вібраційного гідравлічного приводу пресу та її опис

Принципова схема гідравлічного приводу пресу наведена на рисунку 4.1.

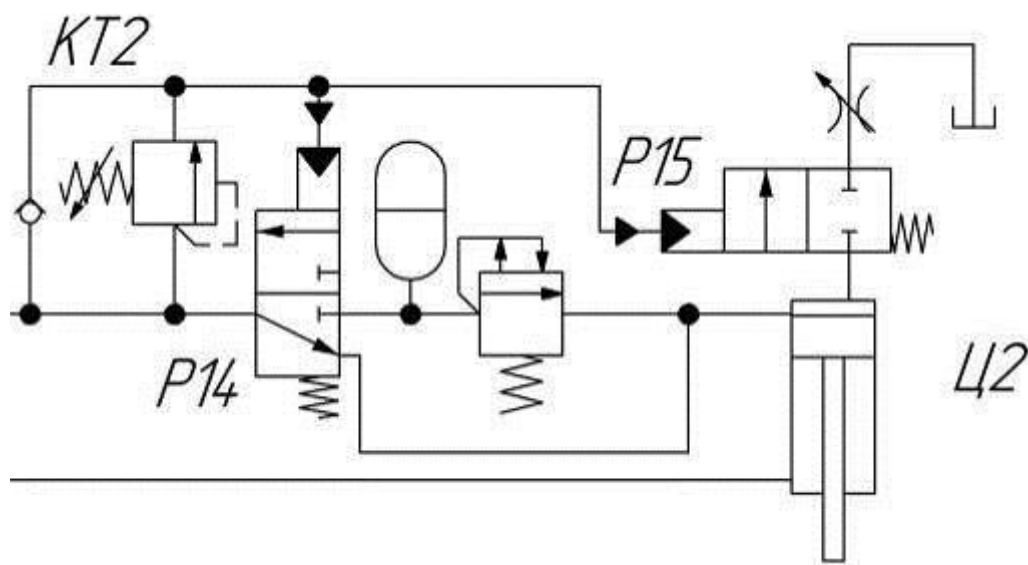


Рисунок 4.1 - Принципова схема гідравлічного вібраційного приводу пресу

При досягненні заданого зусилля пресування клапан тиску KT2 перемикає розподільники P14 та P15 у другу позицію. Робоча рідина проходить через вібраційний елемент привода та надходить у поршкову порожнину гідроциліндра Ц2. Розподільник P15 з'єднує поршкову порожнину Ц2 зі зливом через регульований дросель, для запобігання розповсюдження гідроудару у системі гідроприводу.

Для створення математичної моделі необхідно ввести перелік позначень та величин:

$m_p$  – приведена до штоку маса рухомих частин поршня та механізму преса

$\frac{dp}{dt}$  – зміна тиску за часом;

$Q_1$  – витрата рідини в робочій щілині розподільника;

$Q_2$  – витрата рідини на виході з вібраційного клапану;

$Q_3$  – витрата рідини на вході у однолінійний розподільник, який з'єднує поршневу порожнину зі зливом через дросель;

$Q_4$  – витрата рідини через дросель;

$p_n$  – тиск на вході в розподільники;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$  – приведений коефіцієнт об'ємної деформації робочої рідини та порожнини;

$$Q_1 = \mu S_1 \sqrt{\frac{2(p_n - p_{11})}{\rho}}$$

$$Q_2 = \begin{cases} \mu S_2 \sqrt{\frac{2(p_{11} - p_{12})}{\rho}}, & p_{11} > p_{10} \\ 0, & p_{11} \leq p_{10} \end{cases}$$

$$Q_3 = \mu S_3 \sqrt{\frac{2(p_{12} - p_{13})}{\rho}}$$

$$Q_4 = \mu S_4 \sqrt{\frac{2(p_{13} - p_{cl})}{\rho}}$$

Розглянемо систему рівнянь

$$\frac{dp_n}{dt} = \frac{1}{\beta_1} (Q_n - Q_{11})$$

$$\frac{dp_1}{dt} = 1$$

$$\frac{dp_2}{dt} = \frac{1}{\beta_2} (Q_2 - Q_3 - S_n \frac{dy}{dt})$$

$$\frac{dp_3}{dt} = \frac{1}{\beta_3} (Q_3 - Q_4)$$

$$\frac{dy}{dt} = v$$

Надалі рішення системи ведеться у логістичній формі запису та в тому порядку запису рівнянь, який буде використаний для трансферу в середу обчислювальної програми.

Маємо на увазі, що процес диференціювання відбувається за часом. Тобто усі параметри системи зав'язані на значенні зміни часу. Важливо розуміти, що для динамічних досліджень необхідні перехресні характеристик, що дають змогу бачити зміну всіх параметрів за часом, а як наслідок залежність зміни будь-якого параметру за іншим.

Після вводу даних у програмний продукт та запису рівнянь, отримаємо зображення амплітуди вібропресування.

