

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра галузевого машинобудування

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів

Виконав: студент 2-го курсу, групи 1ГМ-24м
спеціальності 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва напрямку підготовки)

Олег НИКИТЮК

(прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент каф. ГМ

Валерій ШЕНФЕЛЬД

(прізвище та ініціали)

«11» грудня 2025 р.

Опонент: к.т.н., доцент кафедри АТМ

Олександр ГАЛУЩАК

(прізвище та ініціали)

«11» грудня 2025 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ГМ

д.т.н., проф. Поліщук Л. К.

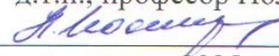
(прізвище та ініціали)

«12» листопада 2025 р.

Вінниця ВНТУ - 2025 рік

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

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


«28» вересня 2025 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Никитюку Олегу Петровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи: «Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів», керівник магістерської кваліфікаційної роботи Шенфельд Валерій Йосипович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «24» вересня 2025 року № 313

2. Строк подання студентом магістерської кваліфікаційної роботи: 12.12.2025.

3. Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи: 1. Склад верстата: - рама; вібратор; матриця; пуансон; решітка; напрямні; 2. Тиск енергоносія, МПа - 15; 3. Діаметр поршня, мм – 50; 4. Діаметр штока, мм – 25; 4. Допустима швидкість робочої рідини в лінії зливу, м/с – 2; 5. Допустима швидкість робочої рідини в лінії нагнітання, м/с – 8.

4. Зміст текстової частини: вступ; постановка задачі та техніко-економічне обґрунтування теми роботи; аналіз відомих технологічних та технічних рішень; розрахунково-конструкторський розділ; економічний розділ; висновки.

5. Перелік графічної та ілюстративної частини (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

5.1. Верстат вібраційний для формування виробів з сипучих матеріалів – 2 Листа Ф. А1;

5.2. Схема гідравлічна принципова – 1Лист Ф. А1;

5.3. Механізм пуансона – 1Лист. Ф. А1;

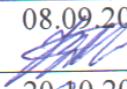
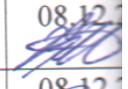
5.4. Гідростанція – 1 Лист Ф. А1;

5.5. Механізм переміщення матриці – 1 Лист Ф. 1А;

5.6. Матриця вузла пресування – 1 Лист Ф. А1;

5.7. Аналіз відомих технологічних та технічних рішень – 2 Листа Ф. А1.

6. Консультанти розділів магістерської кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	Шенфельд Валерій Йосипович. к.т.н., доцент	08.09.2025 	08.12.2025 
Економічна частина	Ратушняк Ольга Георгіївна к.т.н., доцент	20.10.2025 	08.12.2025 

7. Дата видачі завдання 08.09.25

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів МКР	Пр
1.	Вибір та узгодження теми МКР. Огляд літературних джерел.	08.09.2025-11.09.2025	ba
2.	Аналіз літературних джерел. Попередня розробка основних розділів	12.09.2025-19.09.2025	ba
3.	Затвердження теми. Розробка технічного завдання	24.09.2025-26.09.2025	ba
4.	Техніко-економічне обґрунтування теми роботи. Аналіз вирішення поставленої задачі.	29.09.2025-10.10.2025	ba
5.	Розрахунково-конструкторський розділ	14.10.2025-01.12.2025	ba
6.	Економічний розділ.	20.10.2025-08.12.2025	ba
7.	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи	05.12.2025	ba
8.	Нормоконтроль	08.12.2025	ba
9.	Попередній захист МКР, доопрацювання, рецензування МКР	12.12.2025	ba
10.	Захист МКР на ДЕК	19.12.2025, 23.12.2025	ba

Студент 
(підпис)

Никитюк О.П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи 
(підпис)

Шенфельд В.Й.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК641.5.06:643(075)

Никитюк О.П. Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 133 – галузеве машинобудування, освітня програма - галузеве машинобудування. Вінниця: ВНТУ, 2025. 111 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 18 назв; рис.: 16; табл. 11.

У магістерській кваліфікаційній роботі обґрунтовано вибір конструкції вібраційного верстата на підставі аналізу існуючих пристроїв, що оснащені віброімпульсними приводами.

Проведено порівняльний аналіз технічних показників базового варіанту конструкції розробленого вібраційного верстата.

Проведено силові розрахунки та розрахунки на міцність основних вузлів верстата.

На підставі визначення основних характеристик гідросистеми встановлено параметри складових гідросистеми вібраційного верстата та розроблено конструкцію насосної станції.

Встановлено із застосуванням математичного моделювання оптимальні параметри віброізоляційних елементів пристроїв верстата.

В економічному розділі проведено розрахунок кошторису витрат на розробку нового обладнання та визначено економічний ефект від його провадження та термін окупності.

Графічна частина складається з 7 креслень, ілюстративна – з 2 плакат.

Ключові слова: вібраційний верстат, гідросистема, сипучі матеріали, насосна станція, силові розрахунки.

ABSTRACT

Nykytyuk O.P. Vibration machine for forming products from bulk materials. Master's qualification work in specialty 133 - industrial mechanical engineering, educational program - industrial mechanical engineering. Vinnytsia: VNTU, 2025. 111 p.

In Ukrainian. Bibliography: 18 titles; Fig.: 16; Table. 11.

The master's qualification work substantiates the choice of the design of the vibration machine based on the analysis of existing devices equipped with vibro-pulse drives.

A comparative analysis of the technical indicators of the basic design of the developed vibration machine was carried out.

Power calculations and calculations for the strength of the main components of the machine were carried out.

Based on the determination of the main characteristics of the hydraulic system, the parameters of the components of the hydraulic system of the vibration machine were established and the design of the pumping station was developed.

The optimal parameters of vibration isolation elements of the machine tools were established using mathematical modeling.

In the economic section, the cost estimate for the development of new equipment was calculated and the economic effect of its production and the payback period were determined.

The graphic part consists of 7 drawings, the illustrative part consists of 2 posters.

Keywords: vibration machine, hydraulic system, bulk materials, pumping station, power calculations.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ	10
1.1 Суть вибору теми магістерської кваліфікаційної роботи	10
1.2 Огляд існуючих конструкцій та їх недоліки.	11
1.3 Опис технічних характеристик нової конструкції (ВПВ)	15
1.4 Розрахунок собівартості нової розробки	18
1.5 Висновки до розділу 1.....	22
2. АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ	23
2.1 Конструкції, що містять відомі розв’язки проблеми	23
2.2 Аналіз варіантів конструкторських схем обладнання та обґрунтування оптимального варіанту	33
2.3 Висновки до розділу 2.....	37
3. РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	38
3.1 Будова розробленої конструкції та принцип її роботи	38
3.2 Силкові розрахунки розробленої конструкції	43
3.3 Розрахунок елементів конструкції на міцність і жорсткість	44
3.4 Проектування гідросистеми вібраційного верстата	49
3.5 Розрахунок віброізоляції верстата	55
3.6 Розрахунок підшипника ковзання.....	59
3.6 Висновки до третього розділу.....	61
4. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	62
4.1 Оцінювання комерційного потенціалу розробки	62
4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи.....	68
4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки.....	75

					08-62.МКР.007.00.000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Никитюк О.П.			Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Шенфельд В.Й.				6	111	
Реценз.						ВНТУ, гр. 1ГМ-24м		
Н. Контр.		Шенфельд В.Й.						
Затверд.		Поліщук Л.К.						

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності..	77
4.5 Висновки до економічного розділу.....	79
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
Додаток А (обов'язковий). Технічне завдання.....	85
Додаток Б (обов'язковий). Графічна частина.....	90
Додаток В(обов'язковий). Специфікації	98
Додаток Г(обов'язковий). Ілюстративна частина.....	107
Додаток Д(обов'язковий). Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	110

					08-62.МКР.007.00.000 ПЗ	Арк
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Вибір обладнання для формування виробів залежить від властивостей вихідної сировини (щільність, твердість, вологість, в'язкість) та виду виробу, який необхідно отримати.

Існує три основних способи переробки та підготовки сировини для формування: напівсухий, пластичний та лікерний. У відповідності з підготовленою сировиною проводять формування виробів також трьома способами: пластичним, напівсухим, ливарним.

Найбільш поширеним є спосіб пластичного формування, який полягає в застосуванні стрічкових шнекових пресів, в яких використані властивості пластичних глиняних мас деформуватися під дією зовнішніх сил без розриву суцільності та зберегти отриману нею форму після припинення дії цих сил.

Спосіб напівсухого формування полягає в компресійному пресуванні виробів сипучих порошкоподібних мас під великим тиском та додатковою вібрацією. Цей спосіб є більш перспективним перед пластичним через скорочення часу технологічного циклу, вищої якості виробів, більшій міцності відформованих виробів. Форми виробів змінні, що значно розширює номенклатуру виробів.

Тому, тема магістерської кваліфікаційної роботи, що пов'язана з розробкою конструкції вібраційного верстата для формування виробів з сипучих матеріалів, є актуальною і результати його можна використати під час проектування таких пристроїв.

Метою роботи є підвищення техніко-економічних показників вібраційного верстата, за рахунок застосування гідравлічного приводу, що дає можливість скорочення часу технологічного циклу виготовлення, вищої якості, більшої міцності відформованих виробів.

Для досягнення зазначеної мети необхідно вирішити наступні основні **задачі**:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		8

- виконати техніко-економічне обґрунтування теми магістерської кваліфікаційної роботи;
- провести аналітичні дослідження щодо пошуку технічного рішення раціональної схеми вібраційного верстата для формування виробів з сипучих матеріалів;
- виконати розрахунки на міцність та силові розрахунки елементів конструкції та спроектувати гідростанцію вібраційного верстата. Встановити оптимальні параметри віброізоляційних елементів пристроїв.
- виконати необхідні економічні дослідження та розрахунки для підтвердження доцільності розроблення та впровадження у виробництво верстата для формування виробів з сипучих матеріалів.

Об’єкт дослідження – технологічний процес формування виробів з сипучих матеріалів.

Предмет дослідження – вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів.

Методи дослідження: порівняльний аналіз елементів конструкцій та економічних показників робочого обладнання для формування виробів з сипучих матеріалів.

Новизна одержаних результатів:

- обґрунтовано напрямки створення та технічні рішення нової конструкції вібраційного верстата для формування виробів з сипучих матеріалів;
- розроблено гідропривід вібраційного верстата для формування виробів з сипучих матеріалів та встановлено оптимальні параметри його віброізоляційних елементів.

Публікації – тези доповіді на тему «Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів» на Всеукраїнську науково-практичну інтернет-конференцію студентів, аспірантів та молодих науковців «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2026 р.).

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						9
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕМИ РОБОТИ

1.1 Суть вибору теми магістерської кваліфікаційної роботи

Так як наша промисловість поступово починає розвиватися, а разом з нею покращується економічний стан країни, тому виникає потреба в будівництві, а відповідно в будівельних матеріалах, а саме в виготовленні цегли. Яка виготовлялася б найпростішим найекономічнішим методом і по прискореній технології. Я пропоную використовувати вібраційний верстат для виготовлення виробів з сухих та напівсухих сумішей. Щоб досягти максимальної продуктивності, не доцільно буде використовувати заводи з застарілими технологіями та обладнанням.

При виготовленні будівельних матеріалів, як бордюри, плитка тротуарна, блоки та ін., формування виробів проводять трьома способами: пресування з додатковою вібрацією, напівсухим пресуванням, ливарним.

Найбільш поширеним є спосіб напівсухого формування, який потребує коштовного і габаритного обладнання, з великою кількістю обслуговуючого персоналу.

Більш перспективним є спосіб напівсухого пресування з додатковою вібрацією під високим тиском (12...15) МПа. До переваг його слід віднести можливість: скорочення тривалості сушки виробів і всього технологічного циклу, більша міцність, стабільні форми виробу та за допомогою зміни форм широку номенклатуру виробів.

Існуючі пристрої для напівсухого пресування, як правило, стаціонарні і малоавтоматизовані та характеризуються невисокою продуктивністю.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						10
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Огляд існуючих конструкцій та їх недоліки

Вибір обладнання для формування виробів залежить від властивостей вихідної сировини (щільність, твердість, вологість, в'язкість) та виду виробу, який необхідно отримати.

Існує два основних способи переробки та підготовки сировини для формування: напівсухий (вологість 8-13%), лікерний (вологість 45-60%). У відповідності з підготовленою сировиною проводять формування виробів також трьома способами: пресування з додатковою вібрацією, напівсухим пресуванням (рис. 1.1), ливарним.

Спосіб напівсухого формування полягає в компресійному пресуванні виробів сипучих порошкоподібних мас з вологістю 8-12% під великим тиском (15-40 МПа).

Раніше цей спосіб використовувався для пресування тонкостінних виробів керамічних плиток. В останні роки пресування поширилось на виробництво стінової кераміки (тротуарної плитки). Цей спосіб є перспективним з позиції комплексної механізації. Його переваги перед ливарним: скорочення тривалості сушки виробів і всього технологічного циклу, більша міцність від формованих виробів при висушуванні, непотрібні додаткові зволожувачі та велика кількість форм.

Продуктивність розроблюваного верстата 12 шт/цикл, і до того ж він є пересувний, тобто його можна розташувати безпосередньо в місті виготовлення сухих та напівсухих сумішей. Верстат має гідропривід котрий приводиться вдію електродвигуном потужністю 3кВт.

На мою думку єдиний недолік ВПВ це додаткова гідроапаратура. Але у цього верстата є ряд інших переваг над ПМ. Він малогабаритний (ПМ д/ш/в – 2300/1000/1450; ВПВ д/ш/в – 1050/1000/1700), вага у його 1,5 т. ВПВ-економічний, потужний, не потребує великих затрат енергоресурсів, простий у використанні, увесь процес виготовлення продукції на ньому

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		11

напівавтоматизований. Для роботи ПМ потрібно багато різноманітного обладнання: елеваторні лінії, пульти керування, та іншого. Обладнання, у якого кожен привід індивідуальний.

