

Хмельницький національний університет  
Факультет інженерії, транспорту та архітектури  
Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

### Розробка пристрою для віброформування виробів легкої промисловості

Назва теми

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Шифр, назва

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Шифр, назва

Освітня програма «Робототехнічні та мехатронні системи галузі»

Шифр БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Виконав студент 3 курсу  
група РМс-21-2

  
Підпис


Д.П. Смолій  
Ініціали, прізвище

Керівник

  
Підпис, дата

В.І. Онофрійчук  
Ініціали, прізвище

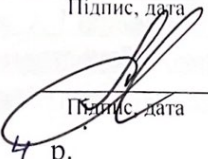
Нормоконтролер

  
Підпис, дата

С.І. Луцишин  
Ініціали, прізвище

До захисту допускаю:

Зав. кафедри МАЕЕС

  
Підпис, дата

О.С. Поліщук  
Ініціали, прізвище

19 06 2024 р.

Хмельницький 2024

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем

Освітній рівень бакалавр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

Шифр і назва

Освітня програма Робототехнічні та мехатронні системи галузі

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАЕЕС

д.т.н., проф. Поліщук О.С.

19 . 06 . 2024р.

ЗАВДАННЯ  
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Смолій Денис Павлович

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1. Тема роботи Розробка пристрою для віброформування виробів легкої промисловості

керівник роботи Онофрійчук Володимир Іванович, к.т.н., доцент

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

Затверджено наказом ректора університету від 15 02 2024 р. № 8

2. Строк подання студентом роботи на кафедру 19.06.2024

3. Вихідні дані до роботи технічні характеристики віброформуючого обладнання

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

Вступ. 1. Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи. 2. Гідравлічні віброзбудники, їх особливості і можливості. 3. Розробка принципової схеми гідравлічного віброзбудника направленої дії. Перелік джерел посилання.

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

1. Віброзбудники гідравлічні (ДО, А1). 2. Віброзбудник пневматичний (СК, А1). 3. Віброзбудник (К2, А2). 4. Віброзбудник (Г2, А2). 5. Експериментальна установка (С3, А1). 6. Експериментальна установка (С7, А1).

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 технологічних та технічних рішень з тематики бакалаврської роботи	до 20.05.24р.	
2. Гідравлічні вібробудники, їх особливості і можливості	до 29.05.24р.	
3. Розробка принципової схеми гідравлічного вібробудника направленої дії	до 5.06.24р.	
4. Оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу	до 17.06.24р.	

Студент

  
Підпис

Д.П. Смолій  
Ініціали, прізвище

Керівник роботи


  
Підпис

В.І. Онофрійчук  
Ініціали, прізвище

## АНОТАЦІЯ

до бакалаврської роботи студента  
спеціальності 133 «Галузеве машинобудування».

1. Прізвище, ім'я та по батькові Смолій Денис Павлович
2. Тема бакалаврської роботи Розробка пристрою для віброформування виробів легкої промисловості
3. Прізвище, ініціали, вчена ступінь та звання опонента Мица В.В., к.т.н.
4. Об'єм бакалаврської роботи: креслень 5 арк., сторінок записки 75
5. В умовах сьогодення важливим є розробка та виробництво обладнання, конкурентоспроможного з найкращими західними аналогами. Враховуючи процеси вологотеплової обробки, що відбуваються в швейному виробництві на сучасному етапі і враховуючи основні недоліки способів та засобів формування, можна зробити висновок, що актуальною є проблема вдосконалення технології формування виробів легкої промисловості за допомогою вібрації. В розрахунково-пояснювальній записці наведено всі необхідні розробки, а також розділи, що відповідають встановленим вимогам. В першому розділі проведено огляд та аналіз існуючих технічних та технологічних рішень з тематики бакалаврської роботи. В другому розділі здійснюється аналіз гідравлічних віброзбудників, їх особливостей і можливостей. В третьому розділі розроблено принципову схему гідравлічного віброзбудника направленої дії.

Підпис студента   
"19" 06 2024 р.

### РІШЕННЯ ЕК:



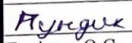


Протокол 3 від "28" 06 2024р.

Оцінка проекту ЕК добре /с  
Рекомендації ЕК -

Особливі відмітки -  
Технічний секретар Буряк Л.В.  
"28" 06 2024 р.

## ЗМІСТ

	с
Вступ	6
1 Огляд та аналіз існуючих технологічних та технічних рішень з теми бакалаврської роботи	8
1.1 Основні аспекти теорії формування текстильних матеріалів	
1.2 Основні характеристики текстильних матеріалів, що впливають на формувальні властивості в процесі ВТО	13
1.3 Способи формування текстильних матеріалів шляхом ВТО	18
1.4 Класифікація віброзбудників	23
Висновки до першого розділу	32
2 Гідравлічні віброзбудники, їх особливості і можливості	33
2.1 Принцип дії гідравлічних віброзбудників	33
2.2 Класифікація гідравлічних віброзбудників	33
Висновки до другого розділу	39
3 Розробка принципової схеми гідравлічного віброзбудника направленої дії	40
3.1 Аналіз конструкції експериментальної установки для формування текстильних матеріалів	40
3.2 Принципова схема гідравлічного віброзбудника направленої дії	44
3.3 Розробка конструкції гідророзподільника направленої дії	46
3.4 Розрахунок гідропневматичного приводу для віброформуючого обладнання	50
Висновки до третього розділу	69

<b>БРМА 24.00.00.000 ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата
Виконав		Смолій Д.П.		
Перевір.		Онофрійчук		
Н.контр.				
Затвер.		Поліщук О.С.		
Розробка пристрою для віброформування виробів легкої промисловості			Літера	Арквн
			4	75
ХНУ, гр.РМс-21-2				

3.2	Принципова схема гідравлічного вібробудника направленої дії	45
3.3	Розробка конструкції гідророзподільника направленої дії	47
3.4	Розрахунок гідропневматичного приводу для віброформуєчого обладнання	51
	Висновки до третього розділу	70
	Висновки	71
	Перелік джерел посилання	73
	Додаток А	

## ВСТУП

Легка промисловість України, як і більшість галузей народного господарства, переживає складний період. Знижується виробництво продукції у зв'язку з гострою нестачею сировини і матеріалів, через порушення господарських зв'язків між підприємствами, партнерами та відсутністю валютних коштів при закупівлі сировини та імпорту.

Вкрай необхідними для галузі є тканини, хімічні нитки та волокна, шубно-хутрова сировина, каучук та синтетичні латекси, барвники та інші вироби, які також постачаються в значно меншій кількості ніж потрібно.

Проблеми, які не вирішуються своєчасно, мають тенденцію загострення. Саме таке відбувається з поставками сировини, через недосконалість діючої фінансово-кредитної системи, як на території України, так і на рівні країн СНД. В таких умовах підприємствам не обійтись без допомоги Національного банку в отриманні кредитів на закупку основних видів сировини.

Це, в свою чергу, дало б можливість підприємствам внести до державної скарбниці за один рік близько 1 трлн. грн. підприємства змушені працювати на давальницькій сировині, щоб не простоювати.

Легка промисловість була і залишається індустрією для народу. Тому задоволення першочергових потреб населення та інших споживачів – основний напрямок діяльності підприємств галузі незалежно від форм власності.

Важливе значення для стимулювання і розширення експорту продукції мають прийняті останнім рішенням Кабінету міністрів України про ліберізацію зовнішньо-економічної діяльності. Ними внесено зміни до ставок експортного мита, в тому числі і на готову продукцію товарів легкої промисловості. Вирішено проблему введення на митну територію України давальницької

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

сировини іноземного замовлення та вивезення з неї готової продукції, що вироблена із використанням цієї сировини.

В умовах сьогодення важливим є розробка та виробництво обладнання, конкурентоспроможного з найкращими західними аналогами.

Враховуючи процеси волого-теплової обробки, що відбуваються в швейному виробництві на сучасному етапі і враховуючи основні недоліки способів та засобів формування, можна зробити висновок, що актуальною є проблема вдосконалення технології формування текстильних матеріалів за допомогою вібрації.

Метою бакалаврської роботи є:

- визначення найбільш перспективних напрямків створення вібраційної техніки

- розробка конструкції універсального гідропневматичного віброзбудника

- аналітичні дослідження запропонованої конструкції.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

# 1 ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ З ТЕМАТИКИ БАКАЛАВРСЬКОЇ РОБОТИ

## 1.1 Основні аспекти теорії формування текстильних матеріалів

### 1.1.1 Термомеханічна крива і її аналіз

У процесі волого-і термообробки тканина схильна до деформації, яка викликає випрямлення, вигин, розтягнення і зминання волокон. Волога на першому етапі процесу термообробки вплив вологи і тепла на тканину послаблює дію міжмолекулярних сил в волокнах. Оскільки дія міжмолекулярних сил у волокнах ослаблена, розташування ланцюгів волокон змінюється на 2-й стадії. Видалення і охолодження вологи з тканини сприяє відновленню зв'язків між молекулами при новому розташуванні її ланцюжків. Завдяки цьому форма, надана матеріалу на етапі 2, фіксується на етапі 3.[3]

Під впливом тепла або вологи полімерні матеріали можуть переходити в 3 стани: склоподібне, високоеластичне і в'язке (рис. 1).1.1). Кожне з цих станів характеризується встановленими фізичними властивостями матеріалу.

Склоподібний стан полімеру характеризується невеликою деформацією при малому зусиллі і здатністю полімеру до великої деформації при додатку великого зусилля з низькою швидкістю в заданому температурному діапазоні. Однак, коли полімер нагрівається до температури, при якій відбувається рухливість гнучких молекул, що виникає в результаті деформація стає повністю оборотною.(Аж до температури транспортного засобу).

В'язкий стан полімеру характеризується необоротною деформацією, яка виникає під впливом механічного напруження, що збільшується з плином часу. У цьому стані вибирається температура, при якій полімер набуває здатність піддаватися великій незворотної деформації. Чим ближче

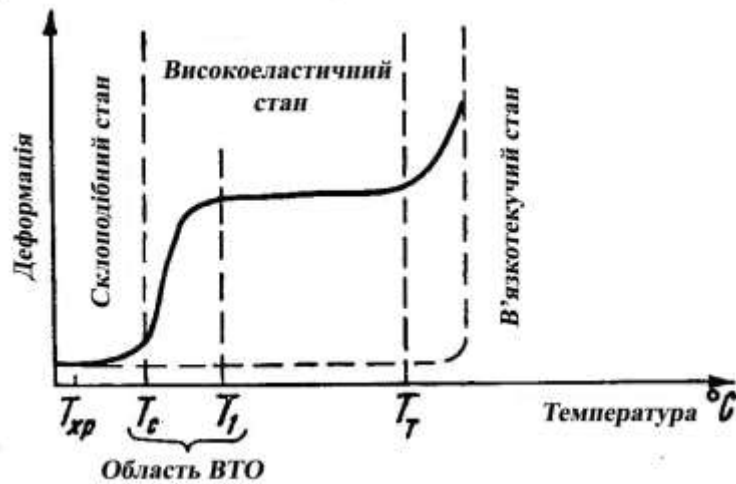
					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 8
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

температура дослідження до витрати полімеру, тим більше невращательная деформація. При подальшому нагріванні полімерний матеріал переходить в дуже еластичне стан, в результаті чого його деформація оборотна, але збільшується. Це температурний діапазон  $T_c-tt$ .

Висока еластичне стан полімеру проявляється в тому, що при певній температурі полімер може оборотно деформуватися у великих кількостях під дією невеликих сил. У цьому стані під дією внутрішніх сил зворотне гнучка Ланка полімеру розпрямляється, і відбувається дуже пружна деформація. Для досягнення високої еластичності необхідні 2 умови: гнучкість полімерних молекул і висока швидкість зміни їх форми. При влаготеплової обробці використовується високоеластична деформація при температурі  $T_c-tt$  (110-120°c). Коли матеріал нагрівається до температури, що перевищує температуру  $T_T$ , деформація збільшується, і полімер переходить у в'язкий стан. Ця умова використовується для з'єднання деталей одягу термопластичними клеями і зварювання термопластичних матеріалів. При влаготеплової обробці використовується високоеластичний стан полімерного матеріалу.

В'язкий стан полімеру характеризується необоротною деформацією, яка відбувається під впливом механічних напружень, що виникають з плином часу. У цьому стані вибирається температура, при якій полімер набуває здатність піддаватися великій незворотної деформації. Чим ближче температура дослідження до температури плинності полімеру, тим сильніше необоротна деформація.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



$T_{xp}$  – температура хрупкості;

$T_c$  – температура склуватості;

$T_T$  – температура текучості

Рисунок 1.1 - Термомеханічна крива монолітного аморфного полімеру

У процесі вологотеплової обробки, якщо необхідно домогтися значної деформації, температурний діапазон  $T_c$ - $T_1$  характеризує область теплового впливу матеріалу на полімер при вологотепловій обробці. У цьому температурному діапазоні деформація відбувається при низькому тиску і виникають витрати енергії на нагрів.

Щоб закріпити отриману форму, полімер охолоджують до температури нижче  $T_c$  [5].

Дослідження текстильних матеріалів показали, що термомеханічні характеристики Текстилю аналогічні характеристикам монолітних полімерів. При цьому встановлено, що на кожному з 3-х етапів необхідно дотримуватися задані температуру і вологість (параметри робочого середовища).

Температура підготовки матеріалу до формування не повинна перевищувати  $90-100^\circ\text{C}$ , коли на волокнах відбувається конденсація пари і тканина переходить в стадію дуже еластичного стану.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
10

Температура робочого середовища на другому етапі (формування матеріалу) повинна дорівнювати 105-120°C.

На третьому етапі необхідно закріпити отриману форму шляхом швидкого охолодження волокон тканини до температури нижче температури склування.