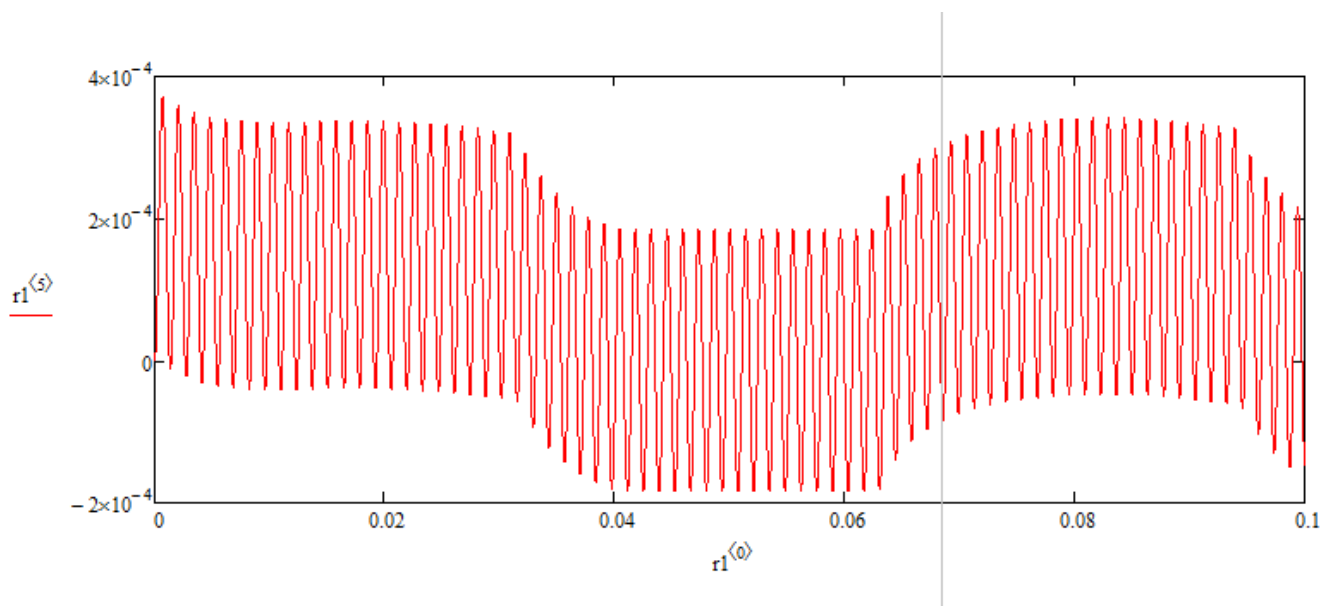


Рисунок 4.2 – Амплітуда коливань пуансона вібропривода



## 5 РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ДЕТАЛІ

У даному пункті описується пропонований технологічний процес обробки деталі.

005 Заготівельна.

Спосіб отримання заготовки – поковка штампована.

Розміри заготовки 125х65х170

010 Контрольна ВТК.

Обладнання: стіл ВТК.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

015 Горизонтально-фрезерна

Встановити закріпити зняти. Точити поверхню 1.

Обладнання: горизонтально-фрезерний верстат 6Р82

Ріжучий інструмент:

Фреза циліндрична Ø 40 ГОСТ 29116-91.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

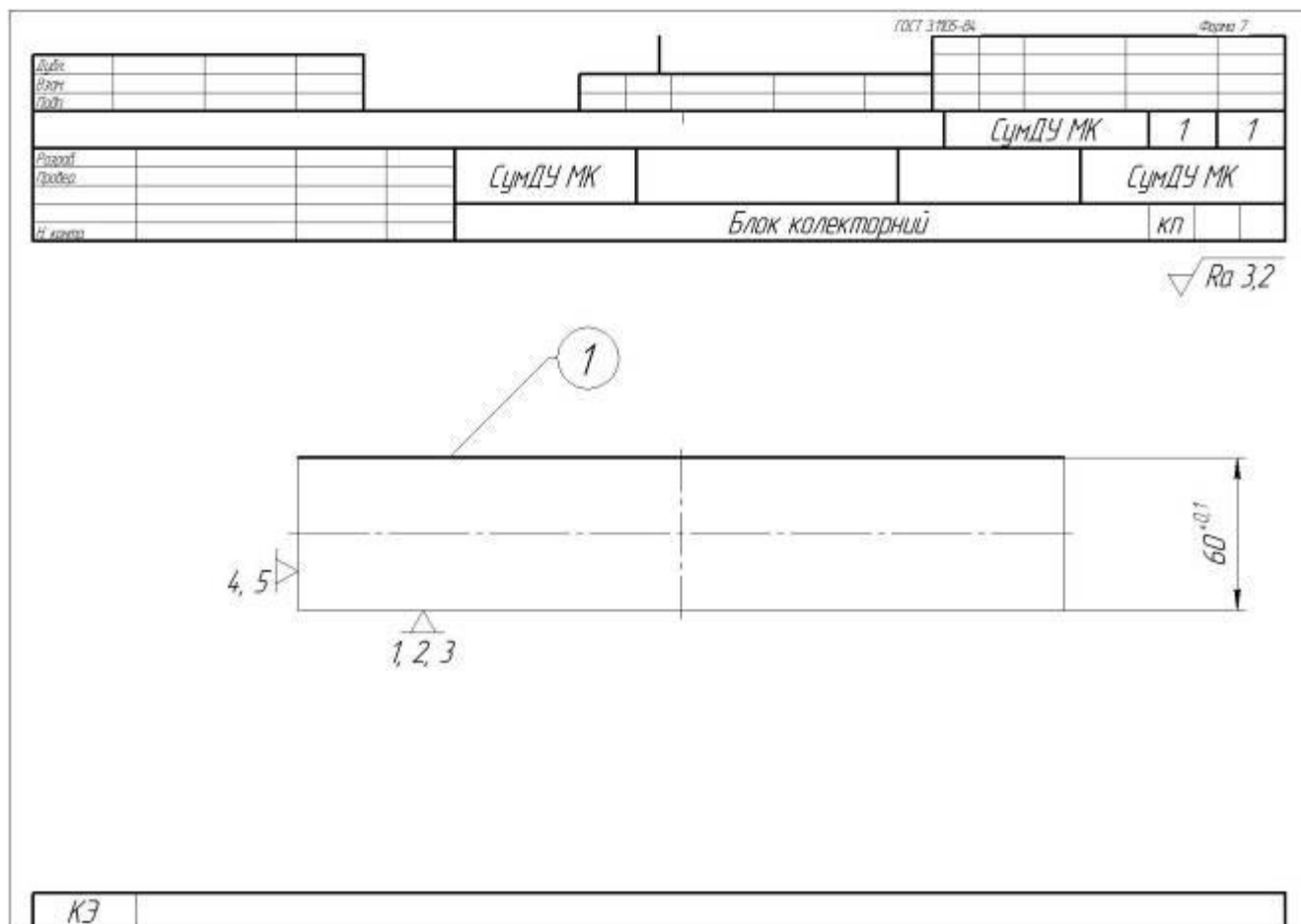


Рисунок 5.1 – Операційний ескіз (операція 015)

020 Вертикально-фрезерна

Встановити закріпити зняти. Точити поверхню 1, 2.