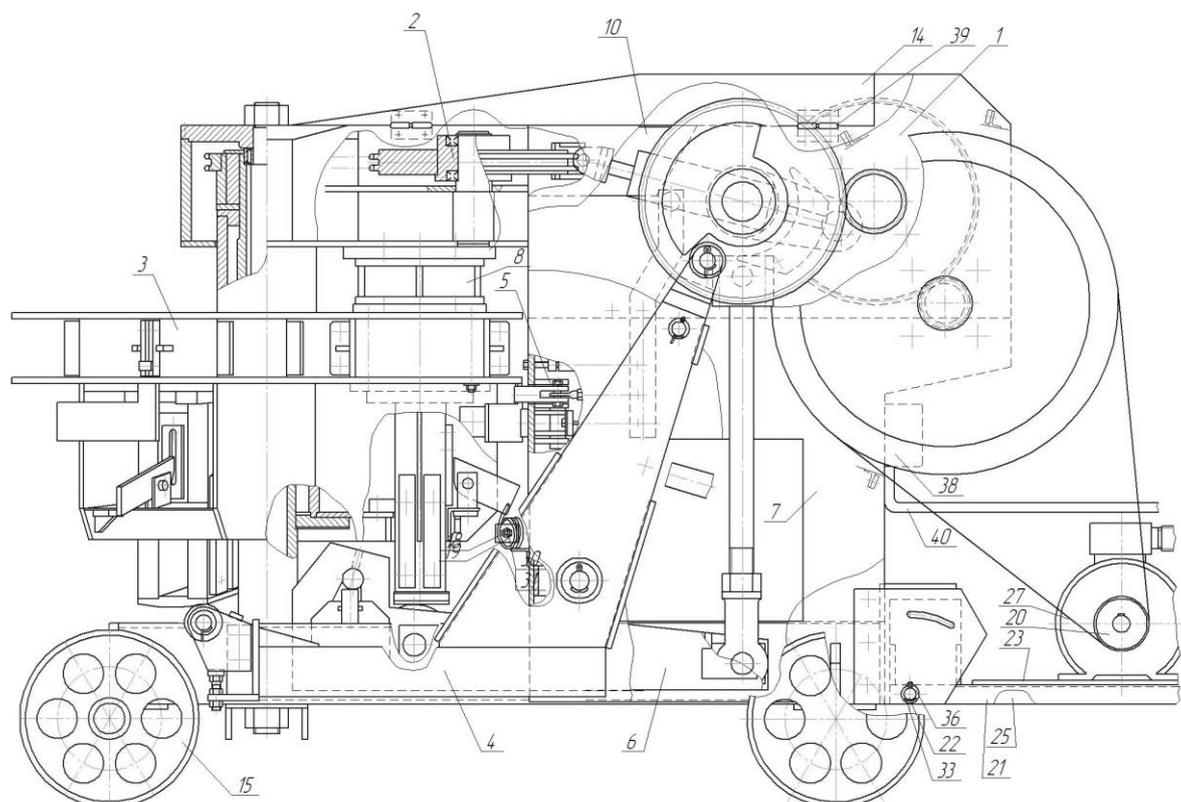


Рисунок 1.1 – Конструкція напівавтомата для пресування напівсухих сумішей

Фаза пресування здійснюється на другій після завантаженні позиції стола. Після завантаження суміші стіл повертається на 120° , фіксується відповідними пристроями, і протягом часу 1,5с за допомогою кривошипно-шатунного механізму відбувається переміщення пуансонів в матрицях і стискання суміші силою 300кН. Після пресування двох цеглин, вони утримуються пуансонами за допомогою встановлених фіксаторів і в такому положенні поворотним пристроєм столу і поступають в позицію виштовхування. Кут повороту стола також становить 120° .

Кулачок керування виштовхуванням, що встановлений на веденому валу

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			12

приводу, взаємодіє з важелем виштовхувального механізму, який переміщує пуансони на рівень поверхні столу. Відформовані пресуванням дві цегли подаються в піддони для подальшого складування в сушильні приміщення .

При відсутності засобів автоматизації складування необхідно встановити на даній операції одного працівника

При способі пластичного формування цегли на двох операціях, що описані вище, задіяно шість технологічних пристроїв, які обслуговують п'ять чоловік. Тривалість цього процесу становить 42 години і він супроводжується великими енергозатратами.

Форма виробів має стабільні геометричні розміри (точність до 0,1 мм при пресуванні 15-20 МПа). Це спричиняє мінімальну усадку при сушці та випалюванні, та можливість застосування автоматів при перевантаженні.

Для надання суміші первинної форми прес машина прикладає певний тиск, завдяки чому в подальшому формується виріб (цегла). Після зняття тиску пресування відбувається пружне розширення виробу, і воно тим більше, чим більше волога суміші, вища швидкість пресування, менша однорідність суміші по крупності зерен і більший вміст глиняної фракції. В деяких випадках розширення досягає 8-10%. Причиною цього явища є пружне розширення запресованого повітря, зворотні деформації пружних твердих частинок та адсоційне розширювання контактів водою, витисненої при пресуванні в більш крупні пори.

Але основна причина – це наявність запресованого повітря. Величина його визначається коефіцієнтом запресовки повітря $K_{з.п.}$, що характеризується співвідношенням запресованого повітря до запресованого об'єму його в суміші. Для тонкозернистих порошоків $K_{з.п.}=0,37...0,715$, для грубозернистих усушених $K_{з.п.}=0,303...0,57$. Запресоване повітря створює в середині виробу тиск, який залежить від вологості суміші: при вологості 6-8% тиск не перевищує 2 МПа; при вологості 10-12% досягає 10 МПа.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		13

Запобігти цьому явищу можна використовуючи однорідні по крупності та вологості суміші з невеликим вмістом глинястої фракції і використанням преси високого тиску з двостороннім багатократним ступінчастим прикладання навантаження.

Також використовують змішувачі, що пристосовані для вакуумування суміші в процесі змішування.

Ступінь ущільнення порошків характеризується коефіцієнтом стискання $K_{ст}$, тобто відношенням висоти засипання у форму до висоти отриманої пресовки. Залежність коефіцієнта складання грубозернистих глиняних порошків від тиску пресування описується рівнянням [2]

$$K_{ст} = ap^n \quad (1.1)$$

де p – тиск тресування, МПа

a і n - константи, що визначаються експериментально.

В залежності від властивостей суміші коефіцієнт $K_{ст}$ змінюється від 1,5 для пластичних глин до 2,5 для усушених.

При пресування суміші (керамічних) відчувається затухання тиску пресуванні створення тиску понад 30...40 МПа не дає суттєвого тиску пресування підпорядковано залежності [7]

$$p_n = p_0 e^{-kH/R}, \quad (1.2)$$

де p_n – тиск на відстані H , см, від пуансона, МПа, ;

p_0 – тиск пуансона, МПа;

R – гідравлічний радіус пресування ($R = 2F/P_p$) см;

F – площа поперечного перетину пресовки, см²;

P_p – периметр поперечного перетину пресовки, см;

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		14

К – коефіцієнт, що залежить від внутрішнього тертя в масі і її тертя стінками прес форми.

Тривалість пресування – 1,5...3,5с. Завантаження виконується допоміжним персоналом у кількості 2 чоловік. Прес виготовлення цегли повністю автоматизований.

Після витривалої сушки отримують цеглу марки 60, що можна використовувати в будівельних роботах одно – та двоповерхових будівель.

Вироби, що отримані пластичним способом, через напруги зсуву, що виникають під час формування при сушці та випалюванні можуть містити S – подібні тріщини.

Виробництво цегли (плитки) на механізованих комплексах є надто енергомістким (потужність 150 кВт) з великою кількістю технологічного обладнання, що потребує відповідної кількості обслуговуючого персоналу. Через ці фактори таке виробництво вимагає значних затрат для випуску продукції.

1.3 Опис технічних характеристик нової конструкції (ВПВ)

Для виготовлення будівельних виробів, виробів для дорожнього покриття, застосовуються різні пристрої, в яких використовуються методи пластичного видавлювання матеріалу з подальшим випіканням, напівсухого пресування та пресування з додатковою вібрацією. Найбільш продуктивним методом при виготовленні виробів із напівсухих сумішей є пресування з додатковою вібрацією, що забезпечує крім підвищення продуктивності високу якість продукції. Цей метод використано у верстаті для формування виробів з сипучих матеріалів (конструкція наведена на рисунку 1.2).

Верстат складається з матриці 1, пуансона 2, котрі рухаються по напрямним 7, за допомогою гідроциліндрів. На пуансоні 2 і на матриці 1 встановлені електричні дебалансні вібратори 12. Всі вузли закріплені в

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		15

жорсткій рамі 3. Керування верстату здійснюється від пульту керування, за допомогою процесорів та гідроапаратури.

Верстат працює в такій послідовності:

спочатку підготовлюється суміш, потім вручну засипається у форми матриці, після чого пуансон за допомогою гідроциліндрів підводиться до матриці і стискає суміш. При певному тиску вмикаються дебалансні електровібратори на 30 секунд, що сприяє швидкому формуванню виробів потрібної твердості. Після цього вимикаються вібратори і пуансон відводиться від виробів, а вже потім відводиться матриця і верстат розвантажується в ручну.

Даний верстат забезпечує високу продуктивність завдяки тому, що не потрібно додаткової установки для усushки чи випічки. Через те, що можливо замінити форми пуансона та матриці – можлива широка номенклатура виробів.

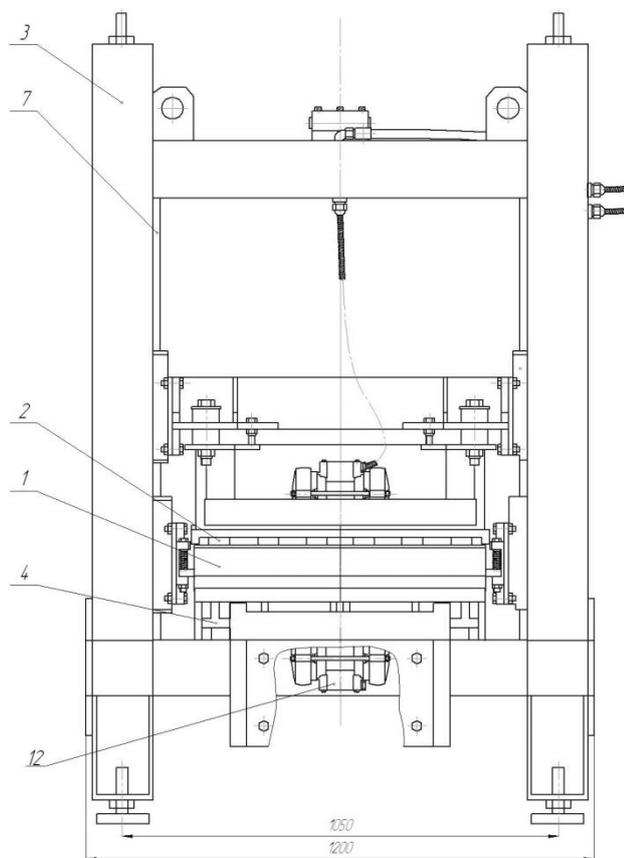


Рисунок 1.2 – Принципова схема ВПВ

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		16

Технічні характеристики:

Максимальна тривалість одного циклу - 60 с.

Максимальний тиск системи – 15 Мпа.

Тип вібратора – електромеханічний дебалансний.

Колова частота – 3000 хв⁻¹.

Гідроциліндри: d = 40 мм d = 40 мм

Робочий хід: 160 мм 320 мм

Кількість одночасно сформованих виробів від 2 до 12.

Розмір 200 x 100 x 75.

Проведемо порівняння технічних показників механічного комплексу ПМ та розроблюваного вібраційно - пресувального верстата (ВПВ), показники яких зведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння технічних характеристик ПМ та ВПВ

Показники (параметри)	Аналог ПМ	Нова розробка, ВПВ
Продуктивність, шт/цикл	2	12
Технологія	вакуумна	пресування з додатковою вібрацією
Потужність е/д, кВт	5,5	4
Привод	від загального приводу (е/д. 5,5кВт)	3
Частота обертання е/д, об/хв	1500	1500
Автоматизація	напівавтоматизований	напівавтоматизований
Кількість технолог. машин	1	1
Кількість обсл. персоналу	1	1
Суміщення операцій	відсутнє	виконується в одному пристрої

З таблиці видно, що деякі характеристики значно підвищуються, що покращує роботу нової запропонованої розробки, оскільки продуктивність збільшується з 2 до 12, потужність зменшується від 5,5 кВт до 4 кВт, привод від 5,5 кВт до 3 кВт, змінюється технологія виготовлення виробу з вакуумної на пресування з додатковою вібрацією, в одному пристрої здійснюється суміщення операцій, решта показників залишаються незмінними. Отже, нова розробка економічно вигідніша у експлуатації.

Наведені переваги доводять актуальність розробки ВПВ для пресування напівсухих сумішів, а також і актуальність вибору теми дипломного проекту.

1.4 Розрахунок собівартості нової розробки

Згідно з Положеннями Національного стандарту бухобліку № 16, поняття "собівартість" виключено із переліку показників, за якими ведеться оцінювання активів підприємства. Разом з тим, поняття "собівартість" може використовуватись для цілей довгострокового прогнозування ціни виробів тощо, що характерно для етапу техніко-економічних обґрунтувань.

Собівартість одиниці нової розробки може бути розрахована таким методом, який базується на питомій собівартості одиниці маси продукції. В цьому випадку собівартість одиниці нової розробки S розраховується за формулою:

$$S = S_a^1 \cdot M_n \cdot K_n \text{ грн.}, \quad (1.3)$$

де S_a^1 - питома собівартість одиниці маси аналога:

$$S_a^1 = \frac{S_a}{M_a} = \frac{20000}{2400} = 8,33 \text{ грн./кг};$$

$S_a = 20000$ - собівартість аналога, грн.;

$M_a = 2400$ - маса аналога, кг;

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		18

$M_H = 1500$ - маса нової техніки, кг;

$K_H = 1,1$ - коефіцієнт, який ураховує конструктивні та технологічні особливості нової розробки;

$$S=8,33 \cdot 1500 \cdot 1,1=13750 \text{ грн.}, \quad (1.4)$$

Розрахунок величини капітальних вкладень

Величина капітальних вкладень K може бути розрахована за формулою:

$$K=B \cdot A \cdot S = B \cdot Ц \text{ грн.}, \quad (1.5)$$

де $B = 1,6$ - коефіцієнт, який ураховує витрати на розробку, придбання, транспортування, монтаж, налагодження нової розробки тощо;

$A = 2,0$ - коефіцієнт, який ураховує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник;

$S = 13750$ - собівартість нової розробки, розрахована спрощеним способом, грн.;

$Ц$ - ціна реалізації нової розробки, якщо вона була відома або визначена раніше, грн.

$$K=1,6 \cdot 2,0 \cdot 13750 = 44000 \text{ грн.}$$

Розрахунок величин експлуатаційних витрат для одиниці нової розробки.

Експлуатаційними витратами є такі витрати, які забезпечують нормальне функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку за рік.

Величина експлуатаційних витрат E за рік може бути розрахована за формулою:

$$E = k \cdot Ц \cdot \beta = k \cdot A \cdot S \cdot \beta = 1,5 \cdot 2,0 \cdot 13750 \cdot 0,15 = 6187,5 \text{ грн./рік}, \quad (1.6)$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		19

де Ц — ціна реалізації нової розробки, якщо вона була відома або визначена раніше, грн./шт.;

$k = 1,5$ - коефіцієнт, який урахує витрати на амортизацію, електроенергію, обслуговування, ремонти тощо;

$A = 2,0$ - коефіцієнт, який урахує прогнозований прибуток та податки, які повинен сплачувати виробник;

$S = 13750$ - собівартість нової розробки, розрахована спрощеним способом; грн.;

$\beta = 0,15$ - доля часу, який витрачає працівник на обслуговування нової технічної або інтелектуальної розробки в загальному часі своєї роботи.

Для випадку, коли аналог (або відоме технічне рішення) "1" та запропоноване технічне рішення "2" мають різні значення декількох основних технічних показників, які по-різному впливають на загальну якість розробки, механізм зіставлень складається з ряду кроків.

Для аналога "1" умовно приймають, що його узагальнений коефіцієнт якості $B_1=1$.

Розраховують узагальнений коефіцієнт якості B_2 для нового технічного рішення "2":

$$B_2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (1.7)$$

де n - число найважливіших технічних показників, які впливають на якість нової розробки (нового технічного рішення);

α_i - коефіцієнт, який урахує питому вагу (значимість) i -го технічного показника в загальній якості розробки. Коефіцієнт α_i визначається експертним шляхом; при цьому має вик снуватись умова:

$$\sum_{i=1}^n \alpha_i = 1.$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		20

β_i - відносне значення і-го технічного показника якості нової розробки.