Вологість в одязі для термообробки важлива температура, при якій тканина може змінювати свої властивості при нагріванні і охолодженні до кімнатної температури[5].

### 1.1.2 етапи процесу COT

З огляду на особливості волого-термічної обробки, її можна розділити на 3 етапи, незалежно від використовуваного обладнання.

На першому етапі обробки матеріал готується до формування, на другому етапі матеріал формується, а на третьому етапі закріплюється отримана форма. Поділ цього процесу дозволяє глибоко проникнути в його фізичну суть і правильно підійти до підбору параметрів і управління цим процесом.

Підготовка матеріалу до формування полягає в пластифікації полімеру матеріалу шляхом нагрівання і переведення його в високоеластичний стан. В такому стані матеріал може бути деформований з мінімальним навантаженням і витратами часу.

Фіксація форми одержуваного матеріалу здійснюється з урахуванням релаксації. Деформований матеріал під тиском повинен бути переведений з пластифікатора і полімеру матеріалу в склоподібний стан.

В цілому етапи процесу вологотеплової обробки представлені схемою, показаною на малюнку 1.2[5].









просвіту (7). (Рис. 1.4[5, с. 58-150])

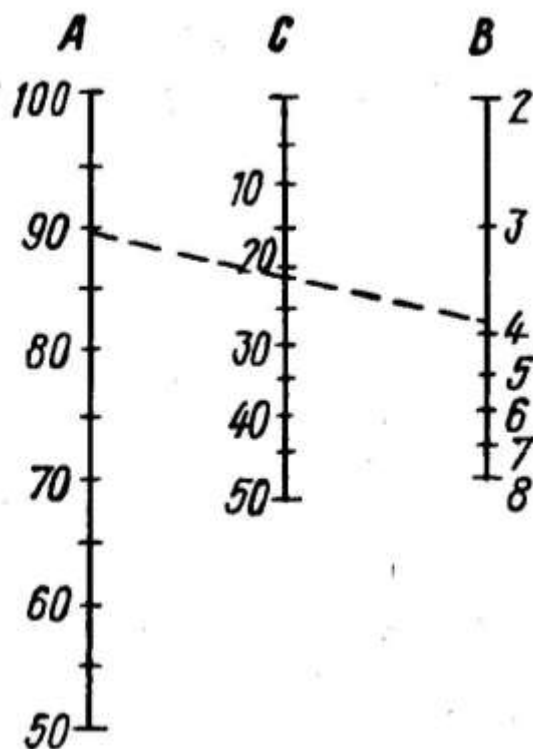


Рисунок 1.4 - Номограма для визначення формувальної здатності тканини (по Т. А. Модестовій).

Рекомендується оцінювати формуючу здатність тканини за коефіцієнтом формуємості, який характеризується кутом прогину нитки під дією навантаження в 10 Н, яка прикладається під різними кутами до основи і живить елементу. Уздовж нитки коефіцієнт формуємості дорівнює нулю. Приблизне значення коефіцієнта заповнення поверхні тканини А і кількість ниток у звіті b можна визначити за допомогою номограми (рис. 1).1.12).

Стабільність кута нахилу текстильної пряжі після СОТ можна оцінити за допомогою коефіцієнта стабільності.

(1,4

градуси нахилу-це кут нахилу тканини по діагоналі в кінці процесу







фізичні і механічні дії на матеріал. Виділяють наступні способи отримання тривимірної форми, які характеризують цей метод:

Використовують рухливість сітчастої структури організації, тобто змінюють кут між системами ниток;

Використання завісочних властивостей швейних матеріалів.

У свою чергу, пряжа матеріалу складається з волокон, які мають складну хімічну структуру. "Тонка" структура швейних матеріалів визначається структурою волокон, а їх фізичні та механічні властивості залежать від їх типу.

Метод впливу на "тонку" структуру характеризується фізико-хімічним впливом на молекулярну структуру швейних матеріалів. Формування за цим методом здійснюється під впливом тепла, тиску і вологи. Залежно від волокнистого складу матеріалу кількість компонентів, що впливають на отримання напівфабрикату, варіюється. Коли до перерахованих факторів додаються хімічні продукти, процес формування значно ускладнюється. Цей спосіб передбачає наступні 2 види обробки:

Суша термообробка (гаряче пресування) застосовується для пошиття матеріалів з високим вмістом синтетичних термопластів (більше 70%) або чистих синтетичних матеріалів методом екструзії;

Вологотеплова обробка (термічна обробка під тиском) використовується для надання форми чистим лляним і вовняним тканинам, що містить до 30% синтетичних волокон.

Влаготеплову обробку можна проводити як при статичному, так і при динамічному впливі в силовому полі. Динамічне формування може здійснюватися двома способами: циклічним навантаженням напівфабрикатів і вібраційним формуванням напівфабрикатів.

Вологотеплова обробка з введенням хімікатів використовується для формування деталей одягу з поліпшеною формоустойчивістю (тепло-тиск-





При такому способі поліпшення якості виробу формування створюється за рахунок підвищення стабільності форми. Ефективність цього методу підвищується за рахунок використання недорогих базових матеріалів

Перевагами цього методу є:

Широке використання тканин будь-якого волокнистого складу, трикотажних і нетканних матеріалів;

Можливість отримання найскладніших і різноманітних форм;

Можливість автоматизації при формуванні складчастих форм, таких як складки і ГОФРИ.

До недоліків цього способу відносяться::

Формування обмежується формувальними та закупорювальними властивостями сировини;

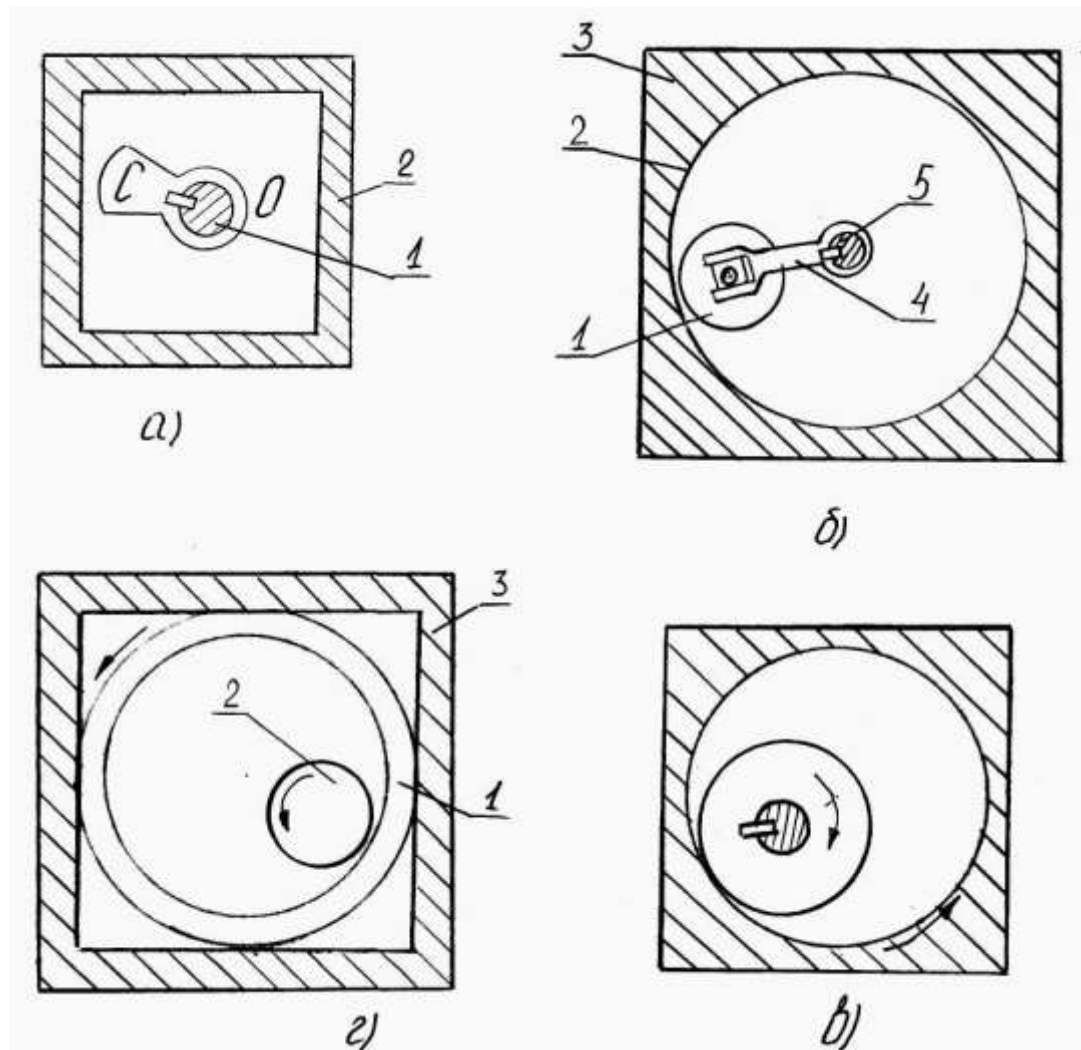
Потрібна додаткова фіксація форми, отриманої шляхом скручування системи ниток, шляхом вологотеплової обробки [5].

#### 1.4 Класифікація віброзбудників

##### 1.4.1 Відцентрові віброзбудники

Відцентровий віброзбуджувач-це інерційний віброзбуджувач з обертальним рухом інерційних елементів. Сила, що виникає при русі інерційного елемента, в основному, а в деяких випадках виключно, має звичайну складову сили інерції, тобто відцентрову силу. Відцентрово коливаються екситони діляться на неврівноважені і планетарні. У неврівноваженому віброзбуднику інерційний елемент встановлений на підшипнику, з'єднаному з корпусом віброзбудника, і в зв'язку з віссю обертання, яка визначається підшипником в планетарному віброгенераторі для лову риби, момент інерції

переміщається по траєкторії корпусу і здійснює 2 руху пов'язаного ходу-вхід і власне обертання при постійному передавальному відношенні.



а, б – поводково-планетарні; в, г – фрикційно-планетарні

Рисунок 1.4 – Плоскі схеми відцентрових віброзбудників

Розбалансований віброзбудитель підрозділяється на одновальний, двовальний, трехвальний і т.д. в залежності від кількості розбалансованих валів.

На малюнку 1.4 показана найбільш поширена плоска схема відцентрово-коливальних екситонів з одним інерційним елементом. На малюнку 1.4 розбалансований віброзбудник складається з розбалансованого елемента 1, жорстко з'єднаного з віссю, яка обертається навколо осі о підшипника,

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

з'єднаного з шатуном. На малюнку 1.4, б показана схема планетарного коливального екситону на повідку з зовнішньої обкаткою. Повзунок 1 переміщається по направляючій корпусу 5 за допомогою повідця 4, що обертається від вала 3 2.

На малюнку 1.4, в показаний фрикційний планетарний вібробуджувач з зовнішньої обкаткою, а на малюнку 1.4, г - з внутрішньої обкаткою.

### 1.2.2 електромагнітний вібраційний пристрій

В електромагнітних генераторах змінюється в часі магнітне поле впливає на феромагнітний матеріал, створюючи силу, що збуджує вібрацію. Така система показана на малюнку 1.2.ап сердечник електромагніту з обмоткою якоря 2 і пружним тілом 3 1 і якорь 4 міцно з'єднані пружним тілом 3. Коли по обмотці протікає струм, створюється магнітне поле і лінія його дії замикається. Якщо струм змінний, то навантаження змінюється з плином часу і викликає вібрацію якоря і прикріпленого до нього тіла.

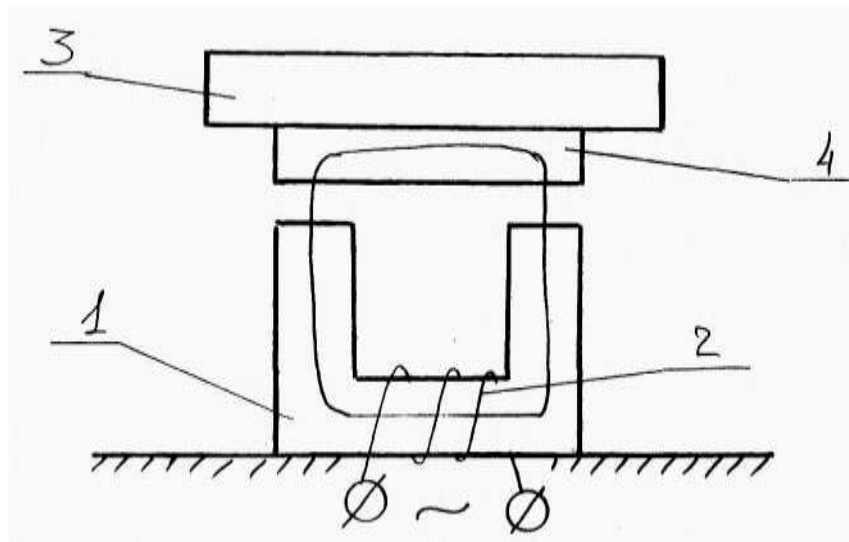


Рисунок 1.5 – Електромагнітний вібробудувач

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 25
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Електромагнітний коливальний екситон, в якому одна обмотка підключена до мережі змінного струму, називається реактивним. Відомі різні схеми регулювання вібрації з одним електромагнітом 1: через випрямляч 2 кількість витків вторинної обмотки живиться від регульованого трансформатора 3 (рис. 1.6), схема намагнічування забезпечена компенсаційним трансформатором 4 (рис. 1.7).