Обладнання: Вертикально-фрезерний верстат 6Р12

Ріжучий інструмент:

Фреза циліндрична  $\varnothing 40$  ГОСТ 29116-91.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

## 025 Вертикально-фрезерна

Обладнання: Вертикально-фрезерний верстат 6Р12

Ріжучий інструмент:

Фреза циліндрична Ø 40 ГОСТ 29116-91.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

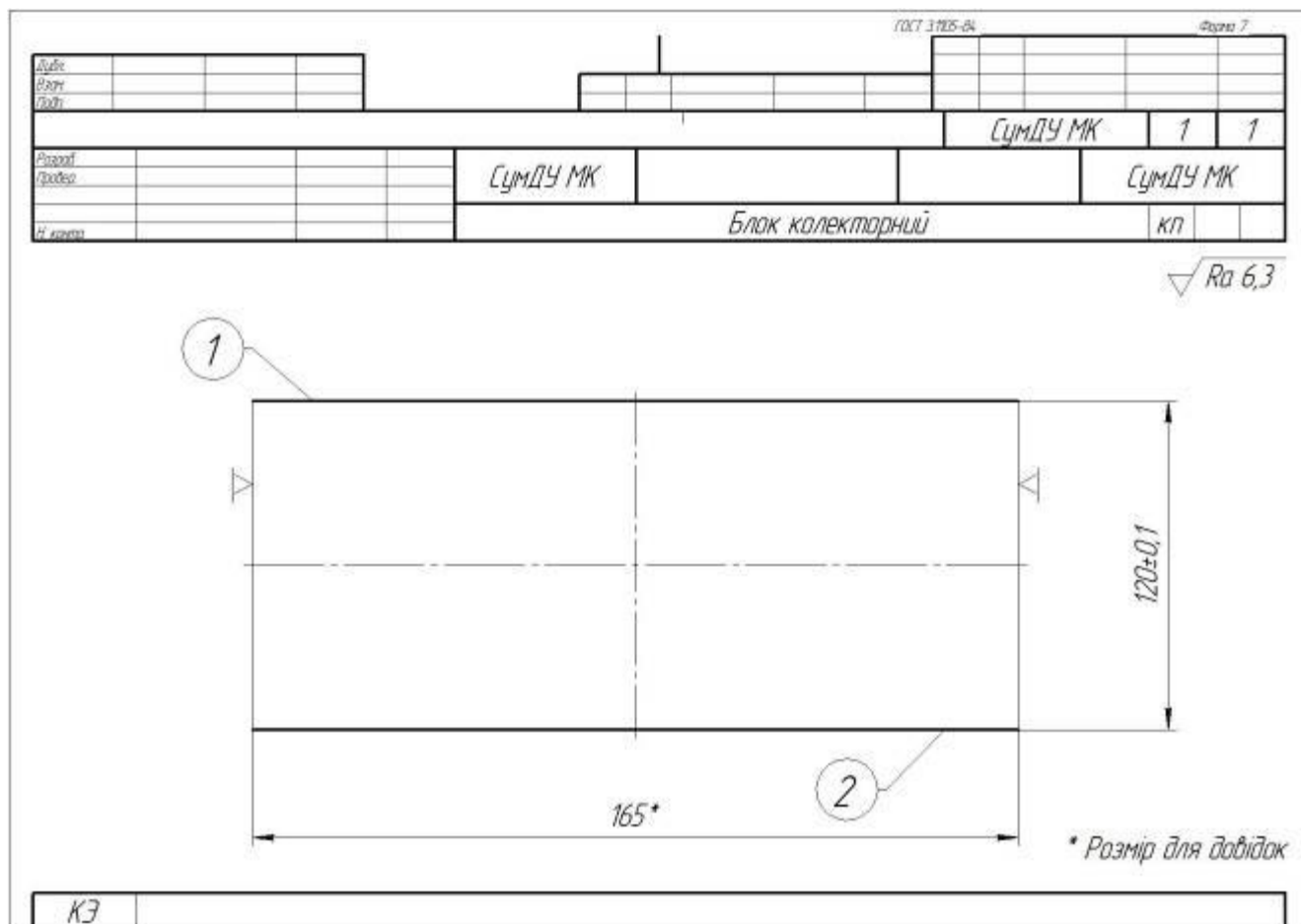


Рисунок 5.3 – Операційний ескіз (операція 025)

030 Вертикально свердлильна

Встановити, закріпити, зняти. Свердлити отвір 1, 2. Зенкувати отвір 2.

У отворі 1 нарізати різь. М5. Контроль на місці.

Обладнання – вертикально-свердлильний верстат мод.2С163Б

Інструмент:

Свердло Ø4.2, Ø6.3

Зенкер Ø6.3

Мітчик М5

Патрон для мітчиків.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

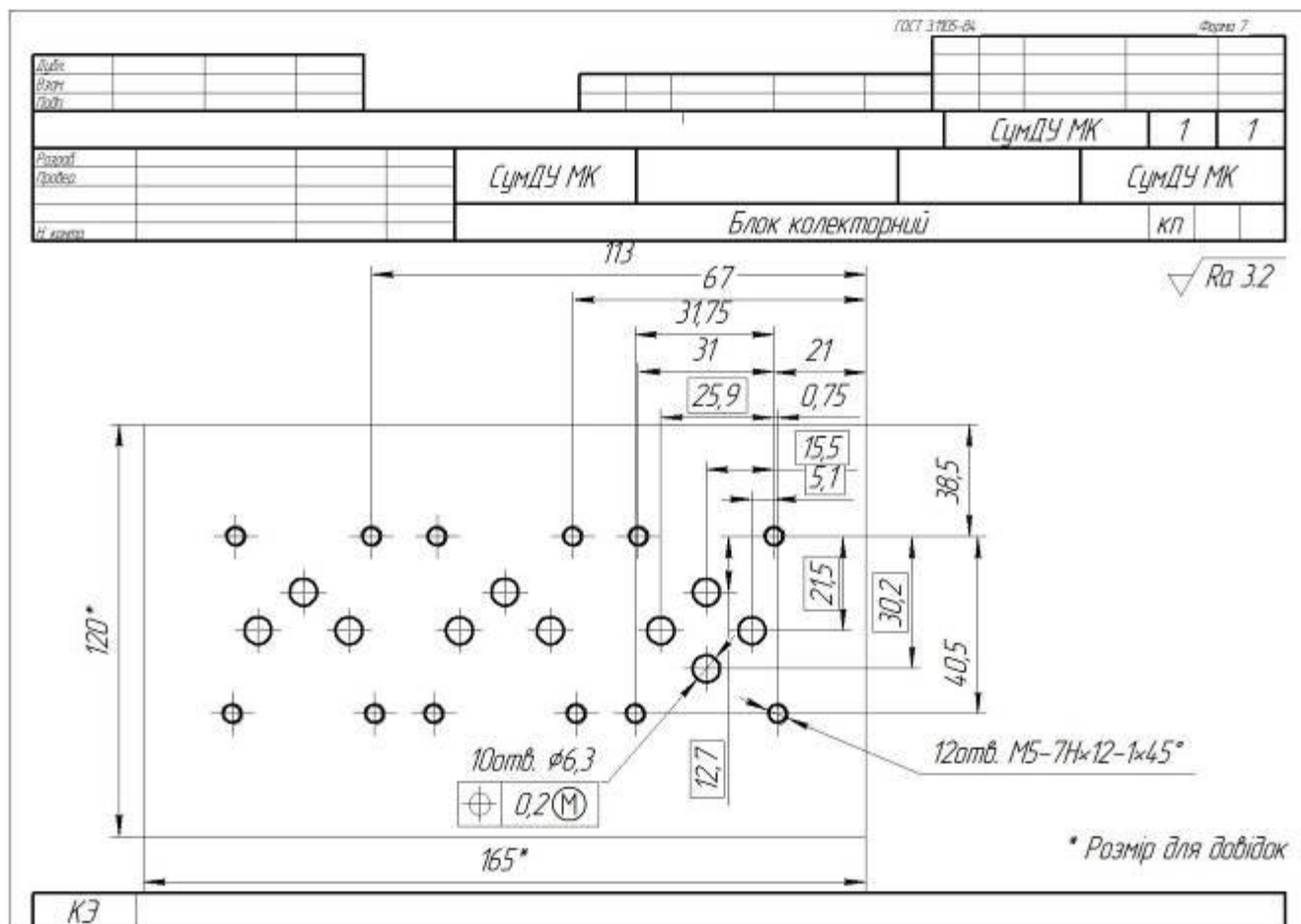


Рисунок 5.4 – Операційний ескіз (операція 030)

## 035 Вертикально свердлильна

Встановити, закріпити, зняти. Свердлити отвір  $\phi 6,3$ ,  $\phi 7$ . Зенкувати отвір  $\phi 6,3$ .

У отворі  $\phi 7$  нарізати різь. М8-7Нх12-1х45°. Контроль на місці.

Обладнання – вертикально-свердильний верстат мод.2С163Б

Інструмент:

Свердло  $\phi 6,3$ ,  $\phi 7$

Зенкер  $\phi 6,3$

Мітчик М8х1 ГОСТ 19090-93

Патрон для мітчиків.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

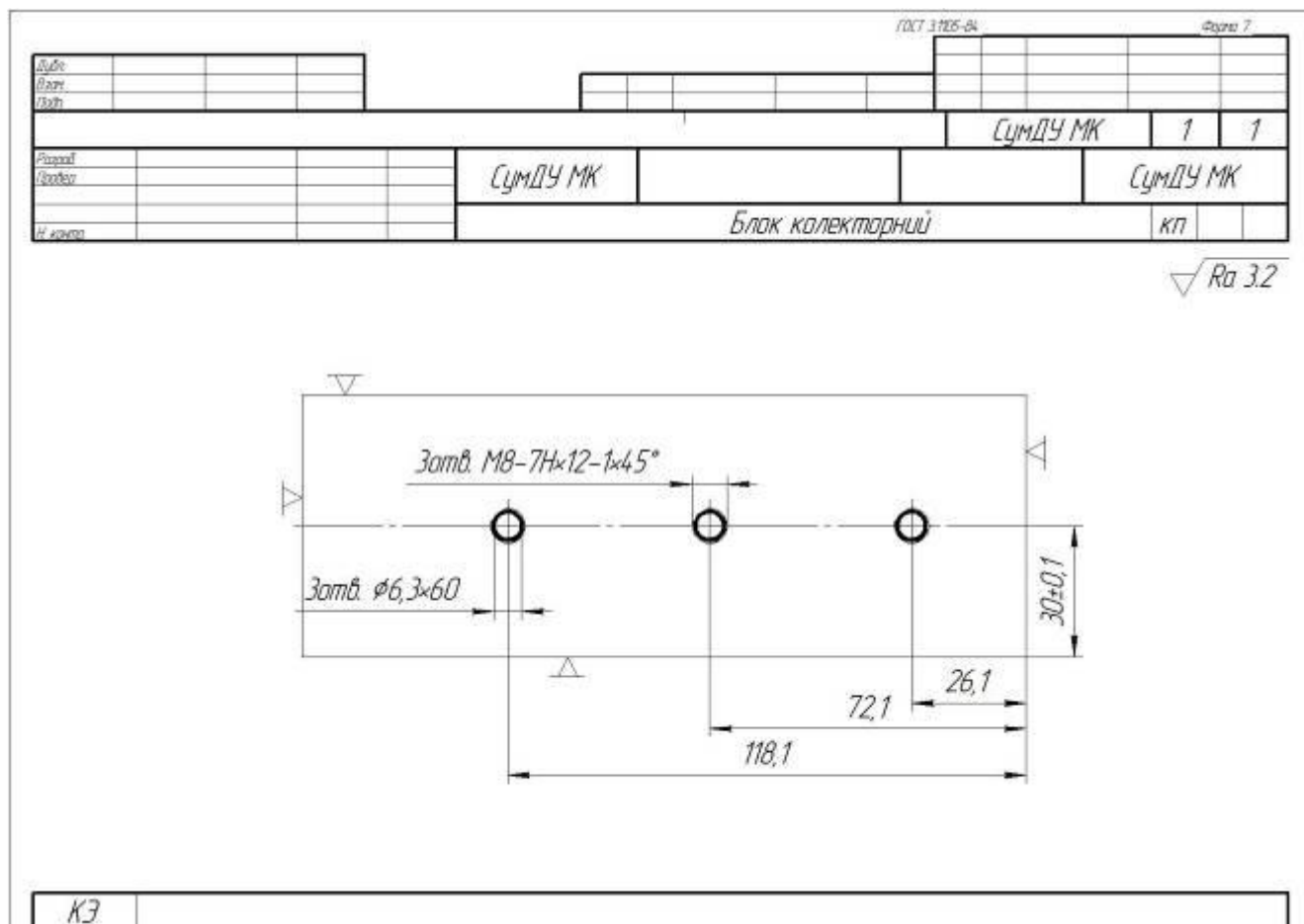


Рисунок 5.5 – Операційний ескіз (операція 035)

040 Вертикально свердлильна

Встановити, закріпити, зняти.