Для показників, зростання яких говорить про підвищення в лінійній залежності якості розробки:

$$\beta_i = \frac{I_2}{I_1}, \quad (1.8)$$

$$\beta_1 = \frac{1400}{412} = 3,3$$

$$\beta_2 = \frac{1}{5} = 0,2$$

$$\beta_3 = \frac{3}{6} = 0,5$$

$$B_2 = 0,5 \cdot 3,3 + 0,3 \cdot 0,2 + 0,2 \cdot 0,5 = 1,81.$$

Механізм та варіанти зіставлень капітальних вкладень K та експлуатаційних витрат E при різних значеннях декількох основних технічних показників, які по-різному впливають на якість розробки

Визначимо деякі співвідношення:

$$\frac{K_1}{B_1} = \frac{60000}{1} = 60000,$$

$$\frac{K_2}{B_2} = \frac{44000}{1,81} = 24309.$$

Звідки видно, що $\frac{K_1}{B_1} > \frac{K_2}{B_2}$,

$$\frac{E_1}{B_1} = \frac{9000}{1} = 9000,$$

$$\frac{E_2}{B_2} = \frac{6187,5}{1,81} = 3418,5.$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		21

Звідки видно, що $\frac{E_1}{B_1} > \frac{E_2}{B_2}$.

Співвідношення між капітальними вкладеннями та експлуатаційними витратами є: $\frac{K_1}{B_1} > \frac{K_2}{B_2}$; $\frac{E_1}{B_1} > \frac{E_2}{B_2}$ тоді можна розрахувати такі економічні показники.

Абсолютна економія як на питомих капітальних вкладеннях, так і на питомих експлуатаційних витратах

$$K_{ек} = \frac{K_1}{B_1} - \frac{K_2}{B_2} = 60000 - 24309 = 35691 \text{ грн./шт.};$$

$$E_{ек} = \frac{E_1}{B_1} - \frac{E_2}{B_2} = 9000 - 3418,5 = 5581,5 \text{ грн./шт.} \cdot \text{рік}$$

1.5 Висновки до розділу 1

Нова розробка є високоефективною, оскільки забезпечує абсолютну економію на питомих капітальних вкладеннях 35691 грн, на питомих експлуатаційних витратах 5581,5 грн. та економічно доцільною. Зазначені переваги свідчать про доцільність проведення проектувальних робіт та про актуальність теми магістерської кваліфікаційної роботи.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		22

2 АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

2.1 Конструкції, що містять відомі розв'язки проблеми

На рис. 2.1 показана конструкція напівавтомата для пресування напівсухих сумішей. Напівавтомат містить такі основні вузли: механізм привода; механізм пресування; механізм виштовхування; механізм привода стола; станину, на якій розміщені основні вузли та колеса, за допомогою яких напівавтомат легко переміщується до місця експлуатації.

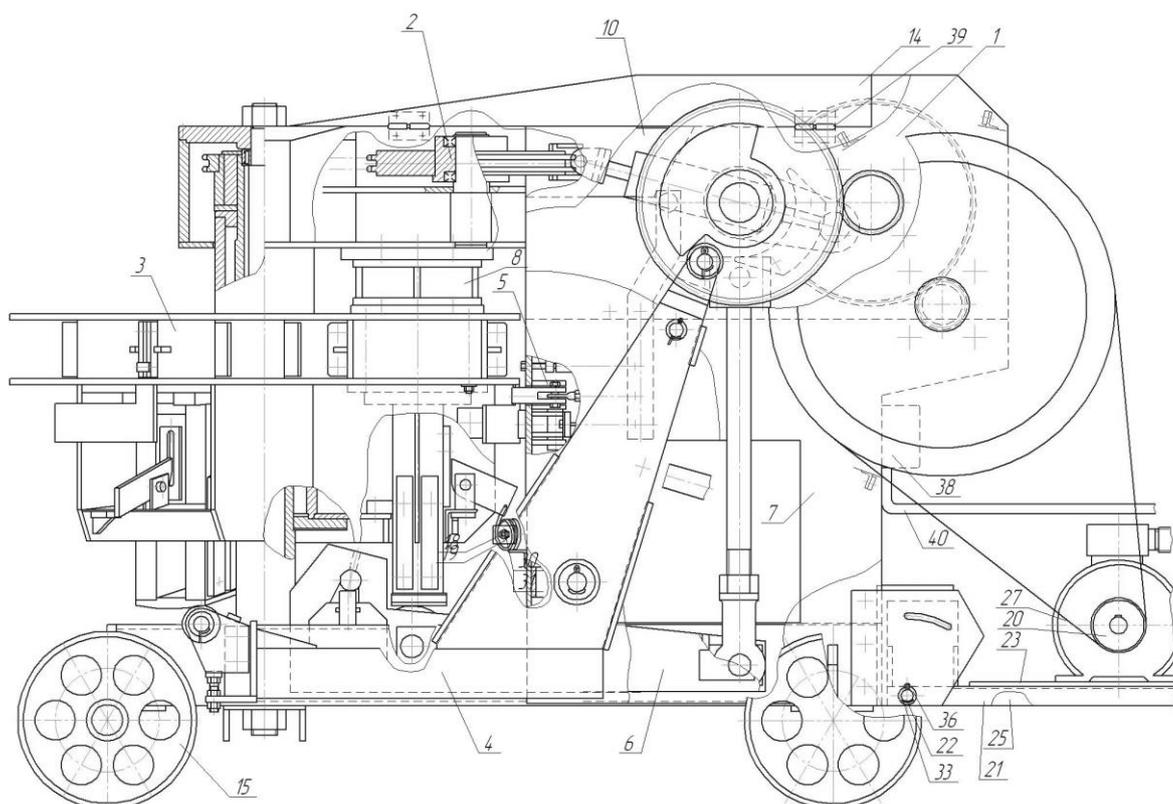


Рисунок 2.1 – Конструкція напівавтомата для пресування напівсухих сумішей

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

08-62.МКР.007.00.000.ПЗ

Арк

23

Особливістю конструкції напівавтомата є застосування способу керування роботою всіх механізмів в цикловому режимі за допомогою веденого вала приводу, виконаного як розподільчий. На приводному валу під необхідним кутом один відносно одного виставлені органи керування роботою основних механізмів: кулачок механізму виштовхування; вісь кривошипа механізму керування; кулачок механізму блокування столу; кривошип механізму повороту.

Напівавтомат працює наступним чином. Електродвигун, що розміщений на платформі, яка може повертатися навколо осі кріплення для натягу пасів, приводить в рух ведучий шків 20 клинопасової передачі. Ведений шків 38, що виконаний масивним і виконує функцію маховика, надає обертального руху ведучому валу механізма привода 1. Розміщена на протилежній консолі вала відносно корпуса шестерня швидкохідного ступеня повертає зубчате колесо, що передає обертальний момент проміжному валу, на якому встановлені дві шестерні двохпоточної зубчастої передачі, котра приводить в обертальний рух ведений вал (розподільчий) механізма привода.

В положенні, що наведені на рисунку подальша робота механізмів відбуваються в такій послідовності. Одночасно з початком фази пресування починається фази виштовхування готових двох виробів, виготовлених перед цим, та фаза холостого ходу механізма повороту 2, при якій собачка храпового механізму виходить із контакту з поворотним вертикальним валом. Стіл при цьому, заблокований фіксаторами механізму блокування. Матриця, що знаходиться в позиції завантаження, заповнюється напівсухою сумішшю. При повороті вала на кут 180° . Завершується фаза пресування, дещо раніше на 15° до цього фази виштовхування готових виробів і починається фаза повороту столу, якій передують за 10° до повороту веденого вала приводу фаза розблокування столу, коли кулачок, розміщений на одному із зубчастих коліс, взаємодіє з роликком важеля, який виводить фіксатори з контакту із упорами столу. Коли

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		24

закінчується фаза пресування пружина фіксатора пуансона блокує його з готовими виробами.

Поворот веденого валу на наступні 180° приводить до початку повороту столу з позиції завантаження в позицію пресування та виштовхування готових виробів. Ланцюгова передача приводить в обертальний рух колону і собачку храповика, яка закріплена на ній. При повороті столу на кут 35° скребок згрібає лишню суміш. Подальший поворот столу забезпечує утрамбовування суміші катком, а через 75° його обертання спрацьовує механізм гальмування за допомогою контакту антифрикційних колодок, що закріплені на гальмі та гальмівної полоси, що закріплена на торцевій поверхні столу і має змінний радіус.

Під час гальмування кулачок механізму блокування відходить від важеля і за допомогою пружини фіксатори виводяться для контакту із стопорами столу.

В кінці повороту всі органи керування веденого (розподільчого) валу привода займають вихідне положення, що описане в першій фазі і цикл виготовлення, виштовхування готових виробів та завантаження сумішшю повторюється.

Найбільш поширеним є спосіб пластичного формування, який полягає в застосуванні стрічкових шнекових пресів, в яких використані властивості пластичних глиняних мас деформуватися під дією зовнішніх сил без розриву суцільності та зберегти отриману нею форму після припинення дії цих сил.

До складу стрічкового вакуумного пресування входять глинозмішувач, вакуум-камери, шнековий гвинт, пресуючи головка, мундштук. Отвір мундштука залежить від форми виробу, яку необхідно отримати. В глинозмішуванні маса перед пластичним деформуванні підігрівається до $50-80^\circ\text{C}$ паром чи електронагрівачами.

З мундштука виходить неперервний глиняний брус, який потім нарізається на вироби необхідних розмірів.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		25

Швидкість подачі бруса залежить від частоти обертання шнекового вала, яка не повинна перевищувати $18-32 \text{ хв}^{-1}$.

Технологічна схема виробництва цегли пластичним способом наведена на рис. 2.2. Завантаження сировини відбувається за допомогою автосамоскида 1 в ящиківий подавальний пристрій 2. Звідки стрічковим конвеєром 3 глиняна маса поступає в дезінтеграторі вальці 4. Тут відбувається введення добавок, що містять 5-40% паливної маси, фарбуючи сумішів тощо. Їх попередньо додатково подрібнюють. Далі суміш поступає в бігучу мокрого помолу 5, звідки відбувається завантаження вальців тонкого помолу 6. Після такої технічної підготовки суміш поступає у вакуумний стрічковий прес 7, який здеформовану зволожену масу подає на різальний укладальний автомат 8.

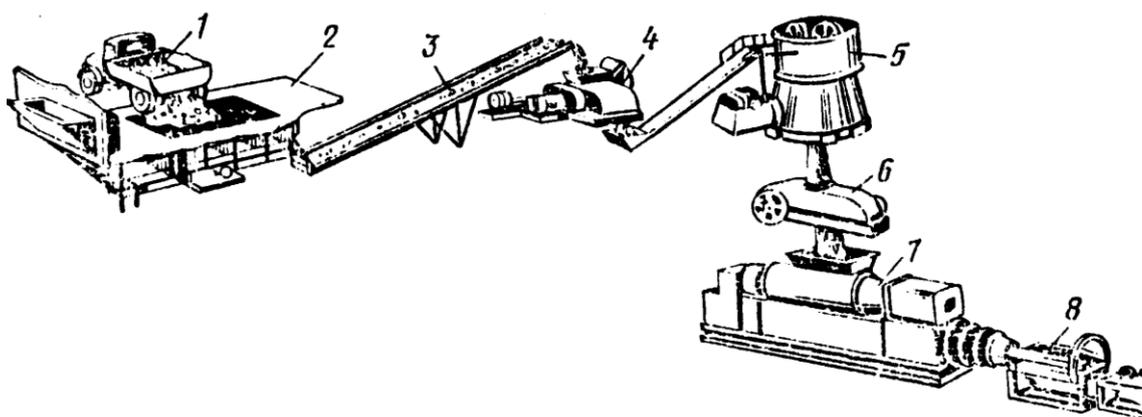


Рисунок 2.2 - Схема виготовлення цегли-серцю пластичним способом

Перед випалюванням у печі, складовані в ручну вироби вилежуються в шахтозагасниках чи силосах.

Для висихання сирця застосовують сушили неперервної дії (тунельні, конвеєрні) чи періодичної дії (камерні). Тривалість сушки сирця в тунельних сушилах складає 12-48 год, в камерних – 48-96 год. Температура теплоносія $90-120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ Висушені вироби перекладають в ручну чи спеціальними пристроями із сушільних вагонеток на випальні. Через відсутність єдиного компоновочного принципу в розробці сушилок та печей автоматизувати ці операції складно. Для

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докum.	Підпис	Дата		26

печей шириною випального каналу 2 та 4,7 м застосовують автомат-висаджувач, схема якого показано на рис 2.3.

Він складається з виштовхувала цегли 1, сушильних вагонеток 2, приймального конвеєра 3, комплектуючого конвеєра 4, носія виробів 5, випалювальних вагонеток 6 на яких розташовують пакет з виробами 7.

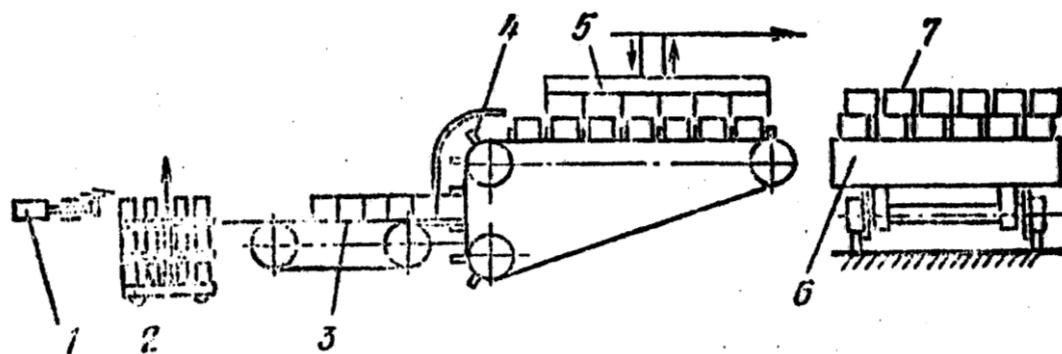


Рисунок 2.3 - Схема автомата-висаджувача

Температура випалювання 900-1050 °С, тривалість процесу 18-24 год в тунельних печах та 1,5-3 доби в кільцевих. Складною операцією є розвантажування випалених виробів з вагонеток. Для цього в ручну пакет (при відсутності спочатку їх складують в ручну з вагонеток) і за допомогою підйомних пристроїв (козлових кранів) перевантажують на транспорт, на рис 2.4 наведена технологічна схема механізованої лінії комплексу СМК-182 (потужність – 20 млн. Умовної цегли в рік).

Тривалість технології обробки в такому комплексі для отримання виробів – від 30 до 72 год. Кількість обслуговуючого персоналу – 12 чел Без врахування водіїв автосамоскидів та працюючих на підготовчих технологічних операціях

Спосіб напівсухого формування полягає в компресійному пресуванні виробів сипучих порошкоподібних мас з вологістю 8-12% під великим тиском (15-40 МПа).