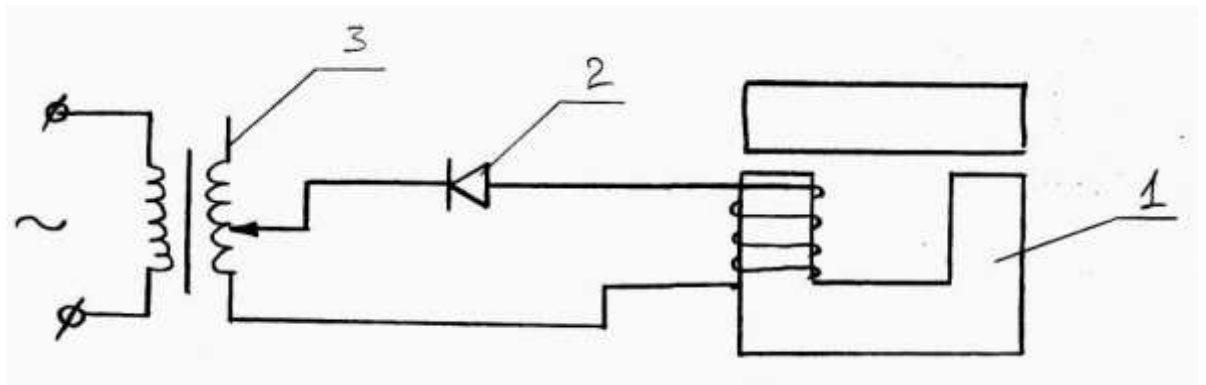


Рисунок 1.6 – Електромагнітний віброзбудник із живленням через випрямляч

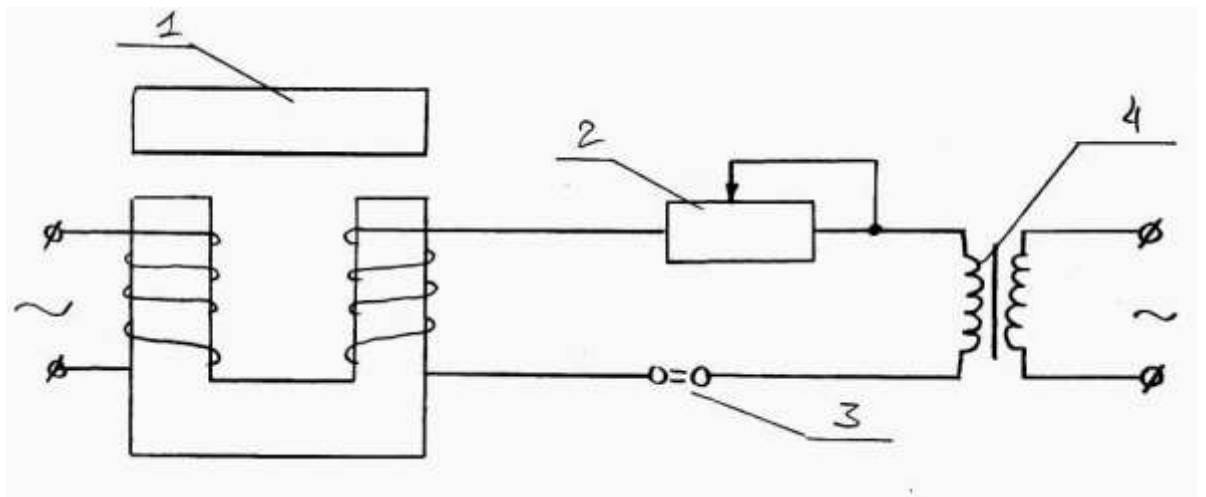


Рисунок 1.8 – Електромагнітний віброзбудник із компенсуючим трансформатором

### 1.4.3 Електродинамічні віброзбудники

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

Електродинамічний спосіб збудження коливань заснований на явищі перетворення змінних електродинамічних сил при взаємодії постійного магнітного поля з провідником, по якому протікає змінний струм.

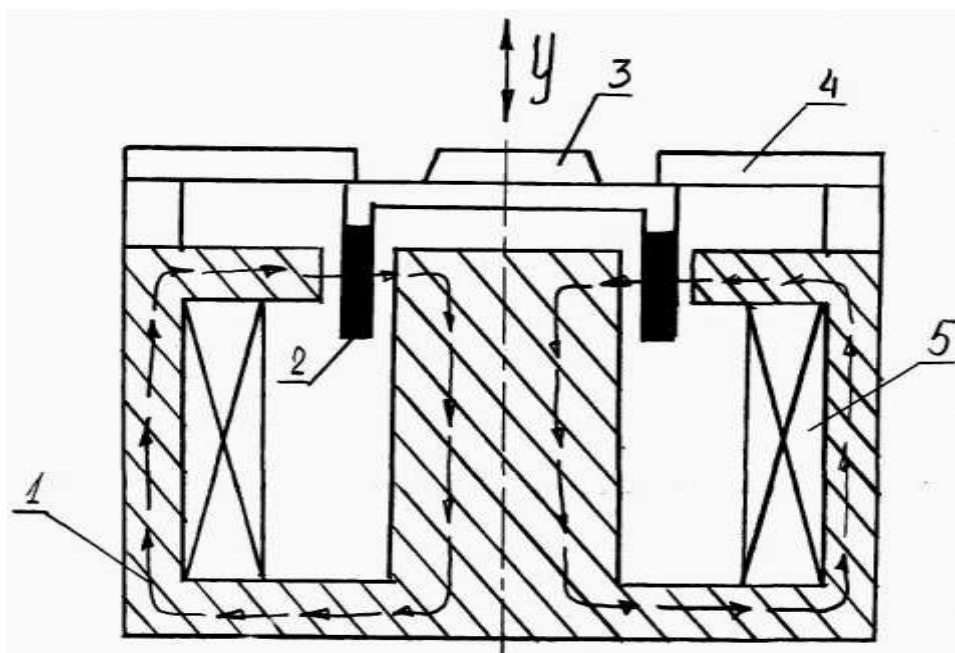


Рисунок 1.9 – Схема електродинамічного віброзбудника

Електродинамічний віброзбудник складається із таких основних частин (рисунок 1.9). Магнітне поле – це постійний магніт, або електромагніт 1 із обмоткою збудження 5. В потужних віброзбудниках звичайно застосовують електромагніт. Рухома система складається із рухомої обмотки 2, каркасу обмотки, з'єднувальних частин і стола 3, платформи, стержня, який служить для передачі руху. Пружний елемент 4 необхідний для повернення рухомої частини системи в положення рівноваги, їх виконують у вигляді плоских пружин.

Принципові схеми відрізняються розташуванням пружних елементів і формою магнітної системи, числом рухомих обмоток і котушок.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

#### 1.4.4 Пневматичні віброзбудники

Пневматичні Вібратори використовують енергію стисненого повітря.

Ця група коливальних збудників складається з наступних пристроїв:

1) Зміна постійного тиску в магістралі  $R_m$  на пульсуюче;

2) Використання пульсуючого тиску  $p(t)$  для створення вібраційного руху в робочому органі машини.

В якості датчика тиску часто використовується електродвигун з редуктором, за допомогою якого диск з отворами приводиться в обертальний рух. Якщо отвір збігається з отвором в пневмоприводі, повітря буде проходити через нього, в іншому випадку подача повітря припиниться. Часто використовується золотник, керований електромагнітом.

Наступні пристрої реалізують перетворення пульсуючого тиску в змінні зусилля: пневмоприводи, пневмокамери, поршневі циліндри, мембрани, клапани з високоеластичних матеріалів, засувки, вентилі, клапани.

На рис. 1.10, б показаний вузол поршневого циліндра, який використовується в віброуючих пристроях, які зазвичай вимагають великих зусиль і амплітуд. Максимальне зусилля  $P$  на штоку поршня дорівнює  $F(p_m - p_a)$ , де  $F$  - площа поршня.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

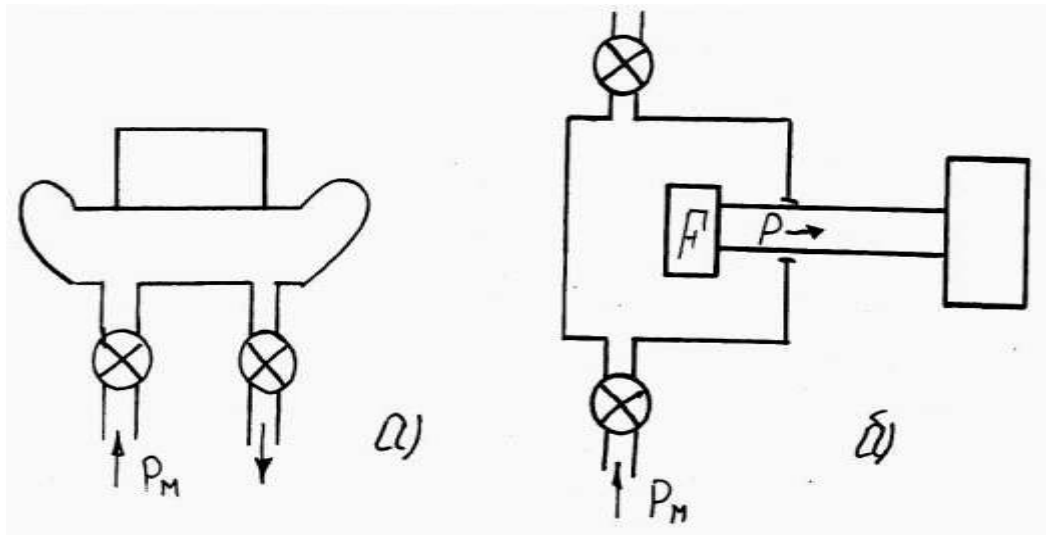


Рисунок 1.10 – Схеми пневматичних віброзбудників

Пневматичні гасителі коливань з пульсаторами використовуються, коли потрібна велика зусилля, а частота визначається часом заповнення активного обсягу, тому їх недоліками є низькі частоти, зазвичай 10-15 Гц. В даному випадку це обсяг пристрою, який виходить головним чином на робочу поверхню.

#### 1.4.5 кінематичні і примусові віброзбудники і

При такому типі коливального екситону приводний Ланка має досить чітке переміщення, яке залежить тільки від геометричних розмірів механізму (ексцентриситету кривошипа).

Віброзбудник долає внутрішні втрати і віддає енергію вібромашині, необхідну для виконання корисної роботи, забезпечуючи запуск і підтримання робочого режиму. Резонансні машини також забезпечують циркуляцію енергії в вібросистемах, пов'язаних з дисбалансом пружних або інерційних елементів.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 29
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Кінематичний коливальний екситон розділений на ексцентричний привід з пружним кривошипом і приводний демпфер відповідно, а екситон з примусовим колюванням має жорсткий кривошип.

Існують приводи з регульованою амплітудою вібрації і з нерегульованою амплітудою вібрації.

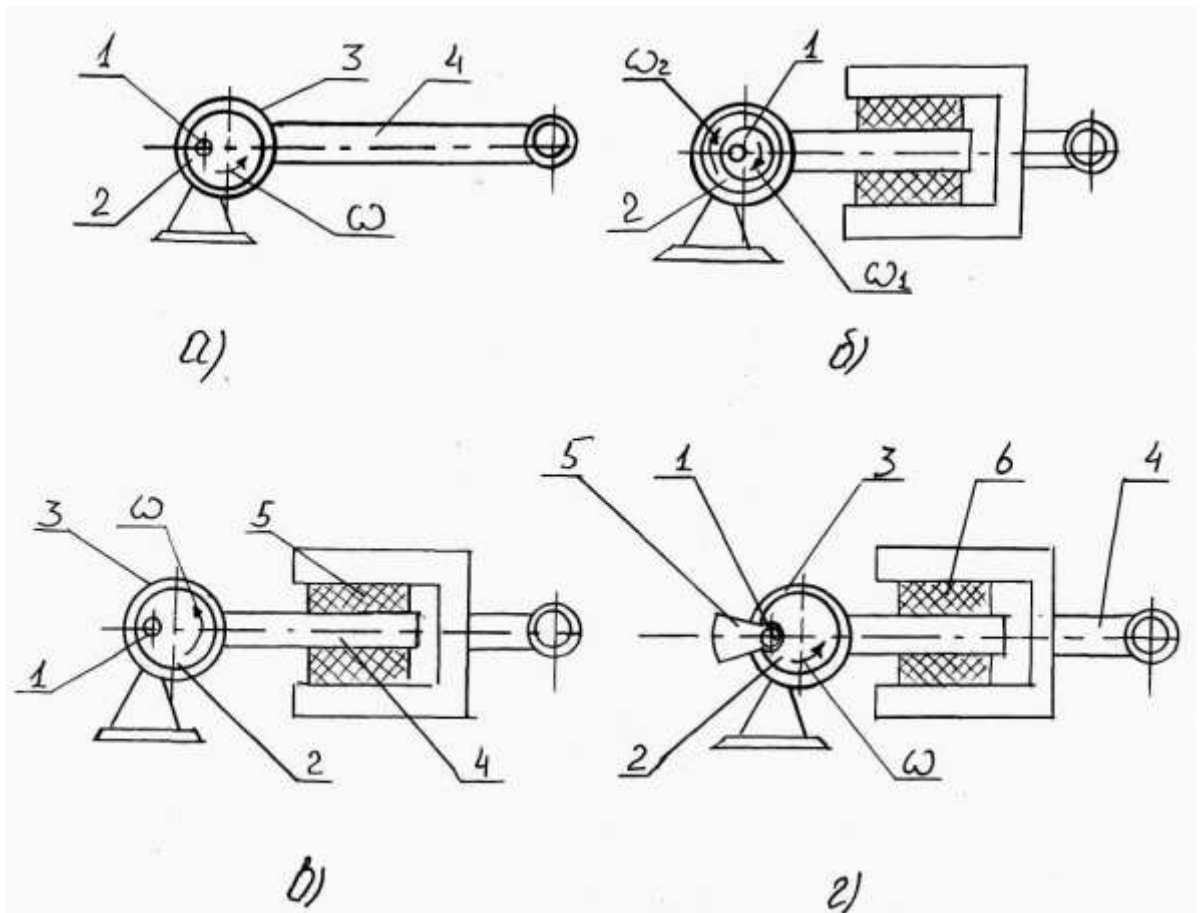
Потім регульований привід ділиться на регульований привід без зупинки верстата і регульований привід в неробочому стані верстата. Залежно від характеру регулювання існують приводи з плавною і покроковою регулюванням.