Свердлити отвір:

1, 2, 4–  $\text{Ø}6.3 \times 60$ ,  $\text{Ø}7 \times 12$ ;

3 –  $\text{Ø}6.3 \times 68.8$ ,  $\text{Ø}7 \times 12$ ;

5, 7–  $\text{Ø}6.3 \times 68.8$ ,  $\text{Ø}9 \times 12$ ;

6 –  $\text{Ø}6.3 \times 51.3$ ,  $\text{Ø}9 \times 12$ .

Зенкувати отвір:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 –  $\text{Ø}6.3$

У отворах 1, 2, 3, 4, нарізати різь  $M8-7H \times 12-1 \times 45^\circ$ . Контроль на місці.

У отворах 5, 6 нарізати різь  $M10-7H \times 12-1 \times 45^\circ$ . Контроль на місці.

Обладнання – вертикально-свердлильний верстат мод.2С163Б

Інструмент:

Свердло  $\text{Ø}6.3$ ,  $\text{Ø}7$   $\text{Ø}9$ .

Зенкер  $\text{Ø}6.3$ .

Мітчик М8, М10 ГОСТ 19090-93

Патрон для мітчиків.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

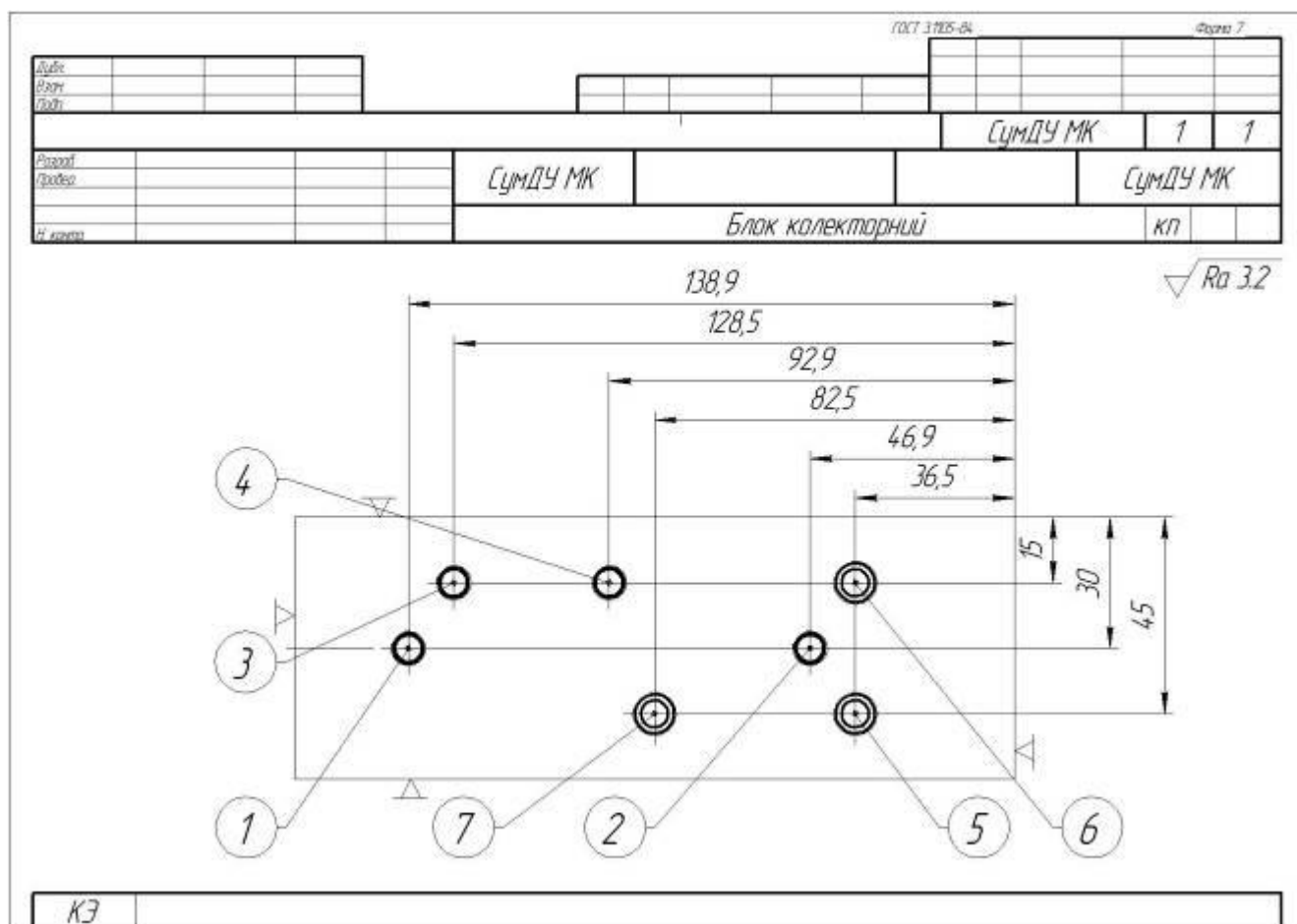


Рисунок 5.6 – Операційний ескіз (операція 040)

045 Вертикально свердлильна

Встановити, закріпити, зняти.

Свердлити отвір:

1 –  $\text{Ø}6.3 \times 165$ ,  $\text{Ø}9 \times 12$

2 –  $\text{Ø}6.3 \times 46.9$ ,  $\text{Ø}9 \times 12$

У отворах 1 та 2 нарізати різь М10-7Нх12-1х45°. Контроль на місці.