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			27

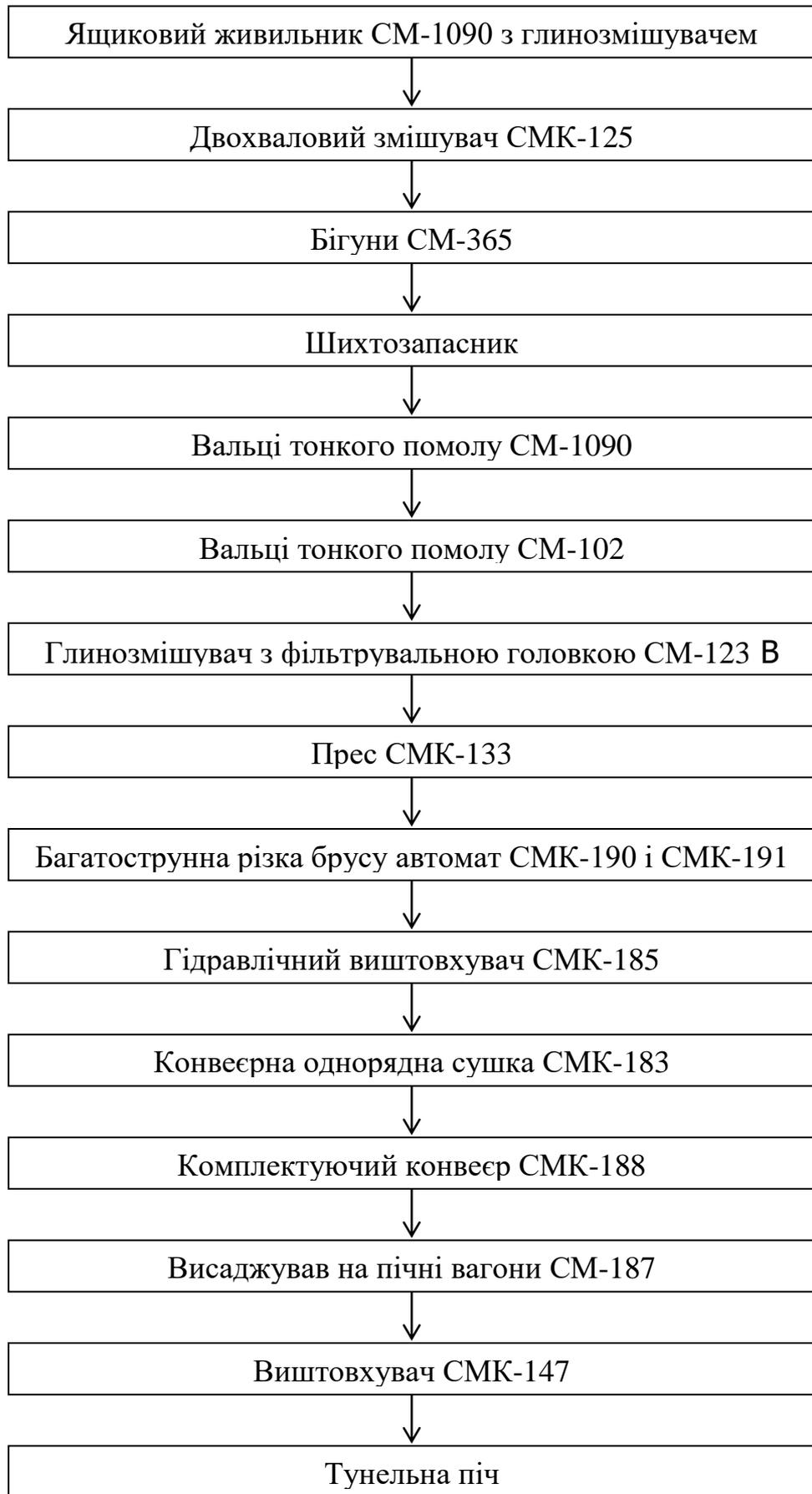


Рисунок 2.4 - Технологічна схема механізованого комплексу СМК-182

Здійснення вібраційних і віброударних навантажень об'єктів обробки можливо двома шляхами. Широко відомі вібраційні машини (ВМ) і віброударні машини (ВУМ) з механічним, електричним, пневматичним, гідравлічним і комбінованим приводами. В працях багатьох авторів відмічені переваги та недоліки кожного із згаданих приводів. Для промислового використання рекомендується гідравлічний привод, який забезпечує передачу енергії тиску рідини в будь-якому напрямку і простоту здійснення прямолінійних зворотно-поступальних переміщень виконавчої робочої ланки машини.

Короткий порівняльний аналіз різноманітних типів приводів ВМ і ВУМ, які використовуються в промисловості, можна провести розглянувши основні принципові схеми цих приводів, які зображені на рисунку 2.5. Дебалансний привод (рис. 2.5, а) являє собою найбільш широко розповсюджений вид механічного приводу. Він має значні переваги в порівнянні з ексцентриковим або кривошипним приводами ВМ і ВУМ при необхідності забезпечення великих напруг і розрахункових робочих зусиль. Основним недоліком В і ВУ машин з дебалансним приводом: необхідність надійної віброізоляції (Масивний фундамент), низька експлуатаційна надійність елементів трансмісії і підшипникових вузлів, складність регулювання робочих параметрів в ході технологічного процесу.

Електричний привод ВМ і ВУМ широкого використання в промисловості не знайшов тому, що він не забезпечує великих робочих зусиль на виконавчій ланці, а також через високу вартість самого електрообладнання та його низьку енергоємність. Простішим видом електричного приводу ВМ і ВУМ є електромагнітний привод вібрацій робочої ланки (рис. 2.5, б), однак його використання обмежене низькою потужністю і доцільно використовувати тільки для лабораторних установок.

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			30

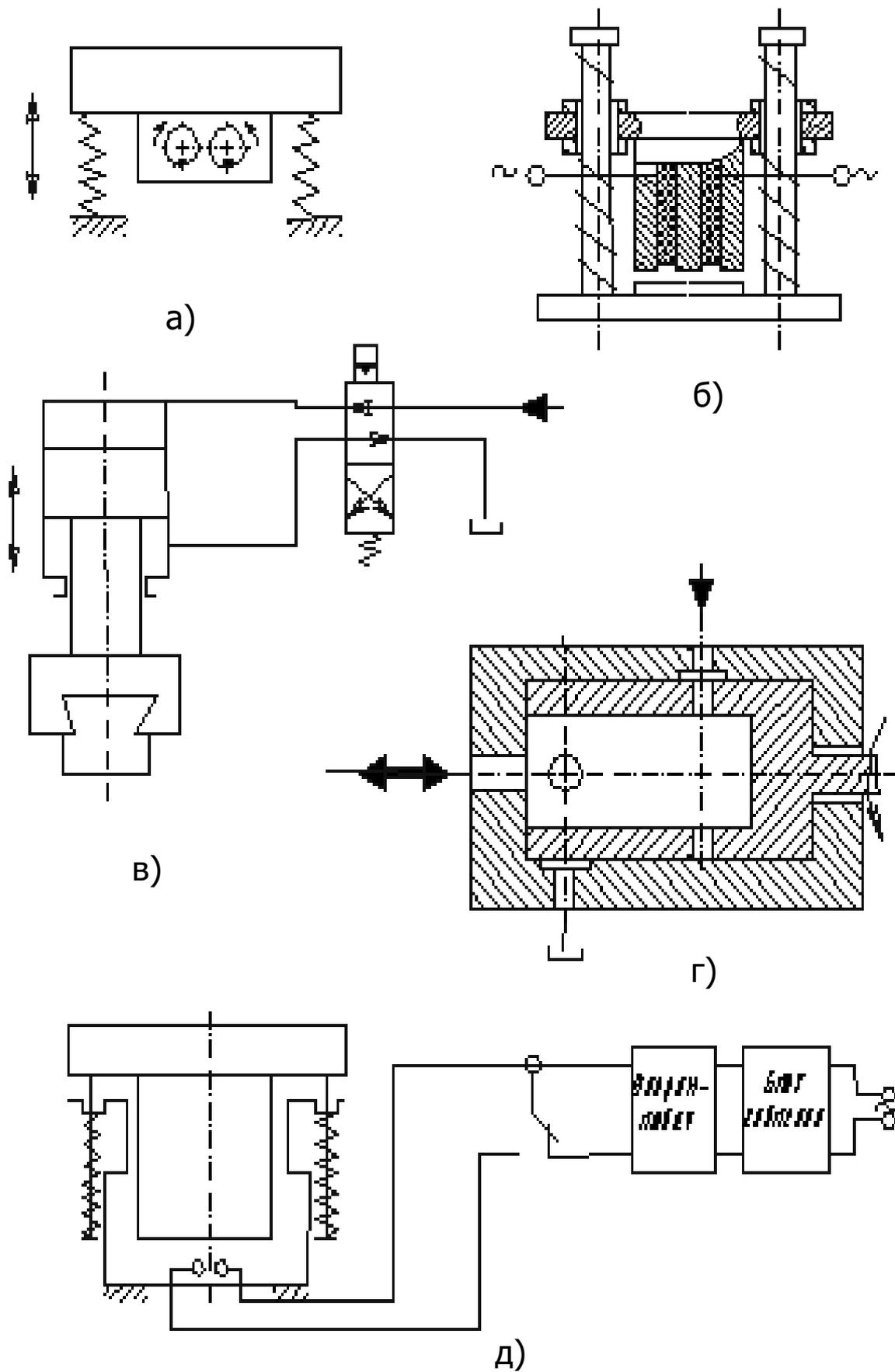


Рисунок 2.5 – Принципові схеми приводів вібраційних та віброударних машин

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

Гідравлічний і пневматичний приводи ВМ і ВУМ по принципу дії аналогічні, однак останній не використовують при необхідності створення значних потужностей і передачі значних зусиль через невиправдане збільшення габаритних розмірів приводу і машини в цілому. Принципова схема такого взаємо змінюваного, з точки зору енергоносія (рідина або повітря), приводу зображена на рис. 2.5 в. Зворотно-поступальне переміщення виконавчого робочого органу машини здійснюється при переключенні звичайного реверсивного золотника будь-яким з відомих способів(шляхом переміщення робочого органу, під тиском, за допомогою сервопристроїв і т.д.). Найбільш розповсюдженими видами комбінованого приводу В і ВУ машин є гідромеханічний і електрогідравлічний. Найпростіша схема гідромеханічного приводу (рис 2.5, г) відома як генератор вібрацій з золотником, що обертається. значні втрати на дроселювання рідини, складність торцевого ущільнення золотника, що обертається, і необхідність використання окремого приводу для регулювання параметрів машини по енергії і частоті робочого навантаження обмежують використання такого гідромеханічного приводу в промисловості. електрогідравлічний привод (рис 2.5, д) перспективний для ВМ і ВУМ завдяки простоті створення збуджуючого імпульсного тиску в порожнині гідроциліндру при електричному розряді в рідині. Однак електрична частина приводу таких машин (створені дослідні зразки віброударних машин типу „Удар-12М”) недоскональна в обслуговуванні, має значні габарити і високу вартість.

Окрім цього, більш ефективному виготовленню виробів з напівсухих сумішей сприяє додавання вібрації до попередньо запресованих виробів.

Віброударні та гідроімпульсні машини розробляються тривалий час на кафедрі ГМ ВНТУ.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		32

2.2 Аналіз варіантів конструкторських схем обладнання та обґрунтування оптимального варіанту

На рис. 2.6 показана схема вібратора з круговими коливаннями, у якого дебаланс поміщений на валу між двома підшипниковими опорами, а ротор вбудованого електродвигуна встановлений на консольній частині валу. Корпус такого вібратора звичайно виконується складеним з корпусу дебалансної частини і корпусу, в якому поміщається статор електродвигуна. Виконання вібратора по такій схемі полегшує проведення ремонтних робіт при виході з ладу статора електродвигуна, який може бути від'єднаний від корпусу вібратора і направлений на ремонт.

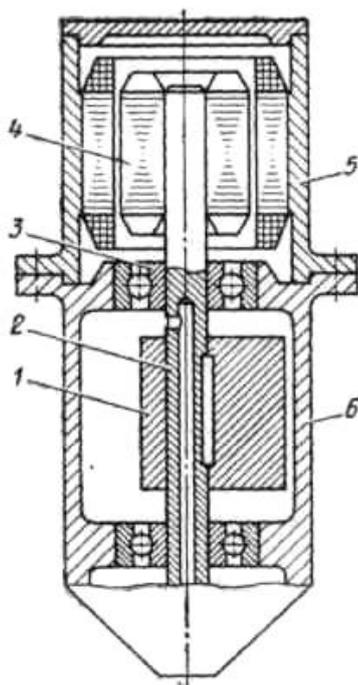


Рисунок 2.6 - Схема вібратора з консольним розташуванням ротора електродвигуна: 1 - дебаланс; 2 - вал; 3 - підшипник; 4 - ротор електродвигуна; 5 - корпус електродвигуна; 6 - корпус вібратора

При установці такого вібратора слід враховувати, що із-за несиметричного розташування електродвигуна центр тяжіння вібратора не

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		33

лежить на лінії дії створюваної ним відцентрової сили.

Вібратори з направленими коливаннями.

Для приводу віброживильників, віброущільнюючих плит, а також для установки на воронках, бункерах доцільно застосовувати вібратори з направленою дією вібраційної сили. Поширеним типом таких вібраторів з направленою дією вібраційної сили є маятникові вібратори. Маятниковий вібратор з направленими коливаннями (рис. 2.7) відрізняється від одновального дебалансного вібратора загального призначення з круговими коливаннями шарнірним з'єднанням. Корпус такого вібратора, сполучений з опорною плитою шарніром, при обертанні дебаланса здійснює коливання подібно до маятника, підвішеного в точці А. Переміщення корпусу навколо шарніра запобігає введенням в конструкцію вібратора пружинних або гумових амортизаторів.

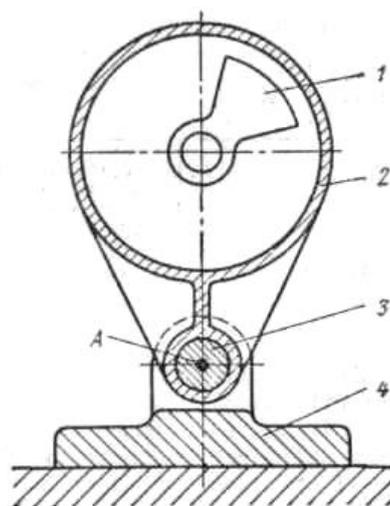


Рисунок 2.7 - Схема маятникового вібратора: 1 - дебаланс; 2 - корпус; 3 - шарнір; 4 - опорна плита; А - точка підвісу маятника

Вібраційна сила, що створюється маятниковим вібратором, направлена по лінії, що сполучає центр маяткової осі з центром осі дебалансного валу. Складова сили, що обурює перпендикулярна цьому напрямку, мала і найчастіше нею можна нехтувати. У тих випадках, коли необхідна строга спрямованість

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		34

щодо валу частин.

Зовнішні частини дебаланса можуть бути повернені щодо внутрішніх частин, жорстко пов'язаних з валом, на певний кут і закріплені на валу в такому положенні.

Зовнішні частини дебаланса можуть займати три різні положення, дякуючи чому можуть бути одержані три різні моменти маси дебалансів і відповідні їм три величини відцентрової сили. При зміні положення зовнішніх частин дебалансів необхідно їх повернути на однаковий кут щодо жорстко пов'язаних з валом частин відповідно до градування, нанесеного на дебалансах.

Дебаланси вібратора закриті литими алюмінієвими кришками, які разом з підшипниковими щитами прикріплені до корпусу вібратора трьома стяжними шпильками і гайками. Для кріплення вібратора на місці установки його корпус забезпечений лапами, в яких є отвору для болтів. У верхній частині корпусу вібратора розташована клемна коробка. У неї введені кінці обмотки, статора, і кінці провід живлення. Провід живлення в місці введення в клемну коробку захищений від різких перегинів гумовою трубкою і оберігається від висмикування ущільненням, затиснутим гайкою.