Залежно від різних типів роботи екситони з вимушеними колюваннями і екситони з кінематичними колюваннями принципово розрізняються. Примусовий вібровозбудитель повинен надавати робочому органу кінематично певний рух, а при кінематичному порушенні вібрації характер руху робочого органу визначається параметрами самої машини, її масою і жорсткістю пружного з'єднання. У зв'язку з цим в вібровозбудителе примусової дії використовується ексцентриковий механізм, кінець його шатуна закріплений на робочому органі верстата і має кінематично певне переміщення. В даному випадку використовується жорсткий шатун, а приводний вал закріплений на рамі.

Кінематичний вібровозбудитель не повинен накладати жорсткий зв'язок на рух робочого органу машини, щоб деформуючий елемент вводився в приводний механізм для отримання необхідного ступеня збудження.

Ексцентрик 2 прикріплений до валу 4, охоплюється затискачем 3 шатуна 1, а вільний кінець шатуна Шарнірно з'єднаний з робочим органом верстата.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



а, б – примусові; в, г – кінематичні

Рисунок 1.11 – Принципові схеми кінематичних і примусових віброзбудників

Щоб врівноважити рухому масу, а в деяких випадках і рухомі частини машини, на валу встановлені противаги, так що створювана ними відцентрова сила врівноважує силу інерції рухомих частин приводу (незбалансованих частин машини).

Для створення бігармонічної вібрації основний пристрій більш простого кінематичного віброзбудника, що складається з 2 ексцентрикових втулок 1 і 2 (рис. 1.11, б), які прилягають один до одного і обертаються з кутовою швидкістю і заданим кутом фазового зсуву, показано на рис. 1.11, в. на рис. 1.11, г показано рівноважне положення кінематичний віброзбуджувач. У ексцентриковому приводі використовуються різні системи пружних шатунів.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата



## 2 ГІДРАВЛІЧНІ ВІБРОЗБУДНИКИ, ЇХ ОСОБЛИВОСТІ І МОЖЛИВОСТІ

### 2.1 Принцип дії гідравлічних віброзбудників

Гідравлічний віброзбудник викликає вібрацію робочого органу машини за допомогою пульсуючого джерела робочої рідини або за допомогою золотникового пристрою для переривання подачі робочої рідини з певними витратами. Золотниковим пристроєм можна керувати за допомогою зовнішнього приводу або самого віброзбудника в залежності від положення виконавчого органу.

### 2.2 Класифікація гідравлічних віброзбудників

За принципом роботи гідравлічні вибровозбудители діляться на пульсуючі, автоколивальні, відслідковуються і самоврядні.

Перший тип вібробудівників, побудований за принципом дії, ділиться на пульсуючі, відстежують і самоконтрольовані.

Перший тип вибровозбудителя заснований на принципі збудження виконавчого органу (гідроциліндра) пульсуючим тиском, створюваним пульсуючим потоком рідини. Використовувався вибровозбудитель одноразової дії. По-перше, робоча рідина здійснює роботу тільки під час прямого ходу, зворотний хід здійснюється під дією пружної системи, а в двонаправленому вібруючому пристрої зворотний хід здійснюється під дією робочої рідини.

В автоколивальних і самоврядних генераторах при подачі живлення від постійної магістралі завдяки наявності спеціальної системи генерується Періодичне дзижчання, а періодична подача і скидання робочої рідини здійснюється автоматично. Поршень гідроциліндра сам управляє

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 33
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

переміщенням розподільного барабана і забезпечує безперервність зворотно-поступального ходу.

Пристрій контролю називається вібровозбудителем і має сувору негативний зворотний зв'язок по переміщенню між гідророзподільником і робочим органом машини.

Генератори-пульсатори діляться на 2 групи за принципом збудження. :

1. З насосом-пульсатором;
2. З котушками для створення пульсацій;

В якості гідравлічного клапана використовується поступально переміщається або обертається золотник, що приводиться в дію зовнішнім двигуном. Частота коливань віброзбудника регулюється частотою обертання або зворотно-поступальним рухом гідравлічного розподільника. Амплітуда регулюється зміною тиску робочої рідини.

На малюнку 2.1 показана принципова схема гідравлічного віброзбудника-пульсатора.

На малюнку 2.1 показана принципова схема вібровозбудителя. У гідроциліндрі 1 поршень 2 переміщається під тиском робочої рідини, що подається двопоршневим пульсатором 3. Пульсатор подає робочу рідину в патрубок 4 і відкачує її з патрубка 5 таким чином, що в другій половині ходу напрямок руху рідини змінюється.

Вібраційна система з'єднана з поршнем віброзбудника штоком 7, що має пружний елемент 6. В цьому випадку еластичний елемент необхідний для додання системі необхідного ступеня рухливості. Деяка додаткова еластичність обумовлена стисненням рідини і деяким еластичним з'єднанням трубопроводів.

1. Одним з найважливіших недоліків гідравлічних машин є втрата робочої рідини в процесі експлуатації через технічний зазор між поршнем і циліндром, ущільненням і штоком. В даний час розроблена нова конструкція гідравлічного віброзбудника без пари тертя, яка позбавлена цього недоліку. У

										Арк.
										34
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата						

таких пристроях замість поршнів використовуються гумові пружні елементи, що працюють на зсув. Перевагою такої конструкції також є органічна зв'язок вібровозбудителя з пружною системою, що дозволяє створити універсальний агрегатний вібропривід.

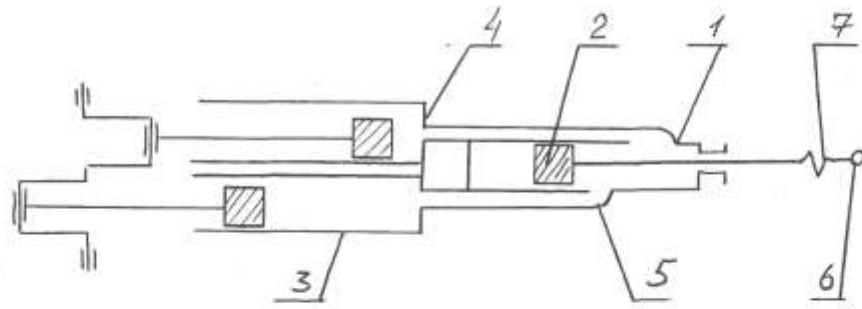
На малюнку 2.1, б показаний віброзбуджувач для генерації бігармонічних коливань з використанням 2-поршневого пульсатора. Він складається з гідроциліндра, в якому переміщається поршень 2 1, а шток 3 має пружний елемент 4. Робоча рідина подається пульсатором 5 в гідроциліндр через патрубки 6 і 7. Через те, що витрата рідини в кожному циліндрі пульсатора є гучним, в робочий циліндр, поршень якого рухається за законом Бі-гармоніки.

На малюнку 2.1, б показаний віброзбуджувач пульсаторного типу односторонньої дії, в якому золотник переміщається поступово. Гідравлічний привід золотникового пульсатора має 2 типи гідравлічного приводу з золотником на вході і виході виконавчого гідроциліндра. На малюнку 2.1 ви можете бачити, що він складається з гідроциліндра 1, золотника 2, який періодично підключає робочу порожнину, потім подає тиск, а потім підключає зливну магістраль. Двонаправлений віброзбуджувач (рис. 2.1, е) складається з гідроциліндра 1 і золотника 2. Золотник періодично приєднує з'єднання 1-ї робочої порожнини гідроциліндра до зливу і одночасно приєднує 2-ю робочу порожнину до напірної магістралі. Потім напрямок руху змінюється.

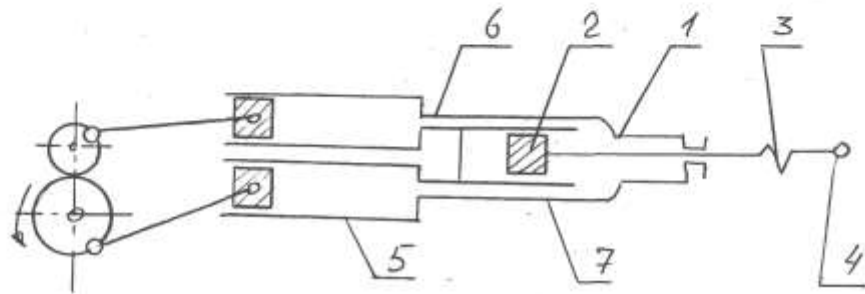
Це показано на малюнку 2. На фіг. 1, D показаний гідроциліндр 1 для управління випуском робочої рідини, віброзбуджувач, що складається з золотника 2.

Схематичний вид гідроприводу пульсаторного типу з пульсуючим золотниковим генератором на вході, як показано на малюнку 2.2. Гідропривід складається з насоса 2, який подає робочу рідину на вхід золотника 1, який може бути виконаний у вигляді обертається заглушки, і має ряд з отворів,

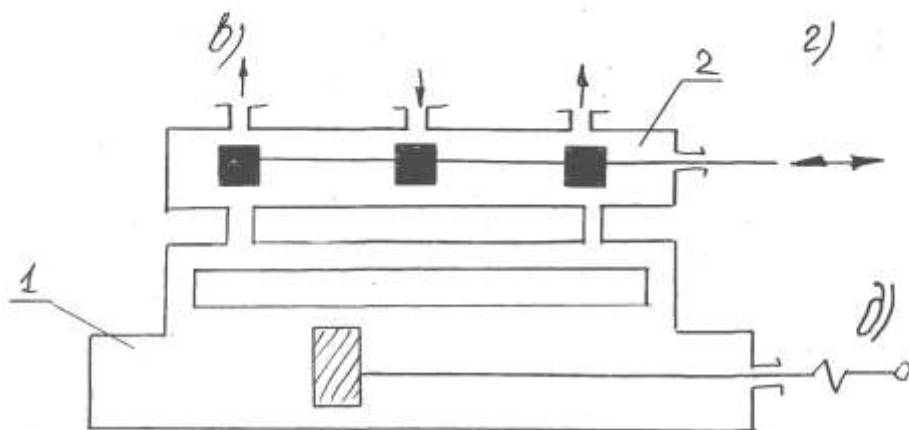
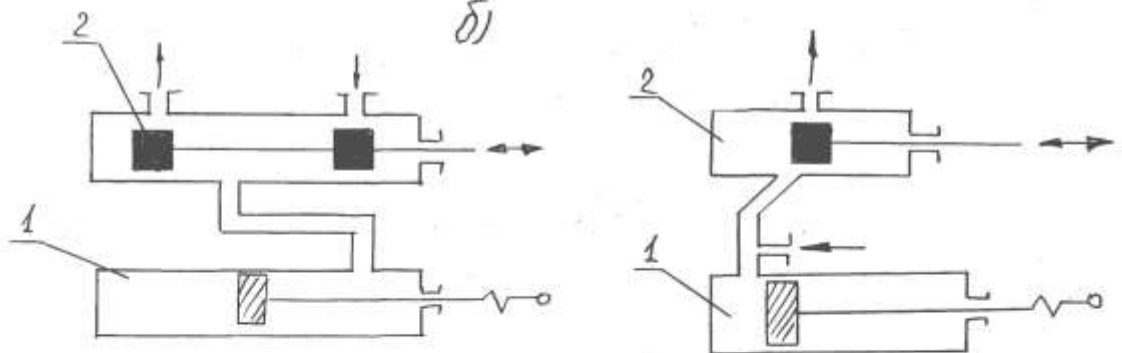
розташованих з можливістю почергового з'єднання зі зливною магістраллю і напірної магістраллю на 3 витках порожнього виконавчого циліндра 1.