Обладнання – вертикально-свердлильний верстат мод.2С163Б

Інструмент:

Свердло Ø6.3, Ø9,

Мітчик М10 ГОСТ 19090-93

Патрон для мітчиків.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

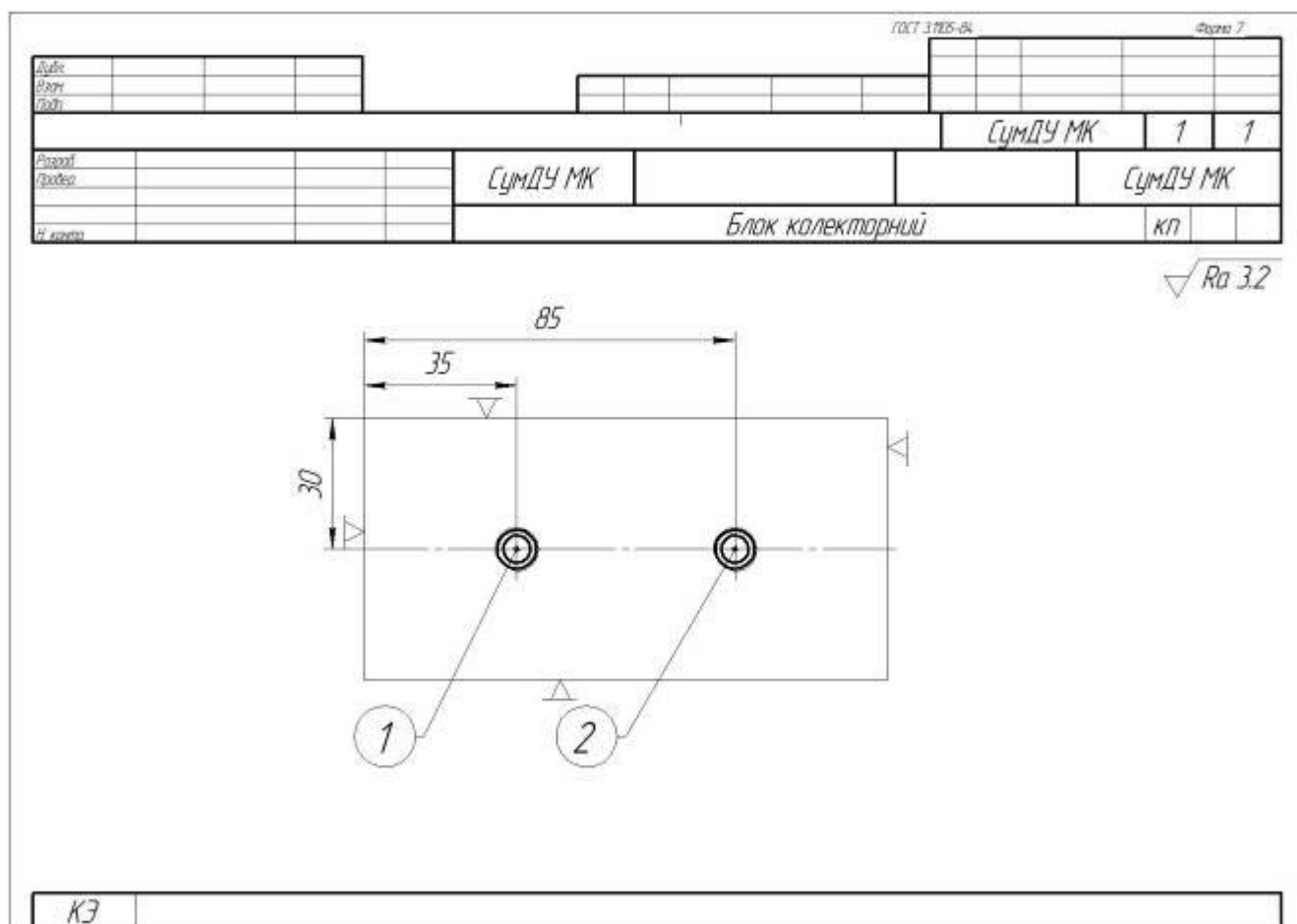


Рисунок 5.7 – Операційний ескіз (операція 045)

050 Вертикально свердлильна

Встановити, закріпити, зняти.

Свердлити отвір:

2 – Ø6.3x26.1, Ø9x12;

3 – Ø6.3x72.1, Ø7x12;

Зенкувати отвір:

2, 3 – Ø6.3;

У отворах 1 та 2 нарізати різь М10. Контроль на місці.



У отворі 3 нарізати різь М8. Контроль на місці.

Обладнання – вертикально-свердильний верстат мод.2С163Б

Інструмент:

Свердло  $\varnothing 6.3$ ,  $\varnothing 7$ ,  $\varnothing 9$ ;

Зенкер  $\varnothing 6.3$ ;

Мітчик М10, М8 ГОСТ 19090-93;

Патрон для мітчиків.

Вимірювальний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-II-400-0.1 ГОСТ 166-89.