Вібратор з електродвигуном на напругу 220/380 В підключається до електричної мережі змінного струму напругою 220/380 В, частотою 50 Гц за допомогою проводу. Струмopовідні жили вмонтовуються до контактів клемної колодки, заземляюча жила кріпиться до корпусу спеціальним гвинтом, встановленим в клемній коробці.

Вібратор з електродвигуном на напругу 36 В підключається до електричної мережі через знижувальний трансформатор потужністю не менше 0,5 кВА для вібратора дебалансного.

Найбільш простими та доступними пристроями для вібропрасування є дебалансні електричні вібратори.

Тому у віброверстаті, що проектується, буде запроваджено пресування

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докum.	Підпис	Дата		36

виробів за допомогою гідро циліндрів, а також де балансних електричних вібраторів.

2.3 Висновки до розділу 2

Проведено аналіз відомих технічних рішень обладнання для пресування напівсухих сумішей.

Проаналізовано конструкції вібраційних машин та машин віброударної дії, що дозволило встановити шляхи пошуку раціональної схеми вібраційного верстата.

Проведено багатоваріантний аналіз вібраційних машин з дебалансним приводом, зазначені їх недоліки та встановлено шляхи удосконалення їх конструкцій, які будуть використані в розробленій конструкції вібраційного верстата, що забезпечує задані параметри процесу для формування виробів з напівсухих сумішей.

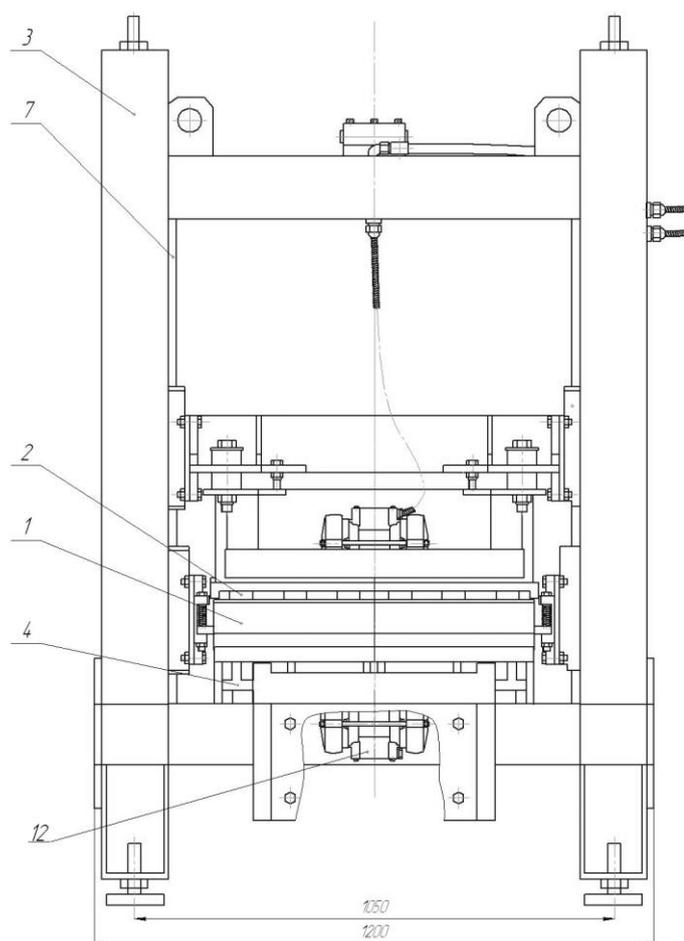
					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		37

3 РОЗРАХУНКОВО – КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Будова розробленої конструкції та принцип її роботи

Загальний вид виробу представлений на рисунку 3.1. Основними складовими частинами виробу є прес і блок управління.

Прес призначений для закріплення на ньому пресформи, що складається з матриці 1 і пуансона 2, а також для створення у формувальній порожнині пресформи динамічних і статичних навантажень за допомогою циліндрів і вібраторів 12.



1 - матриця; 2 - пуансон; 3 - рама; 4 - решітка; 7 - напрямні; 12 - вібратор

Рисунок 3.1 - Конструкторська схема:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		38

Звільнення сформованих виробів з пресформи здійснюється шляхом підйому матриці з дерев'яного піддону гідроциліндрами .

Несучою металоконструкцією преса є рама 3, зварена із сталевих труб. На нижній частині рами, через віброопори, встановлений блок нижніх вібраторів 12, робоча площа якого виставлена на 1...1.5 мм вище за решітку 4. Таким чином, піддон під час роботи нижніх вібраторів знаходиться на робочій площині блоку вібраторів, а під час роботи циліндрів під дією навантаження опускається на жорстко закріплені на рамі грати і формувальна суміш сприймає повне навантаження, що розвивається гідроциліндрами.

Пуансон кріпиться до блоку верхніх вібраторів, який встановлюється через віброопори на балці. Зазор між упорами і блоком верхніх вібраторів виставляється в межах 2...2,5 мм.

Натискна плита переміщається під дією гідроциліндрів по тих, що направляють 7, таким чином, пуансон базується щодо рами і матриці.

Притиск матриці до піддону здійснюється за допомогою пружини.

Рама преса встановлюється на регульовані віброопори, які фіксуються від горизонтального переміщення плитами приварюваними при монтажі преса до фундаментних опор.

Блок управління представлений на рисунку 3.2. Він складається зі щита управління 1 і гідростанції 2, які змонтовані на рамі 3.

Гідростанція 2 кріпиться до рами 3 через віброопори 4. Рама 3 встановлюється на регульовані віброопори 5.

Електрична схема в автоматичному режимі забезпечує управління верхніми і нижніми вібраторами преса і блоком розподільної гідроапаратури, що подає робочу рідину (масло) на гідроциліндри преса. У електричній схемі передбачений режим наладки преса.

Блок управління під'єднується до електроспоживачів преса за допомогою штепсельних роз'ємів, а до гідропотребітелям - рукавами високого тиску, що дозволяє транспортувати прес і блок управління незалежно один від одного.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		39

При включенні двигуна гідростанції насос подає масло в напірну магістраль Р системи, всі гідророзподільники знаходяться в початковому положенні (як зображено на рис. 3.3), масло по магістралі Т повертається в бак через фільтр 2.

При натисненні кнопки "початковий стан" гідророзподільники 3, 4, 5 включаються в ліву схему, унаслідок чого масло під тиском, встановленим на запобіжному клапані 7, подається в лінію В гідроциліндрів 9, 10 і матриця і пуансон піднімаються у верхнє положення. Потім всі гідророзподільники повертаються в початкове положення.

При натисненні кнопки "матриця вниз" гідророзподільник 3 включається в ліву схему, а гідророзподільник 5 включається в праву схему і матриця опускається вниз. Потім всі гідророзподільники повертаються в початкове положення.

При натисненні кнопки "ущільнення суміші" гідророзподільник 3 включається в ліву схему, а гідророзподільник 5 включається в праву схему, унаслідок чого матриця притискається до піддону. Потім включаються нижні вібратори - відбувається ущільнення суміші. Після завершення операції всі гідророзподільники повертаються в початкове положення.

При натисненні кнопки "цикл" гідророзподільник 3, включається в ліву схему, а гідророзподільники 4, 5 включаються в праву схему. При цьому пуансон опускається вниз, матриця притискається до піддону при тиску встановленому на запобіжному клапані 7. Потім гідророзподільники 3 включається в праву схему і далі процес формування відбувається при тиску встановленому на запобіжному клапані 6.

Після закінчення процесу формування гідророзподільники 3, 5 включаються в ліву схему, унаслідок чого масло під тиском, встановленим на запобіжному клапані 7, подається в лінію В гідроциліндрів 9 -матриця під низьким тиском піднімається вгору. Потім включається гідророзподільник 4 в праву схему - матриця і пуансон піднімаються вгору. Потім всі

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						41
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		

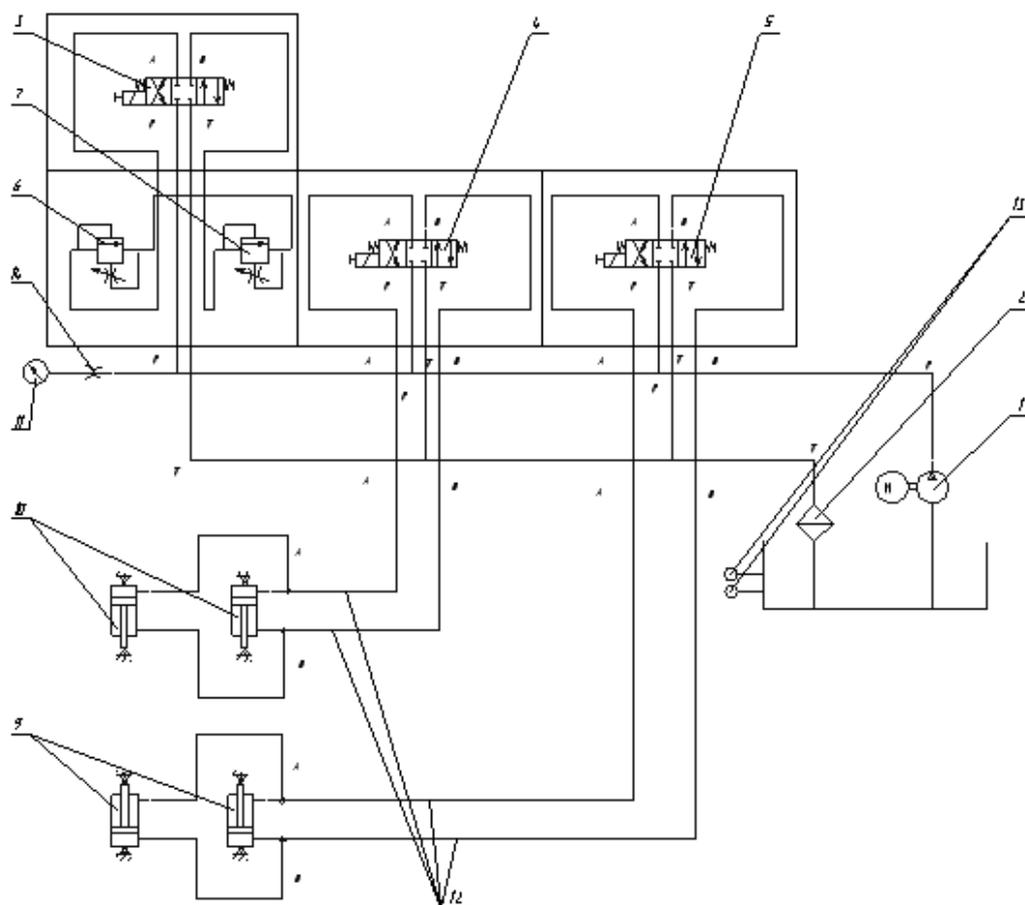
гідророзподільники повертаються в початкове положення.

Далі цикл повторюється.

Роботою гідророзподільників управляє контроллер.

Величину тиску в системі показує манометр 11, сполучений з напірною магістраллю через дросель 14.

Верхній і нижній рівні масла в баку визначаються по маслопоказчикам 13.



1 – насос; 2 – фільтр; 3, 4, 5 – гідророзподільники; 6, 7 – гідроклапани тиску; 9, 10 – гідроциліндри; 11 – манометр; 12 – рукави високого тиску; 13 – маслопоказчики; 14 – дросель.

Рисунок 3.3 – Гідросхема:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		42

3.2 Силіві розрахунки розробленої конструкції

Сила на штоку гідроциліндра:

$$F = \Delta p \cdot S_n, \quad (3.1)$$

де $\Delta p = 15$ МПа, перепад тиску на поршні гідроциліндра;

S - робоча площа поверхні поршня:

$$S = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2), \quad (3.2)$$

де $D = 50$ мм – діаметр поршня,

$d = 25$ мм – діаметр штока.

$$S = \frac{3,14}{4} (50^2 - 25^2) = 1471,8 \text{ мм}^2$$

Отже,

$$F = 15 \cdot 1471,8 = 22077 \text{ Н}$$

Оскільки циліндрів 2, то $F = 2 \cdot 22077 = 44154 \text{ Н}$.

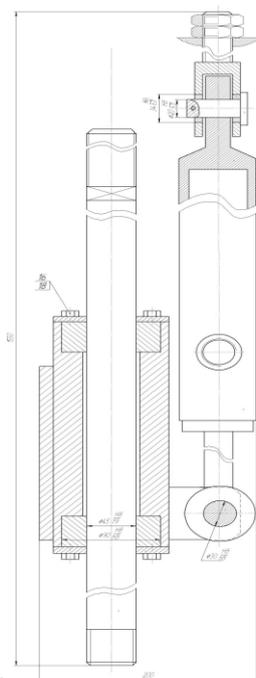


Рисунок 3.4 – Схема гідроциліндра

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		43

3.3 Розрахунок елементів конструкції на міцність і жорсткість

3.3.1 Розрахунок зварних швів на розтяг

Основною умовою при проектуванні зварних конструкцій деталей є забезпечення рівномірності зварних швів та з'єднаних елементів деталей. Згідно з цією умовою залежно від розмірів та взаємного розміщення зварних деталей встановлюють відповідні розміри швів для даного з'єднання.

У більшості випадків на практиці розміри зварних швів та тип їх визначаються за формою та конструкцією деталей. Тому розрахунок зварних з'єднань в основному виконують як перевірний.

3.3.1.1 Вихідні дані: $l = 700\text{мм}$, $F = 3\text{кН}$, $h = 400\text{мм}$, $a = 380\text{мм}$, $k = 5\text{мм}$, $\alpha = 45^\circ$, $[\sigma] = 160\text{МПа}$;

Розрахунок:

Силу F подамо у вигляді двох складових:

$$F_1 = F \cdot \sin \alpha = 3 \cdot \sin 45^\circ = 2,12 \text{ кН}; \quad (3.3)$$

$$F_2 = F \cdot \cos \alpha = 3 \cdot \cos 45^\circ = 2,1 \text{ кН}. \quad (3.4)$$

Складові F_1 і F_2 прикладемо у центрі ваги зварних швів і додамо момент:

$$M = F_1(h + 0,5 \cdot l) = 2,12 \cdot 10^3 \cdot (400 + 0,5 \cdot 700) = 159 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{мм}. \quad (3.5)$$

Напруження зрізу у швах від дії F_1 і F_2 та M такі:

$$\tau_{F_1} = F_1 / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 2,12 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 700) = 0,44 \text{ МПа}; \quad (3.6)$$

$$\tau_{F_2} = F_2 / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 2,1 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 700) = 0,43 \text{ МПа}; \quad (3.7)$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$\tau_M = M / (a \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 239,6 \cdot 10^4 / (380 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 700) = 1,7 \text{ МПа.} \quad (3.8)$$

При визначенні напруження τ_M припускають, що кожний шов навантажується силою $F_M = M / a$, яка діє вздовж швів.