а)



б)



в

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
36

Рисунок 2.1 – Принципові схеми гідравлічних віброзбудників

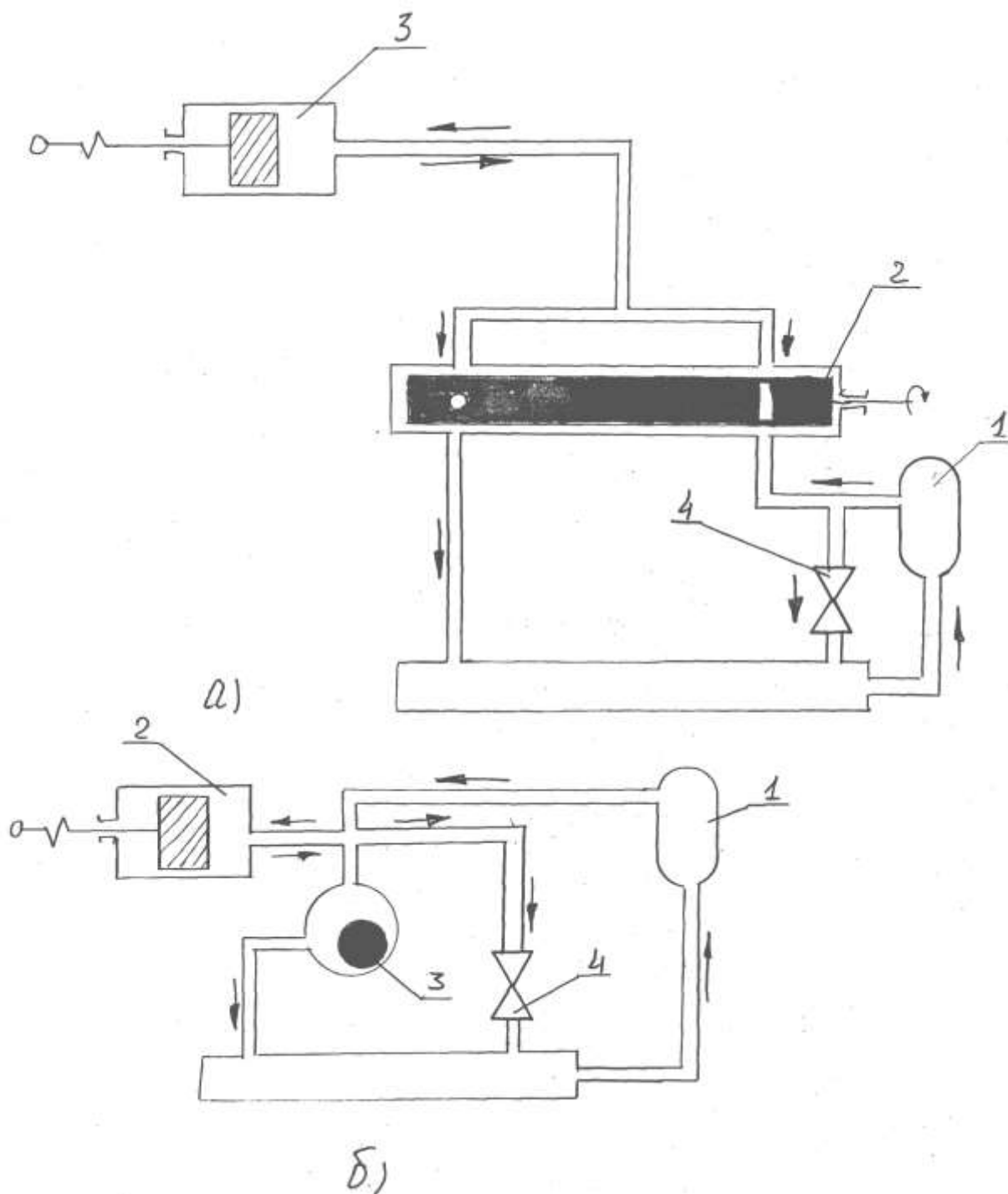


Рисунок 2.2 – Принципові схеми гідравлічних віброзбудників  
пульсаційної дії

Зворотно-поступальний рух поршня викликає пульсацію тиску в цій порожнині. Амплітуда регулюється за допомогою регулятора тиску 4, частота регулюється за допомогою змінної швидкості обертання золотника.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
37

Схема має недоліки, пов'язані зі збільшенням опору в системі, викликаним підвищенням тиску в гідроциліндрі, зменшується перепад тиску в дросельному каналі золотника, зменшується витрата робочої рідини, в результаті амплітуда вібрації зменшується зі збільшенням навантаження.

Принципова схема вібровозбудителя гідравлічного пульсатора показана на малюнку 2.2, б. Насос 1 подає рідину в порожнину циліндра 2 гідравлічного збудження. На виході з виконавчого гідроциліндра на дренажній магістралі гідросистеми 3 встановлений золотник з обертовою заглушкою. При його обертанні змінюється величина прохідної щілини золотника і в порожнині гідроциліндра виникає пульсація тиску. Частота пульсацій регулюється шляхом зміни швидкості обертання золотникової пробки, а амплітуда регулюється дроселем 4.

Гідравлічний вібропривод з пульсуючою катушкою простий в конструкції, і амплітуду і частоту вібрації можна регулювати відносно легко. Пульсація від 1 насоса може передаватися на поршень потрібної кількості виконавчих гідроциліндрів.

До числа найбільш серйозних недоліків гідравлічного пульсуючого приводу відноситься нагрів рідини, який викликаний закриттям її обсягу в розділі "Поршень пульсатора – поршень збудження коливань".

Гідравлічний привід гойдання найбільш підходить для використання в поворотних установках, що вимагають значних зусиль збудження при обмежених габаритах і конструктивних особливостях. Гідравлічний віброзбудувач може створювати значне зусилля при значному діапазоні вібрації.

Вони дозволяють відносно просто регулювати режим роботи. До їх недоліків слід віднести велику складність конструкції, нагрівання і втрату робочої рідини

## Висновок до розділу II

Розглянувши всі типи коливаються екситонів, їх основні і конструктивні схеми, можна зробити висновок, що гідравлічні коливаються екситони в цілому володіють найкращими характеристиками, але для нашого технічного процесу, обробки швейних виробів, на їх основі необхідно створити пристрій з спрямованими коливаннями. Тобто необхідно забезпечити, щоб віброприскорення в одному напрямку було більше, ніж в іншому напрямку. Також було встановлено, що гідравлічний віброзбудник має переваги перед іншими. До цих переваг відносяться:

- Функція регулювання частотної характеристики;
- Широкий діапазон переданої потужності;
- Відносно невеликі габарити;
- Простота розрахунку і проектування;

Виходячи з вищевикладеного, завдання полягає в створенні універсального регульованого віброзбудника спрямованої дії для обладнання легкої промисловості.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

### 3 РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ГІДРАВЛІЧНОГО ВІБРОЗБУДНИКА НАПРАВЛЕНОЇ ДІЇ

#### 3.1 Аналіз конструкції експериментальної установки для формування текстильних матеріалів

Були зроблені спроби вдосконалити технологію формування текстильних матеріалів з використанням вібрації, детально ознайомивши з процесами вологотеплової обробки в швейній промисловості на сучасному етапі і враховуючи основні недоліки методів і засобів формування.

З огляду на складний характер процесів, що відбуваються в системі "формотворчі елементи обладнання для обробки матеріалів" в умовах вібрації, необхідно відмовитися від 2 підходів до розкриття механізмів взаємодії елементів системи, як аналітичного, так і експериментального. Аналітичний підхід дозволяє прогнозувати роботу системи, але в цілому дає лише загальне уявлення про хід процесу. Експериментальні методи вимагають більше часу, але дозволяють отримати більш реалістичну картину процесу, що відбувається. В даному випадку був обраний метод проведення експерименту.

У статті зроблено спробу усунути основні недоліки існуючої гідротермальної технології. Значне енергоспоживання обладнання, невідповідність формуючих органів обладнанню в оброблюваних розмірах і цілісності виробу, формування форми в основному через зміну лінійних розмірів оброблюваного матеріалу (такі деформації не є стабільними-вони не слабшають, що важливо при випасі).

У зв'язку з цим була створена експериментальна напівавтоматична установка. В її основі лежать добре відомі методи формування тканин.

Основна відмінність в технічній системі запропонованого способу формування полягає в тому, що волокнистий матеріал формують на 1-й опуклій

поверхні, а в якості 2-го формуючого елемента використовують порожнистий профіль, відповідний тороїдальному поперечному перерізу основного формуючого елемента, тобто порожнистий елемент вільно розміщують на формуючій об'єкт.

На практиці відомо, що найбільш важливий вплив на процес формування тканини надає характер горизонтального взаємодії притискних накладок в зоні переходу об'ємної площі поверхні, що пов'язано зі складністю забезпечення податливості подушки. Таким чином, пропонований верхній елемент розподіляє тканинні хвилі, що утворюються при коливальному формуванні, на тороїдальну частину формує органу. Структурна зміна тканини (зміна кута між системами ниток) відбувається в той момент, коли верхній формує елемент відділяється від тканини. Для підтвердження теоретичного припущення про те, що формування відбувається в результаті вільного розподілу тканинних ниток по контурах формуючих елементів. Якщо він не затиснутий з боку верхнього формуючого елемента, але піддається динамічним навантаженням з боку нижнього формуючого елемента, використовується термометрія.

На малюнку 3.1 показана експериментальна установка для моделювання реального процесу СОТ в поле динамічних навантажень, заснована на вищевказаному методі формування. Установка складається з механічного вібратора 6, порожнистого стрижня, що рухається за допомогою вертикальної рейки 4, 7. Нижній формуючий елемент 1, до якого кріпиться зразок, закріплений на стержні 5. Вироблення робочого середовища забезпечується промисловим парогенератором 10, вакуумної турбіною 11 і повітрянагрівачем 12, компресором 8 і двигуном 9, роботою якого в пневмомеханической установці збудження вібрації керують вручну за допомогою автоматичного керуючого і контрольно-вимірювального обладнання або з центрального пульта. Верхній формуючий елемент 2 розміщений у вертикальній направляючої 3, що забезпечує можливість вільного переміщення при вібрації.

Формований корпус 1 прикріплений до платформи стрижня за допомогою магніту 13, так що його можна швидко змінювати в процесі.

Для запобігання утворення конденсату в системі "формуючий орган-матеріал" формуючий елемент зі зразком поміщають в камеру 14. Вона нагрівається. Для подачі робочого середовища і відведення конденсату камера забезпечена патрубками 15 і 16.

Амплітуда і частота, які є необхідними параметрами вібрації, задаються за допомогою пневматичного віброзбудника 6. Вібрація створюється за рахунок розподілу тиску повітря, що подається компресором 8 типу UK-1m, і повітря по черзі заповнює віброзбуджувач, а в поршні функція створює вібрацію, яка передається через шток 7 на формуючий елемент і матеріал. Цей тип віброприводу дозволяє змінювати частоту вібрації в межах 0,50 з-1 і амплітуду від 0 до  $6 \times 10^{-3}$  М.

Для налаштування і контролю параметрів вібрації використовується тензометричний метод. Переміщення стрижня 7 призводить до навантаження еластичної сталеві пластини, приклеєної до одного його кінця, на монтажній рамі є консольна балка, інший кінець якої Шарнірно з'єднаний зі стрижнем 7. При вібрації опір тензодатчика змінюється, тим самим змінюючи сигнал, що подається на датчик. тензодавач. Зміна сигналу посилюється тензометричним датчиком Тораз-4-01. Посилений сигнал реєструється електронним 8-канальним самописцем N3031-8, після чого проводиться статистична калібрування вібрації датчика і, відповідно, запис самописця.

..

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

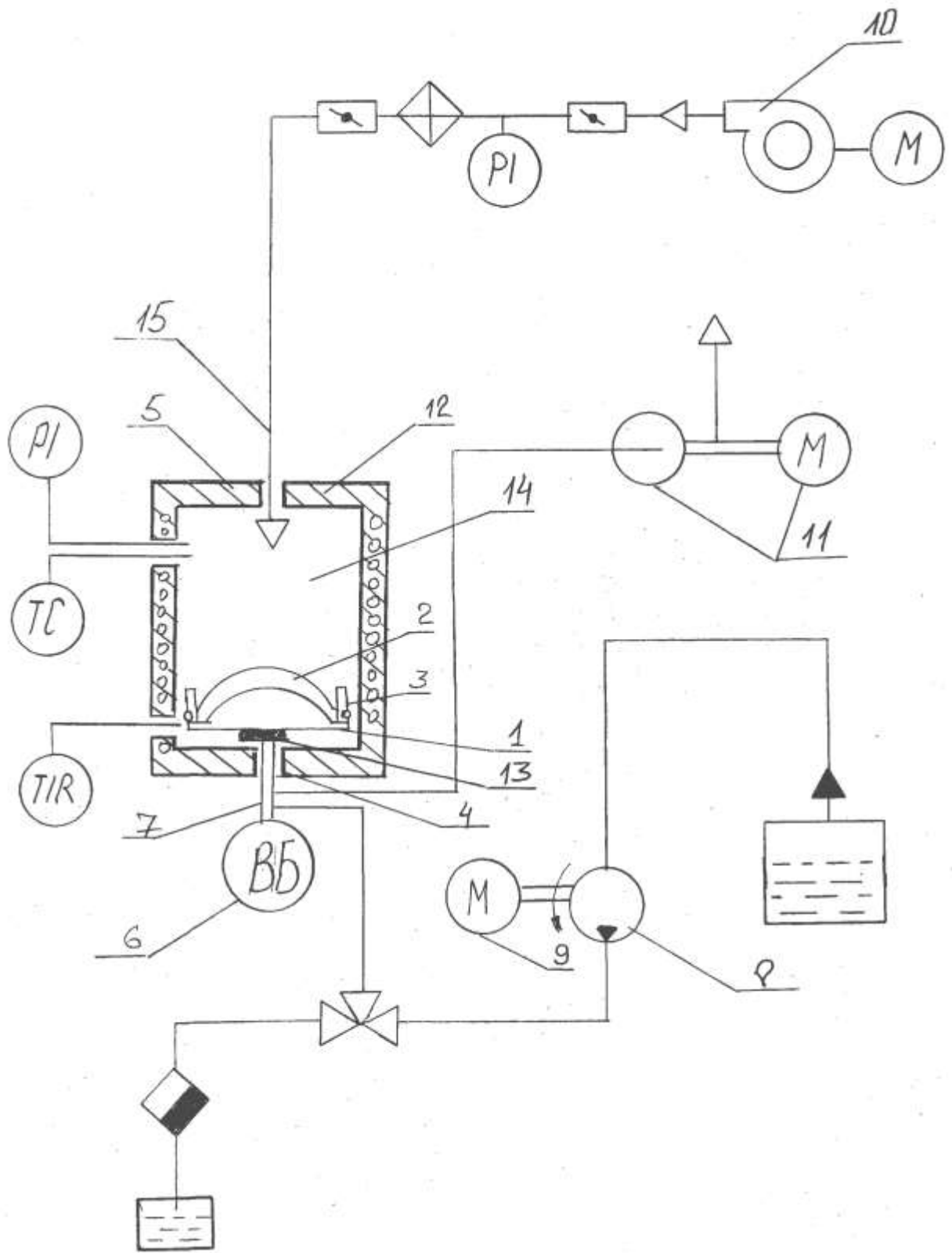


Рисунок 3.1 – Принципова схема експериментальної установки

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
43

Контроль температури нагріву камери Контроль температури сухого повітря і температури формованого матеріалу забезпечується електронним автоматичним потенціометром ЕРР-17, який працює в поєднанні з термпарою chromelopen-09m3. Подача пари необхідних параметрів забезпечується парогенератором фірми "Панонія" типу SS-10 (18) продуктивністю 12 кг/год через електромагнітний клапан типу DU-398112 (10 VNR). Нагріте повітря подається вакуумною турбіною 11 через повітрянагрівач 12, який нагріває повітря до температури, необхідної для сушіння зразка. Вакуумне всмоктування використовується для прискорення процесу сушіння та охолодження зразка, що забезпечується вакуумною турбіною 19. Процес чергування подачі робочого середовища (пластифікація, вібрація, нагрівання повітря, охолодження) здійснюється і регулюється за допомогою системи електромобіля.