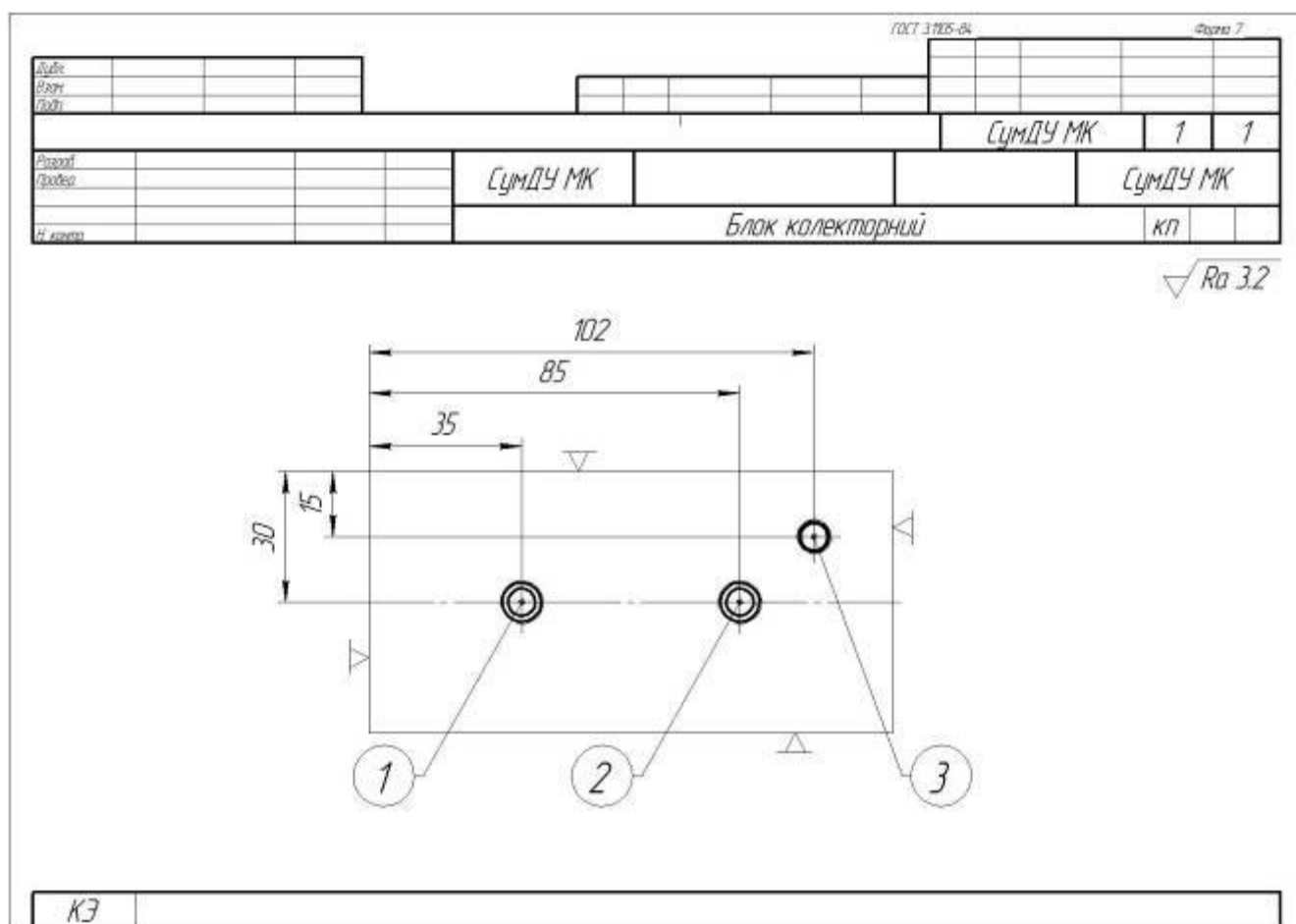


Рисунок 5.8 – Операційний ескіз (операція 050)

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКИ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Розрахунки, які описуються у розділі виконані за методикою [9], [10].

### 6.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів гідравлічного приводу вібраційного пресу для виготовлення тротуарної плитки

**Механічна небезпека** – загрозу для життя та здоров'я обслуговуючого персоналу становлять рухомі деталі, а саме: штоки циліндрів, що висувуються з певною швидкістю та створюваними зусиллями; виготовлений виріб, який транспортується під час технологічного процесу і може зіткнутися з непередбаченими перешкодами, і завдати травму оператору гідравлічної установки. Обладнання, що використовується, а саме аксіально-поршневий насос Rexrot A10VSO18 який створює максимальний тиск на який налаштована система у 320 bar, велика кількість гнучких патрубків, котрі, якщо своєчасно не замінити, при механічному пошкодженні втрачаються свою герметичність і робоча рідина. Також джерелом небезпеки може слугувати, раптове, швидке, непередбачуване переміщення робочих органів за межами запрограмованої області після тривалого технологічного простою при обробці програми в результаті помилок у програмному забезпеченні, механічних або гідравлічних неполадок у приводах електричних полях (ДНАОП 0.00-1.07.94).

**Електрична небезпека** – електродвигун, електричні кабелі які можуть бути пошкоджені операторами та обслуговуючим персоналом при недотриманні правил охорони праці (ДНАОП 0.00-1.32-01)

**Шум** - допустимі рівні звукового тиску в октавних смугах частот, рівні звуку та еквівалентні рівні звуку на робочих місцях згідно до трудової діяльності та робочого місця не повинні перевищувати 93 дБА, згідно ГОСТ 12.1.003-83.

Робоче місце з рівнем звуку більше 80 дБА позначається знаками безпеки згідно ГОСТ 12.4.026.

Робітників, які працюють в цих зонах, адміністрація повинна забезпечити засобами індивідуального захисту по ГОСТ 12.4.051.

На підприємствах, організаціях повинен бути забезпечений контроль рівня шуму на робочих місцях не рідше одного разу за рік.

**Вібрація** – основним джерелом вібрації являється циліндр пресування. При проектуванні технологічних процесів:

- зафіксовані робочі місця, на яких робітники можуть підвергатися вібрації;
- визначені вимоги вібробезпеки по санітарним нормам з урахуванням часових обмежень впливу вібрації, закладених у технологічний процес та зафіксованих у проектній документації.

Рациональна організація праці під час зміни передбачає тривалість робочої зміни не більше 8 год, встановлені 2 регламентованих перерв, урахуванням при встановленні норми виробки, обідня перерва тривалістю не менше 40 хв. приблизно у середині зміни.

Регламентовані перерви повинні використовуватися для активного відпочинку та лікувально-профілактичних засобів та процедур.

**Пожежна небезпека** – основним чинником пожежної небезпеки на даній установці являється робоча рідина. Пожежна небезпека експлуатації гідроприводу з горючої рідиною визначається температурним режимом його роботи. Масла, застосовувані як робочі суміші, ставляться до горючих рідин (3-4 категорії). Існує дві найбільш імовірні причини пожежно-небезпечної ситуації. Перша виникає при аварії гідросистеми, коли робоча рідина може займатися під високим тиском і попадати на поверхні деяких елементів. При цьому відбувається розкладання й окислювання горючих і навіть важко займистих рідин, у результаті чого при певній температурі можливе запалення в середовищі повітря. Поблизу гідроприводу працюючого з горючими маслами неприпустиме розміщення відкритих елементів з температурою поверхні вище 200°C. Іншою ймовірною причиною пожежонебезпечної ситуації є утворення паро-горючої суміші в приміщенні, де перебуває гідропривід, і є зовнішні джерела запалення. Для спалаху або вибуху пароповітряної суміші, повинне бути не менш 10% від обсягу.

Вимоги до способів забезпечення пожежної безпеки системи запобігання пожежі згідно ГОСТ 12.1.012-94:

- запобігання пожежі повинне досягатися запобіганням утворення горючого середовища і (або) запобіганням освіти в займистою середовищі (або внесення до неї) джерел запалювання;

- максимально можливим застосуванням негорючих і важко займистих речовин і матеріалів;

- максимально можливим за умовами технології і будівництва обмеженням маси і (або) обсягу горючих речовин, матеріалів і найбільш безпечним способом їх розміщення;

- ізоляцією горючого середовища (застосуванням ізольованих відсіків, камер, кабін і т. п.);

- підтриманням безпечної концентрації середовища відповідно до норм і правил та іншими нормативно-технічними, нормативними документами та правилами безпеки;

- достатньою концентрацією флегматизатора в повітрі захищуваного об'єму (його складової частини);

- підтриманням температури і тиску середовища, при яких поширення полум'я виключається;

- максимальної механізацією і автоматизацією технологічних процесів, пов'язаних з обігом горючих речовин;

- установкою пожежонебезпечного устаткування по можливості в ізольованих приміщеннях або на відкритих майданчиках;

- застосуванням пристроїв захисту виробничого обладнання з горючими речовинами від пошкоджень та аварій, установкою відключають, що відтинають і інших пристроїв.