Максимальне напруження буде в лівому шві:

$$\tau_{ma} = \sqrt{(\tau_{F2} + \tau_M)^2 + \tau_{F1}^2} = \sqrt{(0,43 + 1,7)^2 + (0,44)^2} = 18 \leq [\tau]'. \quad (3.9)$$

Допустиме напруження для зварних швів:

$$[\tau]' = 0,6 \cdot [\sigma]_p = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа.}$$

3.3.1.2 Вихідні дані: $l = 160\text{мм}$, $F = 3\text{кН}$, $h = 1050\text{мм}$, $a = 900\text{мм}$, $k = 5\text{мм}$, $\alpha = 45^\circ$, $[\sigma] = 160\text{МПа}$;

Розрахунок:

Силу F подамо у вигляді двох складових:

$$F_1 = F \cdot \sin \alpha = 3 \cdot \sin 45^\circ = 2,12 \text{ кН;} \quad (3.10)$$

$$F_2 = F \cdot \cos \alpha = 3 \cdot \cos 45^\circ = 2,1 \text{ кН.} \quad (3.11)$$

Складові F_1 і F_2 прикладемо у центрі ваги зварних швів і додамо момент:

$$M = F_1 (h + 0,5 \cdot l) = 2,12 \cdot 10^3 \cdot (1050 + 0,5 \cdot 160) = 239,6 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{мм.} \quad (3.12)$$

Напруження зрізу у швах від дії F_1 і F_2 та M такі:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						45
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{F1} = F_1 / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 2,12 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 160) = 1,89 \text{ МПа}; \quad (3.13)$$

$$\tau_{F2} = F_{21} / (2 \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 2,1 \cdot 10^3 / (2 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 160) = 1,875 \text{ МПа}; \quad (3.14)$$

$$\tau_M = M / (a \cdot 0,7 \cdot k \cdot l) = 239,6 \cdot 10^4 / (900 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 160) = 4,76 \text{ МПа}. \quad (3.15)$$

При визначенні напруження τ_M припускають, що кожний шов навантажується силою $F_M = M/a$, яка діє вздовж швів.

Максимальне напруження буде в лівому шві:

$$\tau_{ma} = \sqrt{(\tau_{F2} + \tau_M)^2 + \tau_{F1}^2} = \sqrt{(1,875 + 4,76)^2 + (1,89)^2} = 6,89 \leq [\tau]'. \quad (3.16)$$

Допустиме напруження для зварних швів:

$$[\tau]' = 0,6 \cdot [\sigma]_p = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа}.$$

3.3.2 Розрахунок зварних швів на зріз

Різноманітність факторів, що впливають на міцність зварних з'єднань, а також наближеність та умовність розрахункових формул обумовлюють потребу експериментального визначення допустимих напружень. Норми допустимих напружень беруть з урахуванням конкретних якісних показників зварювання та характеру навантаження швів.

Допустимі напруження для зварних швів назначають у частках від допустимого напруження розтягу $[\sigma]_p$, для основного металу.

3.3.2.1 Допустимі напруження для зварних з'єднань

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						46
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані: $F_{\max} = 3,3$ кН, $l = 700$ мм, $a = 380$ мм, $k = 5$ мм, $[\sigma] = 160$ МПа.

Розв'язання:

У з'єднанні всі чотири шви навантажуються силою F_{\max} та моментом

$$M = F_{\max} \cdot a = 3300 \cdot 380 = 125,4 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{мм}.$$

Напруження зрізу в швах від дії F_{\max} та M такі:

$$\tau_F = \frac{F_{\max}}{4 \cdot 0,7kl} = \frac{3300}{4 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 700} = 0,33 \text{ МПа}; \quad (3.17)$$

$$\tau_M = \frac{M}{W_0} = \frac{6M}{4 \cdot 0,7kl^2} = \frac{6 \cdot 125,4 \cdot 10^4}{4 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 700^2} = 10,9 \text{ МПа}. \quad (3.18)$$

У верхніх та нижніх точках кожного шва максимальне напруження зрізу

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_F^2 + \tau_M^2} = \sqrt{0,33^2 + 10,9^2} = 10,9 \text{ МПа}. \quad (3.19)$$

Допустиме напруження для зварних швів:

$$[\tau]' = 0,6 \cdot [\sigma]_p = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа}.$$

Якщо $R=0,3$ і $K_e=3,4$, то коефіцієнт зниження допустимих напружень для змінних навантажень з'єднання:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{((0,6K_e + 0,25) - (0,6K_e - 0,25)R)} = \\ &= \frac{1}{((0,6 \cdot 3,4 + 0,25) - (0,6 \cdot 3,4 - 0,25)0,3)} = 6,7 \end{aligned} \quad (3.20)$$

Якщо $\gamma > 1$, то в розрахунок беруть $\gamma = 1$. Це має місце при $R > 0$ і означає, що для даного циклу напружень вирішального значення набуває не втома, а статична

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		47

міцність. Тому для зварних швів із заданим циклічним навантаженням допустиме напруження зрізу:

$$[\tau]'_R = \gamma \cdot [\tau]' = 1 \cdot 96 = 96 \text{ МПа.}$$

Якщо $\tau_{\max} = 10,9 \text{ МПа} < [\tau]'_R = 96 \text{ МПа}$, то міцність з'єднання достатня.

3.3.2.2 Вихідні дані: $F_{\max} = 3,3 \text{ кН}$, $l = 160 \text{ мм}$, $a = 900 \text{ мм}$, $k = 5 \text{ мм}$, $[\sigma] = 160 \text{ МПа}$.

Розв'язання:

У з'єднанні всі чотири шви навантажуються силою F_{\max} та моментом

$$M = F_{\max} \cdot a = 3300 \cdot 900 = 297 \cdot 10^4 \text{ Н}\cdot\text{мм.} \quad (3.21)$$

Напруження зрізу в швах від дії F_{\max} та M такі:

$$\tau_F = \frac{F_{\max}}{4 \cdot 0,7kl} = \frac{3300}{4 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 160} = 1,5 \text{ МПа;} \quad (3.22)$$

$$\tau_M = \frac{M}{W_0} = \frac{6M}{4 \cdot 0,7kl^2} = \frac{6 \cdot 297 \cdot 10^4}{4 \cdot 0,7 \cdot 5 \cdot 160^2} = 49,7 \text{ МПа.} \quad (3.23)$$

У верхніх та нижніх точках кожного шва максимальне напруження зрізу :

$$\tau_{\max} = \sqrt{\tau_F^2 + \tau_M^2} = \sqrt{1,5^2 + 49,7^2} = 49,72 \text{ МПа.} \quad (3.24)$$

Допустиме напруження для зварних швів:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						48
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\tau]' = 0,6 \cdot [\sigma]_p = 0,6 \cdot 160 = 96 \text{ МПа.}$$

Якщо $R=0,2$ і $K_e=3,4$, то коефіцієнт зниження допустимих напружень для змінних навантажень з'єднання:

$$\begin{aligned} \gamma &= \frac{1}{((0,6K_e + 0,25) - (0,6K_e - 0,25)R)} = \\ &= \frac{1}{((0,6 \cdot 3,4 + 0,25) - (0,6 \cdot 3,4 - 0,25)0,2)} = 1,0 \end{aligned} \quad (3.25)$$

Якщо $\gamma > 1$, то в розрахунок беруть $\gamma = 1$. Це має місце при $R > 0$ і означає, що для даного циклу напружень вирішального значення набуває не втома, а статична міцність. Тому для зварних швів із заданим циклічним навантаженням допустиме напруження зрізу:

$$[\tau]'_R = \gamma \cdot [\tau]' = 1 \cdot 96 = 96 \text{ МПа.} \quad (3.26)$$

Якщо $\tau_{\max} = 49,72 \text{ МПа} < [\tau]'_R = 96 \text{ МПа}$, то міцність з'єднання достатня.

3.4 Проектування гідросистеми вібраційного верстата

3.4.1 Розрахунок втрат тиску в гідролініях та підбір гідроліній

Розрахунок втрат тиску в гідролініях нагнітання

В даній схемі є такі лінії нагнітання і лінії зливу

У лінії зливу допустима швидкість має таке значення $V_{\text{доп}} = 2 \text{ м/с}$, а в лінії нагнітання $V_{\text{доп}} = 8 \text{ м/с}$.

Визначаємо площу перерізу гідролінії зливу:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						49
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F=Q_H/V_{\text{доп}}, \quad (3.27)$$

де Q_H – номінальний потік;

$V_{\text{доп}}$ – допустима швидкість течії робочої рідини в гідро лінії.

Знаходимо величину номінального потоку для наступних наших розрахунків:

$$Q_H = q \cdot n = 8 \cdot 1500 = 12000 \text{ см}^3/\text{хв}. \quad (3.28)$$

Переведемо розмірні одиниці ($\text{см}^3/\text{хв}$) у ($\text{м}^3/\text{с}$).

$$Q_H = \frac{12000}{60 \cdot 1000} = 0,0002 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Отже, ми отримали наступні розрахункові значення площ перерізів гідроліній:

– для зливних ліній $F_{\text{зл}} = Q_H/V_{\text{доп}} = 0,0002 / 2 = 0,0001 \text{ м}^2.$

– для ліній нагнітання $F_{\text{наг}} = Q_H/V_{\text{доп}} = 0,0002 / 8 = 0,000025 \text{ м}^2.$

3.4.2. Розрахунок прохідних перерізів гідроліній F_T визначається за формулою:

Відповідно до поперечного перерізу визначаємо розрахункове та стандартне значення трубопроводів:

$$F_t = \frac{\pi d_n^2}{4}, \quad (3.29)$$

де d_n – діаметр гідро лінії нагнітання.

Визначимо діаметр гідролінії нагнітання:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						50
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата		

$$d_n = \sqrt{\frac{4F_T}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,000025}{3,14}} = 0,0056 \text{ м.} \quad (3.30)$$

Визначимо стандартний діаметр гідроліній відповідно до ГОСТ 2 Г 93– 4– 78:

$$d_n = 0,006 \text{ м.}$$

Аналогічний розрахунок виконуємо для ліній зливу:

тоді,
$$d_{\text{нзл}} = \sqrt{\frac{4F_T}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0001}{3,14}} = 0,0112 \text{ м.} \quad (3.31)$$

Визначаємо: $d_{\text{нст}} = 11,2 \text{ мм.}$

Приймаємо: $d_{\text{нст}} = 10 \text{ мм} = 0,01.$

3.4.3 Визначення режимів течії в гідролініях

Визначаємо критерій Рейеольдса:

Відомо, що

$$R_e = \frac{V_p d_{\text{нст}}}{\nu}, \quad (3.32)$$

де V_p – реальне значення швидкості,

ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості.

Відомо, що
$$V_p = Q_H / F_T. \quad (3.33)$$

Для ліній нагнітання $V_{\text{рнаг}} = Q_H / F_{\text{тнаг}} = 0,0002 / 0,000025 = 8 \text{ м/с.}$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		51

Для ліній зливу $V_{рзл} = Q_n / F_{тзл} = 0,0002 / 0,0001 = 2 \text{ м/с}$,

$$R_{енаг} = V_{рнаг} \cdot d_{стнаг} / \nu = 8 \cdot 0,006 / 40 \cdot 10^{-6} = 1200. \quad (3.34)$$

Аналогічно знаходимо число Рейнольдса для ліній зливу:

$$R_{езл} = V_{рзл} \cdot d_{стзл} / \nu = 2 \cdot 0,01 / 40 \cdot 10^{-6} = 500. \quad (3.35)$$

Число Рейнольда $R_{е(наг)} < 2300$ - ламінарний режим;

$R_{е(зл)} < 2300$ - ламінарний режим.

3.4.6 Визначення коефіцієнт втрат тиску при ламінарному режимі

Розраховуємо коефіцієнт втрат тиску у такій формі:

$$\lambda_{ламін.наг} = 64 / R_{езл} = 64 / 1200 = 0,053, \quad (3.36)$$

$\lambda_{турб}$ – коефіцієнт втрат тиску

$$\text{Для ліній зливу } \lambda_{ламін.зл} = 64 / R_{езл} = 64 / 500 = 0,128. \quad (3.37)$$

3.4.7 Визначимо шляхові втрати

Відповідно типу трубопроводу розраховуємо шляхові втрати:

$$h_T = \lambda \frac{l}{d_{ном}} \frac{V_p^2}{2g}, \quad (3.38)$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докum.	Підпис	Дата		52

λ – коефіцієнт втрат тиску;

l – довжина гідроліній.

В даній схемі довжина гідролінії не повинна бути меншою 1м. Відповідно до цього розраховуємо всі гідролінії:

Дожини гідроліній нагнітання: 2,1 м, 2,1 м, 2,1 м, 2,1 м, 1,5 м, 1,6 м, 1,6 м, 1,3 м, 1,3 м.

Дожини гідроліній нагнітання: 1,5 м, 1 м, 1 м.

Оскільки гідропривід реверсивний, то гідролінії 1,3, 1,3, можуть працювати як в нагнітальні або зливні. Виконаємо підстановку значень в попередню формулу для ліній нагнітання:

$$h_{\text{тнагн1}} = 0,053 \cdot \frac{2,1}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 60,6 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнагн2}} = 0,053 \cdot \frac{2,1}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 60,6 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнагн3}} = 0,053 \cdot \frac{2,1}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 60,6 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнагн4}} = 0,053 \cdot \frac{2,1}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 60,6 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнагн5}} = 0,053 \cdot \frac{1,5}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 42,26 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнагн6}} = 0,053 \cdot \frac{1,6}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 46,1 \text{ м},$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		53

$$h_{\text{тнзгн7}} = 0,053 \cdot \frac{1,6}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 46,1 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнзгн1}} = 0,053 \cdot \frac{1,3}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 37,49 \text{ м},$$

$$h_{\text{тнзгн1}} = 0,053 \cdot \frac{1,3}{0,006} \cdot \frac{8^2}{2 \cdot 9,8} = 37,49 \text{ м}.$$

Для ліній зливу виконаємо аналогічну операцію, тільки при розрахунку формули враховуємо, що рідина рухається в ламінарному режимі:

$$h_{\text{тзл1}} = 0,128 \cdot \frac{1,5}{0,01} \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,8} = 3,9 \text{ м},$$

$$h_{\text{тзл2}} = 0,128 \cdot \frac{1}{0,01} \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,8} = 2,6 \text{ м},$$

$$h_{\text{тзл2}} = 0,128 \cdot \frac{1}{0,01} \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,8} = 2,6 \text{ м}.$$

3.4.8 Втрати тиску визначаються за формулами:

Витрати тиску на подолання сил тертя:

$$\Delta P = h_{\text{т}} \rho g, \quad (3.39)$$

де ρ – густина,

g – прискорення вільного падіння.

Визначимо втрати тиску в гідролініях нагнітання:

$$\Delta P_1 = h_{\text{тнзгн}} \cdot \rho \cdot g = 60,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,528 \text{ МПа};$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$\Delta P_2 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 60,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,528 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_3 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 60,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,528 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_4 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 60,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,528 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_5 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 43,26 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,377 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_6 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 46,1 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,402 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_7 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 46,1 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,402 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_8 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 37,49 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,326 \text{ МПа};$$

$$\Delta P_9 = h_{\text{гнагн}} \cdot \rho \cdot g = 37,49 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,326 \text{ МПа};$$

Визначимо втрати тиску в гідролініях зливу:

$$\Delta P_{10} = h_{\text{тзл}} \cdot \rho \cdot g = 3,9 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,034 \text{ МПа}; \quad (3.40)$$

$$\Delta P_{11} = h_{\text{тзл}} \cdot \rho \cdot g = 2,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,0226 \text{ МПа}; \quad (3.41)$$

$$\Delta P_{12} = h_{\text{тзл}} \cdot \rho \cdot g = 2,6 \cdot 890 \cdot 9,8 = 0,0226 \text{ МПа}. \quad (3.42)$$

Визначаємо загальні втрати в гідролініях:

$$\Delta P = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 + \Delta P_5 + \Delta P_6 + \Delta P_7 + \Delta P_8 + \Delta P_9 + \Delta P_{10} + \quad (3.43)$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$+ \Delta P_{11} + \Delta P_{12},$$

де ΔP – загальні втрати в гідро лініях,

$\Delta P_1, \Delta P_2, \Delta P_3, \Delta P_4, \Delta P_5, \Delta P_6, \Delta P_7, \Delta P_8, \Delta P_9, \Delta P_{10}, \Delta P_{11}, \Delta P_{12}$ – втрати тиску у відповідних гідро лініях.

$$\Delta P = 0,528 + 0,528 + 0,528 + 0,528 + 0,377 + 0,402 + 0,402 + 0,326 + 0,326 + 0,034 + 0,0226 + 0,0226 = 4,0242 \text{ МПа.}$$

3.5 Розрахунок віброізоляції верстата

Завдання віброзахисту і віброізоляції в роботах розглянемо на простому прикладі системи з одним ступенем рухливості. Вал 3 може обертатися щодо жорсткого корпусу 1 і пов'язаний з ним через пружну втулку 4. З валом 3 жорстко зв'язаний двигун М, що обертає вал 2. Розглянемо коливання ланки 3 у напрямі осі ОХ (рис. 3.7).