Створена установка дозволяє моделювати реальний процес формування вібрації різними способами, які представляють робоче середовище в зоні обробки зразка. Внутрішні, Зовнішні або Комбіновані. Робоче тіло може варіюватися в широкому діапазоні параметрів тиску пари  $R_p=0,1..0,6$  МПа, температури нагрітого повітря  $60..140$ с $^{\circ}$ , витрати повітря  $0..20$ м $^3$  / год, частоти вібрації  $0..50$ С-1, амплітуди  $0..6 \times 10^{-3}$  м. Режим роботи даної установки-напівавтоматичний.

### 3.2 Принципова схема гідравлічного віброзбудника спрямованої дії

Розглядаючи конструкцію гідравлічного віброзбудника, можна бачити, що час подачі робочої рідини таке ж, як і час її зворотного переміщення. Для того щоб створити спрямований гідравлічний віброзбуджувач, необхідно домогтися такого рішення, щоб прискорення в одному напрямку було більше, ніж в іншому, щоб час подачі робочої рідини було значно менше часу її

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 44
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			



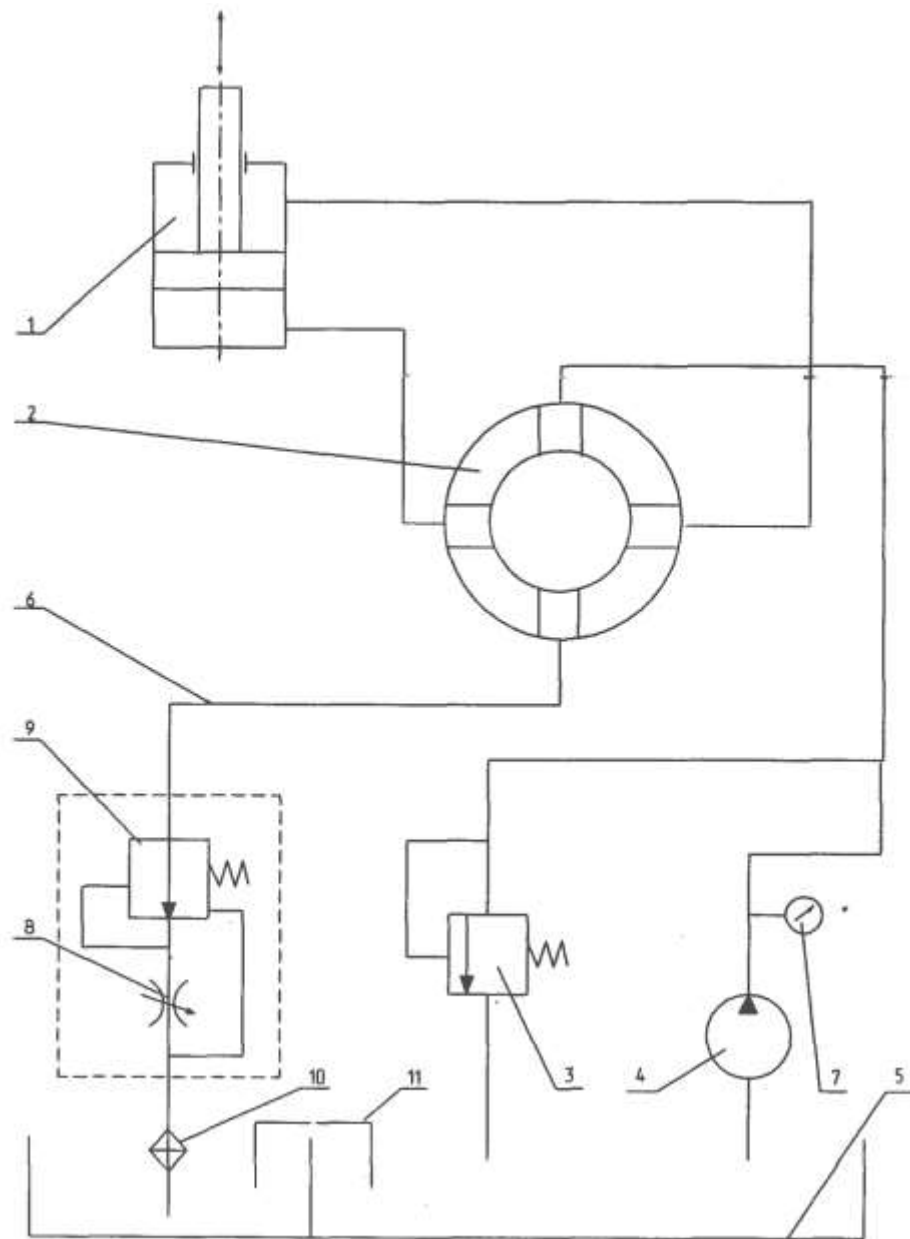


Рисунок 3.3 – Гідравлічна схема вібратора

### 3.2 Розробка конструкції гідророзподільника направленої дії

Гідроциліндр з'єднаний трубопроводом з гідророзподільником і гідронасосом. В цьому випадку клапан гідророзподільника і ротор гідронасоса

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

кінематично пов'язані з головним валом. Робоча рідина знаходиться в картері двигуна. Напірний золотник, гідронасос, гідророзподільник, гідроциліндр та інші гідравлічні пристрої з'єднані між собою трубопроводами. Гідророзподільник має 4 отвори, з яких 1 отвір приєднано до напірної магістралі, а 2 - до споживача робочої рідини - гідроциліндра і 1 - до дренажної магістралі. У центрі клапана знаходиться отвір, звужений гвинтами.

Щоб зобразити роботу цієї системи, був використаний крановий гідророзподільник з фігурним краном (рис. 3.4). Конструкція цього механізму включає в себе гідророзподільник 1, кран 2, 3, 7, 5 - отвір, через яке робоча рідина подається в гідроциліндр при даному положенні крана, і 4, 6 - отвір, через яке робоча рідина відводиться в картер. При такому положенні крана в гідророзподільнику 1 2 Робоча рідина подається з напірної магістралі через отвори 3, 7 і 5 в робочу порожнину а гідроциліндра, і одночасно робоча рідина з порожнини в гідроциліндра відводиться в картер, який зазвичай викликає переміщення штока гідроциліндра.

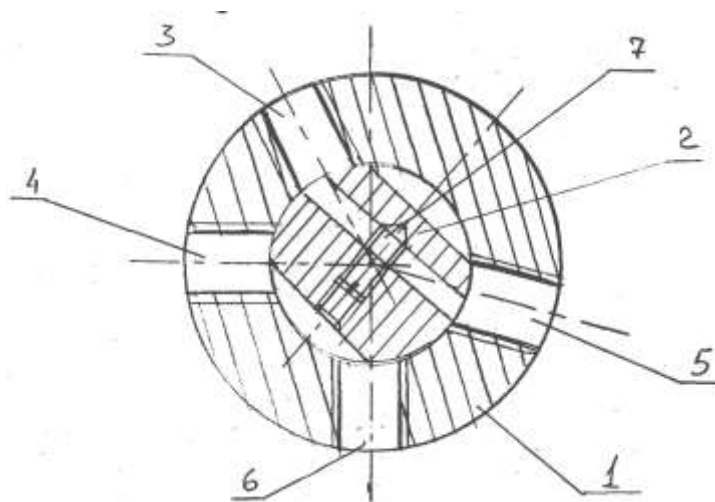


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема кранового гідророзподільника

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 47
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			



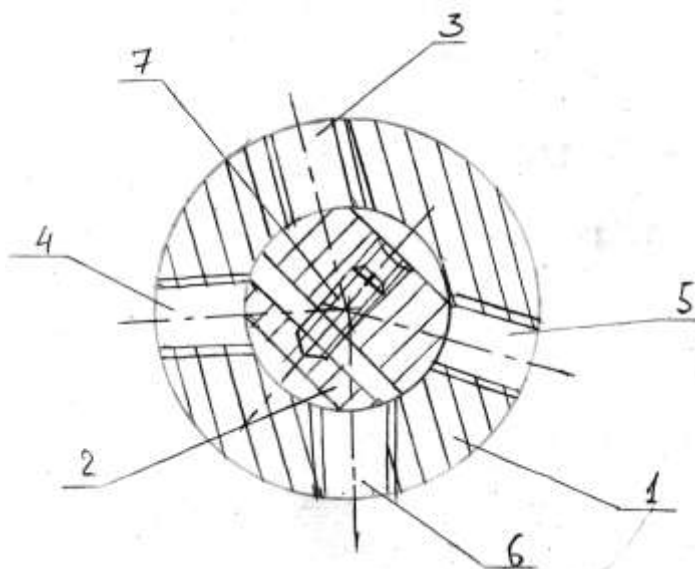


Рисунок 3.6 – Положення крана в гідророзподільнику

На малюнку 3.7 показано положення крана в гідророзподільнику, де робоча рідина з напірної магістралі через отвори 3, 7, 4 подається в робочу порожнину гідроциліндра 1, в той час як робоча рідина з робочої порожнини а через отвори 5, 6 відводиться в картер.

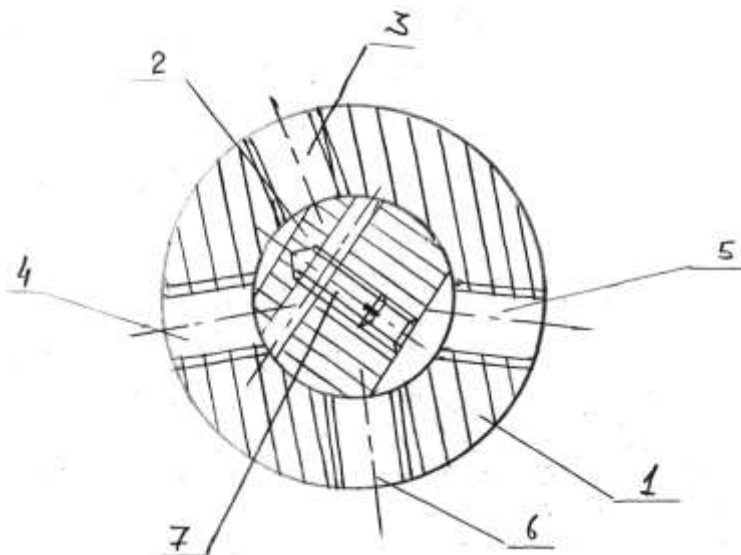


Рисунок 3.7 – Положення крана в гідророзподільнику.

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

БРМА 24.00.00.000 ПЗ

Арк.  
49

Оскільки в різні положення фігурного клапана гідророзподільника подається різна кількість рідини, прискорення переміщення штока в одному напрямку в гідроциліндрі більше, ніж у 2-му, при постійному робочому тиску в системі.

Використовуючи гідророзподільник такого типу, ви маєте можливість створити спрямований гідравлічний віброзбуджувач, тобто прискорення в одному напрямку більше, ніж у 2-м. він повністю відповідає вимогам, що пред'являються до створення технічного обладнання для процесу вологотеплової обробки текстильних матеріалів.

### 3.4 Розрахунок гідропневматичного приводу віброформуєчого обладнання

#### 3.4.1 Розрахунок гідроциліндрів

Для створення високоефективного гідравлічного віброзбудника необхідно використовувати гідроциліндр. Для розрахунку гідроциліндра необхідно знати такі параметри, як навантаження на шток під час робочого ходу поршня. Його швидкість при цьому. Довжина ходу поршня. Маса рухомих частин, час розгону поршня. Тиск, що подається в мережу,  $p$ . протитиск, втрата тиску в трубопроводі і місцева опора.

Після розгляду технічного процесу віброутворення верхнього одягу і його ретельного вивчення були отримані всі ці параметри для проведення розрахунків.

Навантаження на шток при робочому русі поршня  $=200$  н; при цьому його швидкість  $m/3$ ; Довжина ходу поршня  $m$ ; маса рухомих частин  $N$ ; час

розгону поршня с; Тиск, що подається в мережу, Па [8]; протитиск, Па [8], втрата тиску в трубопроводі і місцевій опорі, МПа [7].

Схема розташування гідроциліндра зображена на рисунку 3.8.