- застосуванням електрообладнання, відповідного пожежонебезпечної і вибухонебезпечною зонам, групі і категорії вибухонебезпечної суміші відповідно до вимог ГОСТ 12.1.011 і Правил улаштування електроустановок.

## 6.2 Розробка запобіжного пристрою гідросистеми при зміні тиску вище заданого

При сталому режимі витрата через золотник клапану визначається по формулі:

$$Q = \mu \cdot S_3 \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P}; \quad (6.1)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт витрати  $\mu = 0.7$  ;

$\rho$  – щільність рідини,  $\text{кг/м}^3$  ( $\rho = 0.91$ );

$S_3$  – площа прохідного перетину, що перекривається,  $\text{см}^2$ .

$$S_3 = \pi \cdot D \cdot x; \quad (6.2)$$

де  $x$  – хід штока,  $x = 1$  ;

$D$  – діаметр умовного проходу,  $D = 6$  (мм) ;

$$S_3 = 3,14 \cdot 0.006 \cdot 1 = 0.0189 \text{ м}^2$$

тоді

$$Q = 0,7 \cdot 18.85 \sqrt{\frac{2}{0,91} \cdot 320} = 350 \text{ (л/хв)}.$$

Осьова сила необхідна для перестановки золотника в робочу позицію визначається по формулі:

$$F_3 = m \cdot a + 2Q \cos \alpha \sqrt{\rho \cdot \Delta P} + \rho \cdot \frac{V_3 \cdot S_3 \cdot v}{\delta}; \quad (6.3)$$

де  $m$  – маса золотника, кг ( $m = 0,5$  кг) ;

$a$  – прискорення золотника, м/с<sup>2</sup> ( $a = 10$  м/с<sup>2</sup>) ;

$\alpha$  – кут нахилу золотника щодо осі при витіканні з виточення  
( $\alpha = 70^\circ$ ) ;

$\Delta P$  – тиск гранично припустиме в системі, кгс/см<sup>2</sup>  
( $\Delta P = 320$  кгс/см<sup>2</sup>);

$V_3$  – швидкість золотника, м/с ( $V_3 = 30$  м/с) ;

$\nu$  – кінематична в'язкість масла, мм<sup>2</sup>/з ( $\nu = 44$  мм<sup>2</sup>/с);

$\delta$  – радіальний зазор, мм ( $\delta = 0,01$  мм) ;

$$F_3 = 0,5 \cdot 10 + 2 \cdot 350 \cdot 0,35 \sqrt{0,91 \cdot 320} + \frac{0,91 \cdot 30 \cdot 44 \cdot 10^6}{0,01} = 3827 \text{ кгс.}$$

Знайдемо площу й діаметр золотника по формулах:

$$S_{\text{торц}} = \frac{F_3}{\Delta P}; \quad (6.4)$$

$$S_{\text{торц}} = \frac{3827}{320} = 11.959 \text{ см}^2;$$

$$d_{\text{торц}} = \sqrt{\frac{4S_{\text{торц}}}{\pi}}; \quad (6.5)$$

$$d_{\text{торц}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 11.959}{3,14}} = 3.902 \text{ см.}$$

Проведені розрахунки показали, що при тиску, що перевищує 32 МПа, запобіжний клапан відключить систему від насоса, при цьому масло, що подається насосом, перепускається на злив - тиск стає нижче небезпечного.

Для запобігання системи від перевантаження при відключенні трубопроводу встановлюємо стандартний запобіжний клапан прямої дії ПГ54-32М ДЕРЖСТАНДАРТ 21148-78 .

Застосування розробленого запобіжного пристрою дозволить захистити устаткування від більших перепадів тиску, тому що перепади можуть привести до розриву гідравлічних шлангів і тим самим завдати опіків та тяжких травм робітникові, тому що масло в системі знаходиться під великим тиском та температурою яка може досягати до 200<sup>0</sup> С.

## ВСНОВКИ

У магістерській роботі вирішена практична задача створення гідравлічного приводу вібропреса для пресування тротуарної плитки.

Основні результати роботи:

Виконаний опис конструкції та принцип дії вібропреса.

Розроблений гідравлічний привід, який забезпечує наступні рухи:

- переміщення матриці;
- керування дозатором під час загрузки матриці;
- створення вібрації під час пресування речовини;
- відгрузка виготовленого виробу на стрічковий конвеєр.

Розроблений технологічний процес виготовлення колекторних блоків.

Розроблені робочі креслення спроектованих гідравлічних панелей.

Розрахований гідравлічний привід забезпечує задані зусилля для виконання технічного завдання.



## ЛІТЕРАТУРА

1. Баранов В. Н., Захаров Ю. Е. Электрогидравлические и гидравлические вибрационные механизмы. Издание 2-е, перераб. И доп. М., «Машиностроение», 1997.
2. Искович-Лотоцкий Р. Д., Матвеев И. Б., Крат В. А. Машины вибрационного и виброударного действия. – К.: Техніка, 1982.–208 с.
3. Бабичев А. П. Вибрационная обработка деталей. 2-е изд., перераб. И доп. М., Машиностроение, 1974. 134 с.
4. Бауман В. Н., Захаров Ю. Е. Вибрационные машины и процессы в строительстве. М., Висш. Школа, 1977. 255 с.
5. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1998.
6. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов. – М.: Машиностроение, 1990.
7. Машиностроительная гидравлика. Примеры расчетов / В. В. Вакина, И. Д. Денисенко, А. Л. Столяров – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1986. – 208с.
- 8.Rexroth Bosh Group “Product Catalog Mobile Hydraulics” Part 1: Pumps.
9. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода. – Киев: Техника, 1977 – 320с.
10. Некрасов Б.Б. Гидравлика и ее применение на летательных аппаратах. – М.: Машиностроение, 1967