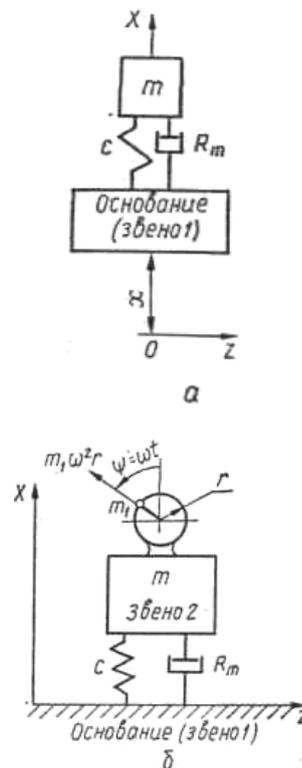


Рисунок 3.7 - Розрахункові моделі одномасової коливальної системи (а) і завдання віброізоляції джерела обурень (б)

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		56

Якщо задана поступальна вібрація ланки 1 у напрямі осі ОХ і параметри пружної втулки 4 потрібно вибрати так, щоб ланка 3 здійснювало коливання значно меншій інтенсивності в порівнянні з ланкою 1, то в цьому випадку стоїть завдання віброзахисту ланки 3. Якщо до того ж потужність джерела коливань ланки 1 така, що можна нехтувати впливом коливань ланки 3 на ланку 1, то у такому разі йдеться про кінематичне збудження коливань ланки 3. Якщо вал 3 разом з двигуном М і ланкою 2 у напрямі осі ОХ матиме жорсткість, набагато більшу, ніж жорсткість втулки 4, то розрахункова схема коливальної системи в цьому випадку може бути представлена у вигляді одномасової моделі (мал. 3.1, а), в якій маса m пов'язана з підставою (ланкою 1) за допомогою пружини жорсткістю c і демпфера з коефіцієнтом демпфування R_m .

Якщо ж джерелом вібрації є двигун М (наприклад, із-за невірноваженості ротора), передавальний обурення безпосередньо на ланку 3, і потрібно вибрати параметри пружної втулки 4 так, щоб на ланку 1 передавалося зусилля, значно менше, ніж прикладене до ланки 3, то говорять про завдання віброізоляції джерела обурень (рис. 3.7 б). Відзначимо, що найчастіше завдання віброізоляції ставиться в тих випадках, коли необхідно зменшити дію машини, що коливається, на підставу, на якій вона стоїть або по якому рухається, а також взаємний вплив однотипних пристроїв з метою виключення синхронізації їх коливань.

Як видно з рис. 3.7, а, б, при рішенні обох задач - віброзахисту і віброізоляції - необхідно досліджувати коливання одного і того ж тіла масою m з одним і тим же пружним зв'язком. Відмінність в постановці цих завдань полягає в тому, що по-різному збуджуються коливання тіла і переслідуються різні цілі: у разі віброзахисту - зменшити інтенсивність коливань маси m ; у разі віброізоляції - зменшити дію на підставу (ланка 1).

Ефективність як віброзахисту, так і віброізоляції оцінюється коефіцієнтом динамічності μ , який по суті рівний передавальній функції по відхиленню у разі віброзахисту або по обурюючій силі - у разі віброізоляції, причому:

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ док.ум.	Підпис	Дата			57

$$\mu = \frac{2hp + \omega_0^2}{p^2 + 2hp + \omega_0^2} \quad (3.44)$$

де $p = d/dt$ - оператор диференціювання;

$\omega_0 = \sqrt{c/m}$ - частота власних коливань системи;

$2h = Rm/m$.

Очевидно, що ефект віброзахисту або віброізоляції буде досягнутий, якщо $|\mu| < 1$.

Вирішимо цю нерівність, враховуючи, що при вимушених коливаннях з частотою ω , де ω_0 - кругова частота обурення (кінематичного або силового).

Знаходимо модуль коефіцієнта динамічності:

$$|\mu| = \left[\frac{\omega_0^4 + 4h^2\omega^2}{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4h^2\omega^2} \right]^{1/2} = \left[\frac{1 + 4 \cdot 0.011^2 \cdot 1.7^2}{(1 - 1.7^2)^2 + 4 \cdot 0.11^2 \cdot 1.7^2} \right]^{1/2} = 0.52 \quad (3.4)$$

Введемо безрозмірні величини - $\lambda = \frac{\omega}{\omega_0}$ частоту і демпфування $\nu = h/\omega_0$, і

з урахуванням (2) нерівність $|\mu| < 1$ прийме вигляд:

$$|\mu| = \left[\frac{1 + 4\nu^2\lambda^2}{(1 - \lambda^2)^2 + 4\nu^2\lambda^2} \right]^{1/2} < 1, \quad (3.46)$$

звідки $\lambda^2(\lambda^2 - 2) > 0$.

Рішення останньої нерівності:

$$\lambda > \sqrt{2} \quad \text{або} \quad \omega > \omega_0 \sqrt{2}. \quad (3.47)$$

Отже, для забезпечення віброзахисту або віброізоляції параметри коливальної системи повинні бути вибрані такими, щоб частота власних

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		58

коливань системи була, як мінімум, в $\sqrt{2}$ раз менше частоти обурення як при кінематичному, так і при силовому збудженні коливань.

Залежність модуля коефіцієнта динамічності від частоти обурення показана на рис. 3.8.

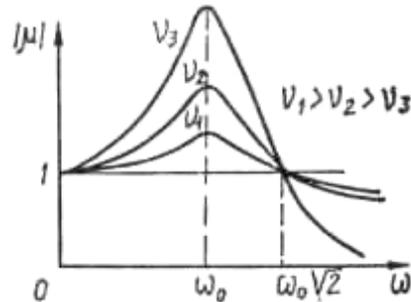


Рис 3.8 - Залежність модуля коефіцієнта динамічності від частоти коливань

Як видно з рис. 3.8, якщо частота обурення менше значення $\omega_0\sqrt{2}$, то коефіцієнт динамічності $|\mu| < 1$, тобто в діапазоні частот $0 < \omega < \omega_0\sqrt{2}$ система віброзахисту або віброізоляції підсилює відповідні коливання тіла або реакцію підстави. Причому чим менше демпфування, тим посилення коливань більше і досягає максимуму при резонансі. У діапазоні ж частот $\omega_0\sqrt{2} < \omega < \infty$ завжди $|\mu| < 1$ і спостерігається зворотна залежність: чим більший коефіцієнт $\nu = h/\omega_0$ рідинного тертя, тим придушення коливань слабкіше.

Відзначимо, що розглянуте просте завдання віброзахисту і віброізоляції. При необхідності повнішого опису динаміки промислових роботів з системами віброзахисту або віброізоляції завдання ускладнюється в наступних напрямках: розглядаються коливання робота як системи з багатьма ступенями рухливості; обурення представляються як випадкові коливання; враховуються нелінійності пружних характеристик елементів і нелінійний характер розсіювання енергії; розглядаються нелінійні зв'язані просторові коливання окремих ланок, механізмів і в цілому багатоланкових ПР; враховується взаємодія тіла, що коливається, з джерелом збудження коливань, що має обмежену потужність.

3.6 Розрахунок підшипника ковзання

Проведемо перевірку підшипника ковзання, встановленого в механізмі напрямних верстата вібраційного. Розміри вкладиша: $d = 50$ мм $l = 250$ мм. Лінійне навантаження на підшипник $F_l = 2$ кН. Матеріал вкладиша- Сталь 30, матеріал напрямної - сталь 45.

Основний критерій робото-здатності підшипника ковзання - зносостійкість, тобто опір зношуванню і заїданню. Більшість підшипників ковзання працюють в умовах недосконалого змазування; теорія розрахунку при цьому режимі відсутня. Тому розрахунок проводять умовно по середньому тиску на поверхні підшипника і по нормальному тепловому режиму (без заїдання).

Розрахунок по середньому тиску p_{cp} на поверхнях, що труться, гарантує невидавлюваність змащувального матеріалу, а тепловий розрахунок і перевірка по критерію $p_{cp}v$ - нормальний тепловий режим і відсутність заїдання. При цьому повинні виконуватися умови:

$$p_{cp} = F_p / S = \frac{2 \cdot 10}{12500} = 0.16 \text{ МПа} \leq [p_{cp}], \quad (3.48)$$

$$p_{cp}v \leq [p_{cp}v], \quad (3.49)$$

де F_p - радіальне навантаження на підшипник;

S - площа проекції цапфи на площину, що проходить через вісь валу;

v - окружна швидкість контактуючої поверхні валу.

Площа проекції визначається по формулі:

$$S = dl = 250 \cdot 50 = 12500 \text{ мм}^2, \quad (3.50)$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
						60
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

де d та l - відповідно діаметр і довжина шийки валу. Для більшості підшипників $l = (0,5... 1,2) d$.

Перевірку підшипника на нагрів і відсутність заїдання проводимо по формулі:

$$p_{cp} v = 0.16 \cdot 0.2 = 0.032 \text{ МПа} .$$

Умова виконується. Отже, підшипник для заданого режиму роботи придатний.

3.7 Висновки до третього розділу

В цьому розділі були зроблені розрахунки на міцність та силові розрахунки елементів конструкції вібраційного верстата. Результати прорахованих параметрів показали, що верстат досить міцний і забезпечує необхідну силу пресування для виготовлення якісних виробів.

Спроектовано гідростанцію вібраційного верстата, визначено основні її параметри.

На підставі математичної моделі рухомої частини верстата встановлено оптимальні параметри віброізоляційних елементів пристроїв.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		61

продовження табл. 4.1

6	Ринок малий і не має позитивної динаміки	Ринок малий, але має позитивну динаміку	Середній ринок з позитивною динамікою	Великий стабільний ринок	Великий ринок з позитивною динамікою
7	Активна конкуренція великих компаній на ринку	Активна конкуренція	Помірна конкуренція	Незначна конкуренція	Конкурентів немає
Практична здійсненність					
8	Відсутні фахівці як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї	Необхідно наймати фахівців або витратити значні кошти та час на навчання наявних фахівців	Необхідне незначне навчання фахівців та збільшення їх штату	Необхідне незначне навчання фахівців	Є фахівці з питань як з технічної, так і з комерційної реалізації ідеї
9	Потрібні значні фінансові ресурси, які відсутні. Джерела фінансування ідеї відсутні	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування відсутні	Потрібні значні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Потрібні незначні фінансові ресурси. Джерела фінансування є	Не потребує додаткового фінансування
10	Необхідна розробка нових матеріалів	Потрібні матеріали, що використовуються у військово-промисловому комплексі	Потрібні дорогі матеріали	Потрібні досяжні та дешеві матеріали	Всі матеріали для реалізації ідеї відомі та давно використовуються у виробництві
11	Термін реалізації ідеї більший за 10 років	Термін реалізації ідеї більший за 5 років. Термін окупності інвестицій більше 10-ти років	Термін реалізації ідеї від 3-х до 5-ти років. Термін окупності інвестицій більше 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій від 3-х до 5-ти років	Термін реалізації ідеї менше 3-х років. Термін окупності інвестицій менше 3-х років
12	Необхідна розробка регламентних документів та отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту	Необхідно отримання великої кількості дозвільних документів на виробництво та реалізацію продукту, що вимагає значних коштів та часу	Процедура отримання дозвільних документів для виробництва та реалізації продукту вимагає незначних коштів та часу	Необхідно тільки повідомлення відповідним органам про виробництво та реалізацію продукту	Відсутні будь-які регламентні обмеження на виробництво та реалізацію продукту

Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата

08-62.МКР.007.00.000.ПЗ

Арк

63

Таблиця 4.2 – Рівні комерційного потенціалу розробки

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

В таблиці 4.3 наведено результати оцінювання експертами комерційного потенціалу розробки.

Таблиця 4.3 – Результати оцінювання комерційного потенціалу розробки

Критерії	Прізвище, ініціали, посада експерта		
	Обертюх Р. Р.	Слабкий А. В.	Сивак Р. І.
	Бали, виставлені експертами:		
1	2	2	3
2	2	3	3
3	3	3	3
4	4	4	3
5	2	3	4
6	4	5	5
7	3	2	2
8	3	3	3
9	3	3	3
10	3	3	3
11	3	4	4
12	3	3	3
Сума балів	35	38	39
Середньоарифметична сума балів $\overline{СБ}$	37,3		

Середньоарифметична оцінка, отримана на основі експертних висновків, становить 37,3 бали, і згідно з таблицею 4.2, це вказує на рівень вище середнього комерційного потенціалу результатів проведених досліджень.

Користувачами результатів магістерської кваліфікаційної роботи є підприємства та установи, які проєктують та експлуатують обладнання для формування виробів з сипучих матеріалів.

Проведемо оцінку якості і конкурентоспроможності нової розробки порівняно з аналогом.

В якості аналога для розробки було обрано механічний комплекс ПМ. Основними недоліками аналога є низька продуктивність та мала автоматизація. Також до недоліків можна віднести наявність додаткової гідроапаратури.

У розробці дана проблема вирішується за рахунок розробки нової конструкції напівавтомата для пресування напівсухих сумішей.

В таблиці 4.4 наведені основні техніко-економічні показники аналога і нової розробки.

Проведемо оцінку якості продукції, яка є найефективнішим засобом забезпечення вимог споживачів та порівняємо її з аналогом.

Таблиця 4.4 – Основні параметри нової розробки та товару-конкурента

Показник	Варіанти		Відносний показник якості	Коефіцієнт вагомості параметра
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)		
1	2	3	4	5
Продуктивність, шт/цикл	2	12	6	30%
Потужність е/д, кВт	5,5	4	1,4	25%
Частота обертання е/д, об/хв	1500	1500	1	20%
Кількість технолог. машин	1	1	1	15%
Кількість обсл. персоналу	1	1	1	10%

Визначимо відносні одиничні показники якості по кожному параметру за формулами (4.1) та (4.2) і занесемо їх у відповідну колонку табл. 4.5.

$$q_i = \frac{P_{Hi}}{P_{Bi}} \quad (4.1)$$

або

$$q_i = \frac{P_{Bi}}{P_{Hi}} \quad (4.2)$$

де P_{Hi} , P_{Bi} – числові значення i -го параметру відповідно нового і базового виробів.

$$q_1 = \frac{12}{2} = 6;$$

$$q_2 = \frac{5,5}{4} = 1,4;$$

$$q_3 = \frac{1500}{1500} = 1;$$

$$q_4 = \frac{1}{1} = 1;$$

$$q_5 = \frac{1}{1} = 1.$$

Відносний рівень якості нової розробки визначаємо за формулою:

$$K_{я.в.} = \sum_{i=1}^n q_i \cdot \alpha_i \quad (4.3)$$

$$K_{я.в.} = 6 \cdot 0,3 + 1,4 \cdot 0,25 + 1 \cdot 0,2 + 1 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,1 = 2,6$$

Відносний коефіцієнт показника якості нової розробки більший одиниці, отже нова розробка якісніший базового товару-конкурента.