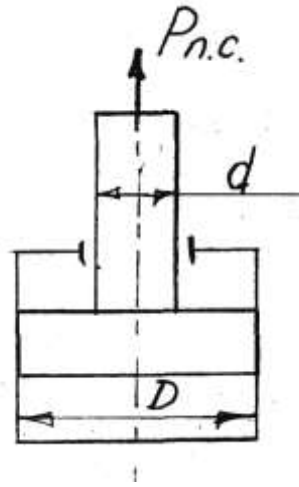


Рисунок 3.8 – Схема розташування гідроциліндра

1. По даному розташуванню гідроциліндра визначаємо склад і величину навантаження  $P_{шт}$ , яку необхідно подолати поршню при робочому ході. Для вертикально розташованого гідроциліндра:

$$P_{шт} = (p - \Delta p)F = P_{ко} + G + P_{пц} + \sum P_{тр} + P_{ин}, \quad (3.1)$$

де  $p$  – заданий, чи розрахований тиск в мережі, Па;

$\Delta p$  - втрати тиску в мережі при русі поршня, Па;

$F$  – площа поршня в робочій порожнині, м<sup>2</sup>;

$P_{ко}$  - корисне зусилля, Н;

$G$  - вага рухомих частин, Н;

$P_{пц}$  - сила протитиску, Н;

$\sum P_{тр}$  - сума сил тертя в ущільненнях поршня і штока, Н;

$P_{ин}$  - сила інерції рухомих частин, Н;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

2. Не знаючи сил тертя в гідроциліндрі, попередньо визначаємо діаметр поршня гідроциліндра

$$(p - \Delta p) = \pi D^2 / 4 = \kappa_3 P_{KO} \quad (3.2)$$

Звідси

$$D = \sqrt{\frac{4\kappa_3 P_{KO}}{\pi(p - \Delta p)}} \quad (3.3)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт запасу,  $\kappa_3=1,5$  при  $D \leq 30$  мм [16].

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,5 \cdot 200}{3,14 \cdot (50 \cdot 10^5 - 0,5 \cdot 10^5)}} = 0,009 \text{ м} = 9 \text{ мм}.$$

За діаметром поршня знаходимо діаметр штока

$$d = (0,4 \dots 0,7) D \quad (3.4)$$

$$d = (0,4 \dots 0,7) \cdot 0,9 = 3,6 \dots 6,3 \text{ мм}.$$

Приймаємо стандартні розміри поршня і штока [16]

$$D = 12 \text{ мм};$$

$$d = 4 \text{ мм}.$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

3. Визначте кількість, тип і розміри ущільнень поршня і штока

Відповідно до [8] ми приймаємо:

Для поршня-3 гумові манжети;

Для штока - 1 гумову манжету.

Гумова ущільнювальна манжета і тип відповідно до основних розмірів, гост 14896-84 мм, використовуються для роботи при швидкостях поршня менше 0,5 м/з і тиску 0,1...50 МПа (рис. 3.9). Для поршня:

$$d_1 = 12,2 \text{ мм}; d_2 = 9,5 \text{ мм}; b = 6,5 \text{ мм}; b_1 = 3,8 \text{ мм}; H = 6 \text{ мм}; h = 3 \text{ мм}.$$

Для штока

$$d_1 = 4,2 \text{ мм}; d_2 = 2,5 \text{ мм}; b = 5,5 \text{ мм}; b_1 = 3,8 \text{ мм}; H = 6 \text{ мм}; h = 3 \text{ мм}.$$

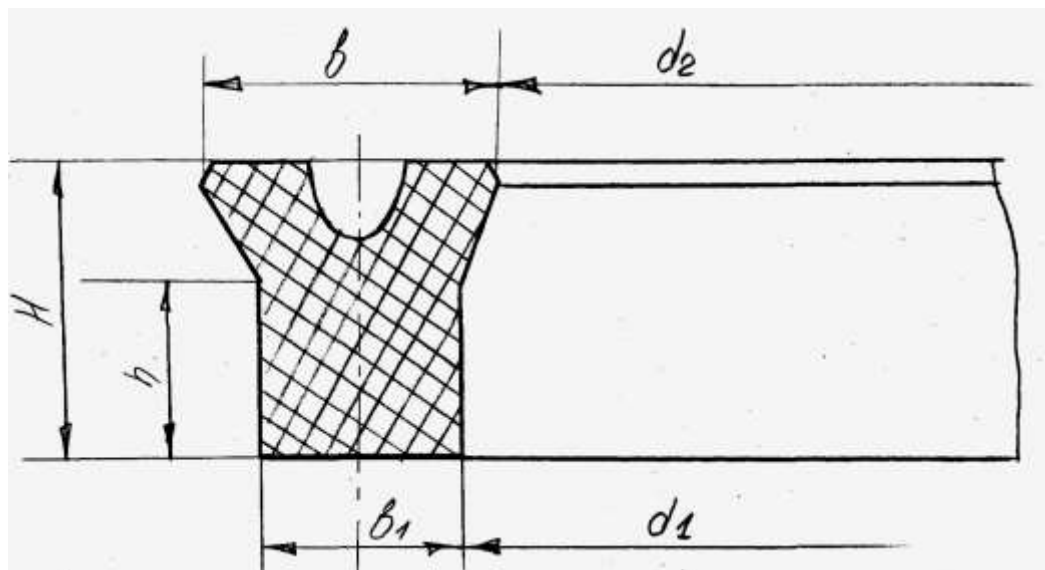


Рисунок 3.9 – Гумова ущільнююча манжета

4 Визначаємо сили тертя в вибраних ущільненнях поршня і штока для випадків встановленого руху поршня і при русі з місця, а також для встановленого руху штока і при русі штока з місця.

При рушанні з місця для поршня

$$P'_{mp} = \pi D f' z (H - h) \left[ (P_{KO} + P) + (P_{KO} + P_{шд}) \right]. \quad (3.5)$$

$$P'_{TP} = 3,14 \cdot 0,012 \cdot 3(0,006 - 0,003) \left[ (2,5 \cdot 10^5 + 50 \cdot 10^5) + (2,5 \cdot 10^5 + 3 \cdot 10^5) \right] = 417,15 H.$$

При встановленому русі поршня

$$P_{TP} = \pi D f z (H - h) \left[ (P_{KO} + p + \Delta p) + (P_{KO} + P_{шд}) \right]. \quad (3.6)$$

$$P_{TP} = 3,14 \cdot 0,012 \cdot 0,07 \cdot 3 \cdot (0,006 - 0,003) \cdot \left[ (2,5 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^5 + 0,5 \cdot 10^6) + (2,5 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^5) \right] = 252,72 H,$$

Тут, відповідно, розраховується сила тертя в ущільненні поршня, і при русі поршня виконується розрахунок для визначення сили тертя ущільнення в дренажної порожнини. ;

- Розрахункова висота гумової манжети;
- Кількість ущільнень;
- Ширина контактної поверхні між ущільнювальною поверхнею і гумовим кільцем;
- Контактний тиск ущільнювача на ущільнювальну поверхню при відсутності тиску ущільнюючої середовища, МПа-для гумової манжети [8];
- E-модуль пружності при стисненні.

Коли починати з місця установки вудилища

$$P'_{TP} = 3,14 \cdot 0,004 \cdot 0,12 \cdot 1 \cdot (0,006 - 0,003) \cdot \left[ (2,5 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^5) + (2,5 \cdot 10^6 + 3,5 \cdot 10^5) \right] = 44,29 \text{ Н.}$$

При встановленому русі поршня

$$P'_{TP} = 3,14 \cdot 0,004 \cdot 0,07 \cdot 1 \cdot (0,006 - 0,003) \cdot \left[ (2,5 \cdot 10^6 + 50 \cdot 10^5) + (2,5 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^5) \right] = 27 \text{ Н.}$$

5 Сила протитиску, що діє на поршень

$$P'_{ПД} = P_{ПД} \cdot F_{ПД}. \quad (3.7)$$

де  $P_{ПД}$  - протитиск в зливній площині, що підтримується підпорним клапаном (дроселем) і фільтром для запобігання попадання повітря в гідросистему, Па;

$F_{ПД}$  - площа поршня в зливній порожнині, м<sup>2</sup>.

$$P'_{ПД} = 3 \cdot 10^5 \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} = 3 \cdot 10^5 \frac{3,14(0,012^2 - 0,004^2)}{4} = 30,12 \text{ Н.}$$

6 Сила інерції рухомих частин із умови рівноприскореного руху при розгоні буде:

$$P_{И} = m \cdot a = \frac{mV_p}{t_p}, \quad (3.8)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 55
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де  $m = G/g$  - маса рухомих частин, кг;

$V_p$  - максимальна швидкість робочого ходу, м/с;

$t_p$  - час розгону, с.

$$P_{ш} = \frac{50}{9,81} \cdot \frac{0,2}{0,1} = 10,2 \text{ Н.}$$

7 Необхідне зусилля на штоку  $P_{шт}$  при рушанні з місця і при русі поршня з врахуванням усіх сил, що діють на поршень:

При рушанні з місця:

$$P'_{шт} = P_{ко} + G + P_{шд} + \sum P_{тр} + P_{ш}. \quad (3.9)$$

$$P_{шт} = 200 + 50 + 30,12 + 252,72 + 27 + 10,2 = 570,04 \text{ Н.}$$

8 По найбільшому зусиллю  $P_{шт}$  і вибраному тиску  $p$  в гідросистемі із врахуванням втрат тиску  $\Delta p$  знаходимо більш точне значенні площі поршня,  $m^2$

$$F = \frac{P_{шт}}{p - \Delta p} = \frac{751,76}{50 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5} = 0,000167 \text{ м}^2 \quad (3.10)$$

Більш точний діаметр поршня:

$$D = \sqrt{\frac{4F}{\pi}} = 1,13 \sqrt{\frac{P_{шт}}{p - \Delta p}}. \quad (3.11)$$

$$D = 1,13 \sqrt{\frac{751,76}{50 \cdot 10^5 - 5 \cdot 10^5}} = 0,0119 \text{ м.}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 56
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

і діаметр штока

$$d = 0,0119 \cdot 0,7 = 0,0083 \text{ м.}$$

9 За заданою швидкістю робочого ходу поршня визначаємо необхідну витрату робочої рідини

$$Q = V_p \cdot F. \quad (3.12)$$

де  $F$  - площа поршня зі сторони напорної порожнини циліндра,  $\text{м}^2$

$$Q = 0,2 \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 3,5 \cdot 10^5 \text{ м}^3/\text{с} = 2,1 \text{ л/хв.}$$

За розрахованими витратами вибираємо пластинчастий насос типу БГ12-4 [4]. Основні його характеристики:

Робочий об'єм  $V = 3,2 \text{ см}^3$

Номінальна подача  $Q = 3,3 \text{ л/хв.}$

Потужність  $P = 1,43 \text{ кВт}$

ККД  $0,4$

10 Визначаємо робочий об'єм гідробаку

$$V_p = 4Q. \quad (3.13)$$

$$V_p = 4 \cdot 3,3 = 13,2 \text{ л.}$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		57

11 Вибираємо необхідну гідроапаратуру для забезпечення роботи гідроприводу [4]

Запобіжний клапан ПГ 52-12

$$Q = 3 - 5,5 \text{ л/хв.}$$

$$P = (3 \div 60) 10^5 \text{ Па}$$

Дросель з регулятором Г 55-21

$$Q = 0,07 \dots 8 \text{ л/хв.}$$

$$P = 0,5 \dots 5 \text{ МПа}$$

Фільтр ФП7  $\frac{20-25}{200}$

$$Q = 63 \text{ л/хв.}$$

Фільтр повітряний «Сапун» Г45-2

$$Q = 70 \text{ л/хв.}$$

Манометр МТ-60

$$P = 10 \text{ МПа.}$$

12 За продуктивністю насоса  $Q_H$  і допустимою швидкістю  $U_{\text{доп}}$  знаходимо внутрішній діаметр напорного трубопроводу

$$d'_T = \sqrt{\frac{4Q}{\pi \cdot U_{\text{доп}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,5 \cdot 10^{-5}}{3,14 \cdot 3,5}} = 0,004 \text{ м} = 4 \text{ мм}, \quad (3.14)$$

де  $U_{\text{доп}} = 3,5 \text{ м/с}$  – для напорної магістралі [8]

13 Товщина стінки  $t$  трубопровода

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 58
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

$$t = \frac{P_H \cdot d_m}{2[\sigma]_p} + \Delta t, \quad (3.15)$$

де  $P_H$  - тиск, що створюється насосом

$[\sigma]_p = 250 \cdot 10^5$  Па – допустиме напруження при розтязі в стінках труб із міді і латуні

$\Delta t = 2...3$  мм – прибавка на корозію

$$t = \frac{8 \cdot 10^6 \cdot 0,004}{2 \cdot 250 \cdot 10^5} + 0,003 = 0,0036.$$

14 Дійсна швидкість рідини в нагнітальному трубопроводі при робочому ході поршня

$$U = 4Q / \pi d m^2. \quad (3.16)$$

$$U = 4 \cdot 3,5 \cdot 10^{-5} / 3,14 \cdot 0,004^2 = 2,8 \text{ м/с}$$

15 Режим руху рідини в нагнітальному трубопроводі за числом Рейнольда

$$\text{Re} = \frac{U d_m}{\nu}. \quad (3.17)$$

де  $\nu = 0,2 \cdot 10^{-4}$  - кінематична в'язкість масла [8]

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

16 Коефіцієнт тертя рідини для ламінарного режиму

$$\lambda = 75 / \text{Re}. \quad (3.18)$$

$$\lambda = 75 / 560 = 0,134.$$

17 Шляхові втрати тиску на тертя по довжині напорного трубопроводу при робочому ході поршня

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \frac{l_m}{d_m} \cdot \frac{\rho U^2}{2}, \quad (3.19)$$

де  $l_T = 6$  м – прийнята довжина нагнітального трубопроводу

$\rho = 880$  кг/м<sup>3</sup> – густина мінерального масла [4]

$$\Delta p_{\lambda} = 0,134 \frac{6}{0,004} \cdot \frac{880 \cdot 2,8^2}{2} = 69336 \text{ Па.}$$

18 Втрати в місцевих трубопроводах при робочому ході приводу

$$\Delta p_M = \Delta p_{M \text{ ТАБЛ}} \left( \frac{Q}{Q_{\text{ТАБЛ}}} \right)^2 \quad (3.20)$$

$$\Delta p_M = 2,5 \cdot 10^5 \left( \frac{3,5 \cdot 10^{-5}}{4,6 \cdot 10^{-5}} \right)^2 = 0,4 \text{ МПа}$$

Розрахований гідроциліндр задовольняє наші вимоги і по технологічним характеристикам і по габаритам.

Основні параметри розрахованого гідроциліндра:

Діаметр поршня 0,012 м;

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Діаметр штока 0,004 м;  
 Хід штока 0,002 м;  
 Зусилля, що створюється 200 Н  
 Підібрано стандартний гідроциліндр по ГОСТ Г21-1-73.

### 3.4.2 Визначення максимальної частоти пневматичного віброзбудника

При визначенні максимальної частоти пневматичного віброзбудника використовуються наступні дані: навантаження на шток, що діє по всій довжині робочого ходу, абсолютний тиск стисненого повітря в напірній магістралі. Довжина ходу поршня, маса рухомих частин. Середня швидкість обертання поршня під час робочого ходу.

Значення цих показників наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення показників для розрахунку

$P_{KO}$ , Н	$p_M$ , МПа	$S$ , м	$m$ , кг	$V_{CP}$ , м/с
200	0,6	0,005	10	5

Щоб оцінити можливість роботи віброзбудника при використанні повітря в якості робочого середовища, час переміщення поршня визначається за допомогою наступного визначення частоти:

Визначте основні безрозмірні параметри для розрахунку часу періоду переміщення.

Безрозмірні конструктивні параметри пневмоприводів

$$N = \frac{f_e}{F} \sqrt{\frac{2kRT_M m}{(k-1)P_M FS}}, \quad (3.21)$$

де  $R = 287 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$  - газова постійна для повітря [5];

$T_M = 290^\circ \text{К}$  – температура повітря в магістралі [5];

$F$  - площа поршня зі сторони робочої порожнини;

$$F = \pi R^2; \quad (3.22)$$

$R = 0,02$  - радіус поршня;

$$F = 3,14 \cdot 0,02^2 = 0,00126 \text{ м}^2.$$

$k = 1,4$  - показник адіабати для повітря [16];

$f_e$  - ефективний розмір площі поперечних січень підвісного трубопровода

$$f_e = \mu \frac{\pi d_y^2}{4}, \quad (3.23)$$

де  $\mu = 0,4879$  - коефіцієнт витрат підвісного трубопровода [5];

$d_y = 0,008 \text{ м}$  – діаметр трубопровода;

$$f_e = 0,4879 \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 0,0000245 \text{ м}^2$$

Звідси

$$N = \frac{2,45 \cdot 10^{-5}}{126 \cdot 10^{-5}} \sqrt{\frac{2 \cdot 1,4 \cdot 287 \cdot 290 \cdot 10}{(1,4 - 1) \cdot 6 \cdot 10^5 \cdot 126 \cdot 10^{-5} \cdot 0,005}} = 24,134.$$

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

Безрозмірний параметр навантаження

$$\chi = \frac{P}{P_M \cdot F}, \quad (3.24)$$

де  $P$  – опір руху поршня;

$$P = P_{KO} + \sum P_{mp} - mgf_H + P_a F \quad (3.25)$$

$\sum P_{mp}$  - сила тертя;

$$\sum P_{mp} = 3,5\sqrt{P_{KO}} = 3,5\sqrt{200} = 49,49 \text{ Н} \quad (3.26)$$

$P_a = 1 \cdot 10^5$  Па – атмосферний тиск, що діє на торець штока;

$$P = 200 + 49,49 - 10 \cdot 9,8 \cdot 0,16 + 1 \cdot 10^5 + 126 \cdot 10^{-5} = 359,81 \text{ Н.}$$

Звідси

$$\chi = \frac{359,81}{6 \cdot 10^5 \cdot 126 \cdot 10^{-5}} = 0,475.$$

Безрозмірний параметр пропускної спроможності ліній вихлопу і підводу

$$\omega = \frac{\mu_e \cdot f_e}{\mu \cdot f} = \frac{f_{ee}}{f_e}, \quad (3.27)$$

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 63
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

де  $f_{\text{вв}}$  - ефективний розмір площі поперечних січень вихлопного трубопроводу

$$f_{\text{вв}} = \mu_{\text{вв}} \frac{\pi d_y^2}{4}, \quad (3.28)$$

$\mu_{\text{вв}} = 0,2471$  - коефіцієнт втрати вихлопного трубопроводу [5];

$$f_{\text{вв}} = 0,2471 \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4} = 0,0000124 \text{ м}^2$$

Звідси

$$\omega = \frac{0,0000124}{0,0000245} = 0,506.$$

Безрозмірне відношення площ поршня в порожнині циліндра

$$\alpha = \frac{F}{F_{\text{г}}} = \frac{0,00126}{0,00126} = 1. \quad (3.29)$$

Безрозмірна текуча координата, швидкість і прискорення поршня відповідно будуть:

$$\xi = \frac{x}{S}; \quad \dot{\xi} = \frac{d\xi}{d\tau}; \quad \ddot{\xi} = \frac{d^2\xi}{d\tau^2} \quad (3.30)$$

Безрозмірний критерій без інертності

$$\delta = v_{cp} \sqrt{\frac{m}{P \cdot S}}, \quad (3.31)$$

де  $v_{cp}$  - середня швидкість поршня; так як  $\delta > 0,25$ , то швидкість поршня рівноприскорена

$$\delta = 5 \sqrt{\frac{10}{359,81 \cdot 0,005}} = 11,788.$$

При еквидистантном Русі, що спостерігається при значній масі безрозмірних рухомих частин, що працюють під тиском, і великої пропускної здатності подає і випускний магістралей, тиск підтримується, тобто в робочій порожнині і в випускний порожнини.

Потім безрозмірне прискорення:

$$\xi'' = \frac{1}{N^2} \left( 1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi \right). \quad (3.32)$$

$$\xi'' = \frac{1}{2,135^2} \left( 1 - \frac{0,1666}{1} - 0,475 \right) = 0,111.$$

Безрозмірна швидкість:

$$\xi' = \frac{1}{N^2} \left( 1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi \right) \tau. \quad (3.33)$$

$$\xi' = \frac{1}{2,135^2} \left( 1 - \frac{0,1666}{1} - 0,475 \right) 3,99 = 0,313.$$

Безрозмірний шлях поршня:

$$\xi = \frac{x}{S} = \frac{1}{N^2} \left( 1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi \right) \frac{\tau^2}{2}, \quad (3.34)$$

$$\xi = \frac{1}{2,135^2} \left( 1 - \frac{0,1666}{1} - 0,475 \right) \frac{3,99^2}{2} = 0,625.$$

Безрозмірний час повного ходу:

$$\tau_s = N \sqrt{\frac{2}{1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi}}, \quad (3.35)$$

$$\tau_s = 2,135 \sqrt{\frac{2}{1 - 0,1666 - 0,475}} = 5,043.$$

Знаходимо граничне значення конструктивного параметра:

$$N^* = \frac{1}{\xi} \sqrt{\frac{1 - \frac{\sigma_a}{\alpha} - \chi}{2}}, \quad (3.36)$$

$$N^* = \frac{1}{0,313} \sqrt{\frac{1 - 0,1666 - 0,475}{2}} = 1,351$$

Оскільки воно в 1,5 рази більше, поршень пневмоциліндра переміщається на рівну відстань, і розрахунок виконаний правильно.

При малій масі рухомих частин поршень прискорюється по короткій траєкторії, після чого швидкість стабілізується. Більшу частину дистанції він проходить із заданою швидкістю. В цьому випадку рух поршня можна вважати близьким до рівномірного, швидкість якого постійна і дорівнює величині.



$$\sigma_{e.y.} = \frac{\sigma_a}{\alpha(\sigma_y - x)} = 0,2421 \quad (3.37)$$

Час руху із постійною швидкістю

$$\tau = \xi / \xi_y \quad (3.38)$$

при  $\xi = 1$  буде

$$\tau_s = \frac{1}{\xi} = \frac{1}{0,33300625} = 3,1996. \quad (3.39)$$

При  $\sigma_a = 0,15 \dots 0,3$ ;  $\xi_0 = \xi_{зог} < 0,3$ ;  $\omega = 0,25 \div 10$ ;  $\alpha = 1 \div 2$  із похибкою, що не перебільшує 15% безрозмірний час спрацювання пневмоциліндра можна визначити з рівняння

$$\tau = \frac{1,16(\omega + 3,05)}{\omega(1 - 0,9\chi)} = \frac{1,16(0,5 + 3,05)}{0,5(1 - 0,9 \cdot 0,475)} = 14,386 \text{ с.}$$

По знайденому значенню  $\tau_s$  визначимо дійсний час руху поршня  $t_\delta$

$$t_\delta = 1,031 \cdot 10^{-3} \frac{SD^2}{\mu d_\tau^2} \tau_s \quad (3.40)$$

$$t_\delta = 1,03 \cdot 10^{-3} \frac{0,005 \cdot 0,04^2}{0,0000245} \cdot 3,194 = 0,00107 \text{ с.}$$

Дійсна максимальна частота даного віброзбудника становить

$$T = \frac{1}{t_0} = \frac{1}{0,00107} = 934 \text{ Гц} \quad (3.41)$$

Висновки до третього розділу

У цьому розділі ми розробили конструкцію віброзбудника для обладнання легкої промисловості і розрахували основні конструктивні елементи. Результати розрахунків дозволили визначити основні параметри пристрою-потужність нагрівального елемента і параметри варіатора. З розрахунку видно, що при встановленій максимальній частоті вібрації вихідного елемента (штока) можна зробити висновок, що пропонуваний пневматичний віброзбуджувач допускає вібрацію робочого органу (манекена) в номінальному робочому діапазоні. У той же час достатній запас по частоті дозволяє збільшити амплітуду коливань робочого органу.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		69

## Висновки

У машинобудуванні явище вібрації стало широко використовуватися для створення нових технологічних пристроїв, що підвищують продуктивність різних процесів. Воно використовується в багатьох технологічних процесах в легкій промисловості. Для створення цього фізичного явища використовуються коливальні екситони.

Вібробудники бувають відцентрового, електромагнітного, електродинамічного, кінематичного, примусового, гідравлічного і пневматичного типів

Була проведена перевірка і проаналізовані основні типи вібровозбудителів.

Розглянувши всі типи коливаються екситонів, їх основні і конструктивні схеми, можна зробити висновок, що гідравлічні коливаються екситони в цілому володіють найкращими характеристиками, але для нашого технічного процесу, обробки швейних виробів, на їх основі необхідно створити пристрій з спрямованими коливаннями. Тобто необхідно забезпечити, щоб віброприскорення в одному напрямку було більше, ніж в іншому напрямку. Також було встановлено, що гідравлічний вібробудник має переваги перед іншими. До цих переваг відносяться:

- Функція регулювання частотної характеристики;
- Широкий діапазон переданої потужності;
- Відносно невеликі габарити;
- Простота розрахунку і проектування;

Виходячи з вищевикладеного, завдання полягає в створенні універсального регульованого вібробудника спрямованої дії для обладнання легкої промисловості.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 70
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

З розрахунку видно, що при встановленій максимальній частоті вібрації вихідного елемента (штока) можна зробити висновок, що пропонуваний пневматичний вібробуджувач допускає вібрацію робочого органу (манекена) в номінальному робочому діапазоні. У той же час достатній запас по частоті дозволяє збільшити амплітуду коливань робочого органу. Також розроблений гідроциліндр гідропневматичного вібробудника.

Розроблено експериментальну установку для вивчення процесу формування матеріалів вібраційним методом.

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		71

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Абрамов Є.І., Колісниченко К.А., Маслов В.Г. Елементи гідроприводу. – 2-е вид. – К.: Техніка, 1977. – 320 с.
2. Андренко П.М., Клітної В.В., Дмитрієнко О.В. Методичні вказівки до установчих занять з курсу «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи». Видавничий центр НТУ «ХПІ», Харків, 2008.
3. Рогалевич, Ю.П. Гідравліка / Ю.П. Рогалевич; – К.: Вища школа, 1993. – 255 с.
4. Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем : навч. Посібник. Нац. техн. ун-т «Харків. політехн. ін-т». — Харків : НТУ «ХПІ», 2013. — 178 с
5. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: - К. : ЦНЛ, 2006. – 616 с
6. Андренко П. М. Розрахунок та проектування лабіринтно-гвинтових насосів : навч. посібник / П. М. Андренко, А. Ю. Лебедєв ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : НТУ "ХПІ", 2014. – 88 с.
7. Гідроприводи і гідропневматика станків: Учбов. посібник для втузів/В.А. Федорець, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко та ін. Під ред.. В.А. Федорця . – К.: Вища шк., 1987. – 374 с.
8. Гідравліка. Методичні вказівки до самостійної роботи «Розрахунок гідроприводу» для студентів зі спеціальності 208 – «Агроінженерія» - Таврійський державний агротехнологічний університет, 2019. – 52 с.
9. Вивчення елементів і роботи гідроприводу. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу РКТМ/Укл. – Г.П. Черменський. Хмельницький: ХТІПО, 1986. – 44 с.

						БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк. 72
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата			

10. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с. (с. 34 - 47).

11. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, С.І.Пастушенко, С.І. Мовчан; – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с.(с. 30 - 40).

12. Юдін Р.А., Белов С.Г. Охорона праці в машинобудуванні: посіб. для вузів. – К.: Техніка, 1977. - 386

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
						73
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТОК А

					БРМА 24.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		74