Наступним кроком є визначення конкурентоспроможності товару. Конкурентоспроможність товару є головною умовою конкурентоспроможності підприємства на ринку і важливою основою прибутковості його діяльності.

Однією із умов вибору товару споживачем є збіг основних ринкових характеристик виробу з умовними характеристиками конкретної потреби

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		66

покупця. Такими характеристиками найчастіше вважають нормативні та технічні параметри, а також ціну придбання та вартість споживання товару.

В табл. 4.5 наведено технічні та економічні показники для розрахунку конкурентоспроможності нової розробки відносно товару-аналога, технічні дані взяті з попередніх розрахунків.

Таблиця 4.5 – Нормативні, технічні та економічні параметри нової розробки і товару-виробника

Показники	Варіанти	
	Базовий (товар-конкурент)	Новий (інноваційне рішення)
1	2	3
1. Нормативно-технічні показники		
Продуктивність, шт/цикл	2	12
Потужність е/д, кВт	5,5	4
Частота обертання е/д, об/хв	1500	1500
Кількість технолог. машин	1	1
Кількість обсл. персоналу	1	1
2. Економічні показники		
Ціна придбання, грн	20 000	13750

Загальний показник конкурентоспроможності інноваційного рішення (K) з урахуванням вищезазначених груп показників можна визначити за формулою:

$$K = \frac{I_{m.n.}}{I_{e.n.}}, \quad (4.4)$$

де $I_{m.n.}$ – індекс технічних параметрів; $I_{e.n.}$ – індекс економічних параметрів.

Індекс технічних параметрів є відносним рівнем якості інноваційного рішення. Індекс економічних параметрів визначається за формулою (4.5)

$$I_{e.n.} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{Hei}}{\sum_{i=1}^n P_{Bei}}, \quad (4.5)$$

де P_{Hei} , P_{Bei} – економічні параметри (ціна придбання та споживання товару) відповідно нового та базового товарів.

$$I_{e.n.} = \frac{13750}{20000} = 0,68;$$

$$K = \frac{2,6}{0,68} = 3,8.$$

Зважаючи на розрахунки, можна зробити висновок, що нова розробка буде конкурентоспроможніше, ніж конкурентний товар.

4.2 Прогнозування витрат на виконання науково-дослідної роботи

Витрати, пов'язані з проведенням науково-дослідної роботи групуються за такими статтями: витрати на оплату праці, витрати на соціальні заходи, матеріали, паливо та енергія для науково-виробничих цілей, витрати на службові відрядження, програмне забезпечення для наукових робіт, інші витрати, накладні витрати.

1. Основна заробітна плата кожного із дослідників Z_0 , якщо вони працюють в наукових установах бюджетної сфери визначається за формулою:

$$Z_0 = \frac{M}{T_p} * t \text{ (грн)} \quad (4.6)$$

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

T_p – число робочих днів в місяці; приблизно $T_p \approx 21...23$ дні;

t – число робочих днів роботи дослідника.

Зведемо сумарні розрахунки до таблиця 4.6.

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
							68
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

Таблиця 4.6 – Заробітна плата дослідника в науковій установі бюджетної сфери

Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн.	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату грн.
Керівник	18000	857,1	5	4286
Інженер	20000	952,4	20	19048
Всього				23333

2. Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) за відповідними найменуваннями робіт розраховують за формулою:

3.

$$Z_p = \sum_{i=1}^n C_i \cdot t_i, \quad (4.7)$$

де C_i – погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, за виконану відповідну роботу, грн/год;

t_i – час роботи робітника на виконання певної роботи, год.

Погодинну тарифну ставку робітника відповідного розряду C_i можна визначити за формулою:

$$C_i = \frac{M_M \cdot K_i \cdot K_c}{T_p \cdot t_{зм}}, \quad (4.8)$$

де M_M – розмір прожиткового мінімуму працездатної особи або мінімальної місячної заробітної плати (залежно від діючого законодавства), грн;

K_i – коефіцієнт міжкваліфікаційного співвідношення для встановлення тарифної ставки робітнику відповідного розряду;

K_c – мінімальний коефіцієнт співвідношень місячних тарифних ставок робітників першого розряду з нормальними умовами праці виробничих об'єднань

і підприємств до законодавчо встановленого розміру мінімальної заробітної плати.

T_p – середня кількість робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \dots 23$ дні;

$t_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Таблиця 4.7 – Величина витрат на основну заробітну плату робітників

Найменування робіт	Тривалість роботи, год	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн	Величина оплати на робітника, грн
1. Підготовчі	4	3	64,3	257,1
2. Монтажні	6	4	71,4	428,6
3. Інтеграційні	8	5	81,0	647,6
4. Налагоджувальні	5	5	81,0	404,8
5. Випробувальні	3	4	71,4	214,3
Всього				1952,4

4. Розрахунок додаткової заробітної плати робітників

Додаткова заробітна плата Z_d всіх розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технічного рішення розраховується як 10 - 12 % від основної заробітної плати робітників.

На даному підприємстві додаткова заробітна плата начисляється в розмірі 11% від основної заробітної плати.

$$Z_d = (Z_o + Z_p) * \frac{H_{дод}}{100\%} \quad (4.9)$$

$$Z_d = 0,11 * (23333 + 1952,4) = 2781,43 \text{ (грн)}$$

4. Нарахування на заробітну плату $H_{зп}$ дослідників та робітників, які брали участь у виконанні даного етапу роботи, розраховуються за формулою (4.10):

$$H_{зп} = (Z_o + Z_p + Z_d) * \frac{\beta}{100} \text{ (грн)} \quad (4.10)$$

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			70

де Z_0 – основна заробітна плата розробників, грн.;

Z_d – додаткова заробітна плата всіх розробників та робітників, грн.;

Z_p – основну заробітну плату робітників, грн.;

β – ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування, % .

Дана діяльність відноситься до бюджетної сфери, тому ставка єдиного внеску на загальнообов'язкове державне соціальне страхування буде складати 22%, тоді:

$$H_{ЗП} = (23333 + 1952,4 + 2781,43) * \frac{22}{100} = 6174,77 \text{ (грн)}$$

5. Сировина та матеріали.

До статті «Сировина та матеріали» належать витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, інструменти, пристрої та інші засоби й предмети праці, які придбані у сторонніх підприємств, установ і організацій та витрачені на проведення досліджень за прямим призначенням згідно з нормами їх витрачання, а також витрачені придбані напівфабрикати, що підлягають монтажу або виготовленню й додатковій обробці в цій організації, чи дослідні зразки, що виготовляються виробниками за документацією наукової організації.

Витрати на матеріали (М) у вартісному вираженні розраховуються окремо для кожного виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^n H_j \cdot Ц_j \cdot K_j - \sum_{i=1}^n B_j \cdot Ц_{Bj}, \quad (4.11)$$

де H_j – норма витрат матеріалу j -го найменування, кг;

n – кількість видів матеріалів;

$Ц_j$ – вартість матеріалу j -го найменування, грн/кг;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$);

B_j – маса відходів j -го найменування, кг;

$Ц_{Bj}$ – вартість відходів j -го найменування, грн/кг.

Проведені розрахунки зведені в таблицю 4.8.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		71

Таблиця 4.8 – Витрати на матеріали

Найменування матеріалу, марка, тип, сорт	Ціна за 1 кг, грн	Норма витрат, шт	Вартість витраченого матеріалу, грн
Лист сталевий, Ст.3	5	10	50
Труба, Ст3	10	15	150
Прокат, сталь 45	15	40	600
Штамповки, сталь 18ХГТ	20	12	240
Сталь 40Х	45	2	90
З врахуванням коефіцієнта транспортування			1243

6. Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі вироби (K_6), які використовують при дослідженні нового технічного рішення, розраховуються, згідно з їхньою номенклатурою, за формулою:

$$K_6 = \sum_{j=1}^n H_j \cdot C_j \cdot K_j \quad (4.12)$$

де H_j – кількість комплектуючих j -го виду, шт.;

C_j – покупна ціна комплектуючих j -го виду, грн;

K_j – коефіцієнт транспортних витрат, ($K_j = 1,1 \dots 1,15$).

Проведені розрахунки бажано звести до таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість, шт.	Ціна за штуку, грн	Сума, грн
Кріпильні деталі	1,5	58	87
Штуцери	12	6	72
Всього з врахуванням транспортних витрат			174,90

7. Амортизація обладнання, програмних засобів та приміщень

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

$$A_{обл} = \frac{Ц_{б}}{T_{е}} \cdot \frac{t_{вик}}{12}, \quad (4.13)$$

де $Ц_{б}$ – балансова вартість обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, які використовувались для проведення досліджень, грн;

$t_{вик}$ – термін використання обладнання, програмних засобів, приміщень під час досліджень, місяців;

$T_{е}$ – строк корисного використання обладнання, програмних засобів, приміщень тощо, років.

Проведені розрахунки необхідно звести до таблиці 4.10.

Таблиця 4.10 – Амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн	Строк корисного використання, років	Термін використання обладнання, місяців	Амортизаційні відрахування, грн
комп'ютер	48000	2	1	2000,00
Верстат вібраційний	27500	4	1	572,92
Всього				2572,92

8. До статті «Паливо та енергія для науково-виробничих цілей» відносяться витрати на всі види палива й енергії, що безпосередньо використовуються з технологічною метою на проведення досліджень.

$$B_e = \sum_{i=1}^n \frac{W_{yt} \cdot t_i \cdot Ц_e \cdot K_{впi}}{\eta_i} \quad (4.14)$$

де W_{yt} – встановлена потужність обладнання на певному етапі розробки, кВт;

t_i – тривалість роботи обладнання на етапі дослідження, год;

C_e – вартість 1 кВт-години електроенергії, грн;

$K_{впі}$ – коефіцієнт, що враховує використання потужності, $K_{впі} < 1$;

η_i – коефіцієнт корисної дії обладнання, $\eta_i < 1$.

Для написання магістерської роботи використовується персональний комп'ютер для якого розрахуємо витрати на електроенергію.

$$B_e = \frac{0,9 \cdot 180 \cdot 12,69 \cdot 0,5}{0,8} = 1284,86$$

9. Службові відрядження.

Витрати за статтею «Службові відрядження» розраховуються як 20...25% від суми основної заробітної плати дослідників та робітників за формулою:

$$B_{св} = (З_о + З_р) * \frac{H_{св}}{100\%}, \quad (4.15)$$

де $H_{св}$ – норма нарахування за статтею «Службові відрядження».

$$B_{св} = 0,2 * (23333 + 1952,4) = 5057,14$$

10. Накладні (загальновиробничі) витрати $B_{взв}$ охоплюють: витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо. Накладні (загальновиробничі) витрати $B_{взв}$ можна прийняти як (100...150)% від суми основної заробітної плати розробників та робітників, які виконували дану МКНР, тобто:

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		74

$$B_{\text{НЗВ}} = (3_o + 3_p) \cdot \frac{H_{\text{НЗВ}}}{100\%}, \quad (4.16)$$

де $H_{\text{НЗВ}}$ – норма нарахування за статтею «Інші витрати».

$$B_{\text{НЗВ}} = (23333 + 1952,4) \cdot \frac{100}{100\%} = 25285,71 \text{ грн}$$

Сума всіх попередніх статей витрат дає витрати, які безпосередньо стосуються даного розділу МКНР

$$B = 23333 + 1952,4 + 2781,43 + 6174,77 + 1243 + 174,90 + 2572,92 + 1284,86 + 5057,14 + 25285,71 = 69860,45 \text{ грн}$$

Прогнозування загальних витрат ЗВ на виконання та впровадження результатів виконаної МКНР здійснюється за формулою:

$$ЗВ = \frac{B}{\eta}, \quad (4.17)$$

де η – коефіцієнт, який характеризує стадію виконання даної НДР.

Оскільки, робота знаходиться на стадії науково-дослідних робіт, то коефіцієнт $\beta = 0,7$.

Звідси:

$$ЗВ = \frac{69860,45}{0,7} = 99800,64 \text{ грн.}$$

4.3 Розрахунок економічної ефективності науково-технічної розробки

У даному підрозділі кількісно спрогнозуємо, яку вигоду, зиск можна отримати у майбутньому від впровадження результатів виконаної наукової роботи. Розрахуємо збільшення чистого прибутку підприємства $\Delta\Pi_i$, для кожного із

						08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
							75
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			

років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки, за формулою

$$\Delta\Pi_i = \sum_1^n (\Delta\Pi_o \cdot N + \Pi_o \cdot \Delta N)_i \cdot \lambda \cdot \rho \cdot \left(1 - \frac{\nu}{100}\right) \quad (4.18)$$

де $\Delta\Pi_o$ – покращення основного оціночного показника від впровадження результатів розробки у даному році.

N – основний кількісний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році до впровадження результатів наукової розробки;

ΔN – покращення основного кількісного показника діяльності підприємства від впровадження результатів розробки:

Π_o – основний оціночний показник, який визначає діяльність підприємства у даному році після впровадження результатів наукової розробки;

n – кількість років, протягом яких очікується отримання позитивних результатів від впровадження розробки:

λ – коефіцієнт, який враховує сплату податку на додану вартість. Ставка податку на додану вартість дорівнює 20%, а коефіцієнт $\lambda = 0,8333$.

ρ – коефіцієнт, який враховує рентабельність продукту. $\rho = 0,25$;

ν – ставка податку на прибуток. У 2025 році – 18%.

Припустимо, що ціна зросте на 1000 грн. Кількість одиниць реалізованої продукції також збільшиться: протягом першого року на 70 шт., протягом другого року – на 85 шт., протягом третього року на 90 шт. Реалізація продукції до впровадження розробки складала 1 шт., а її ціна до 13750 грн. Розрахуємо прибуток, яке отримає підприємство протягом трьох років.

$$\begin{aligned} \Delta\Pi_1 &= [1000 \cdot 1 + (13750 + 1000) \cdot 70] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ &= 176549,19 \text{ грн.} \end{aligned}$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		76

$$\Delta\Pi_2 = [1000 \cdot 1 + (13750 + 1000) \cdot (70 + 85)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ = 391552,09 \text{ грн.}$$

$$\Delta\Pi_3 = [1000 \cdot 1 + (13750 + 1000) \cdot (70 + 85 + 90)] \cdot 0,833 \cdot 0,25 \cdot \left(1 + \frac{18}{100}\right) \\ = 618324,26 \text{ грн.}$$

4.4 Розрахунок ефективності вкладених інвестицій та періоду їх окупності

Розрахуємо основні показники, які визначають доцільність фінансування наукової розробки певним інвестором, є абсолютна і відносна ефективність вкладених інвестицій та термін їх окупності.

Розрахуємо величину початкових інвестицій PV , які потенційний інвестор має вкласти для впровадження і комерціалізації науково-технічної розробки.

$$PV = k_{\text{інв}} \cdot ЗВ, \quad (4.19)$$

$k_{\text{інв}}$ – коефіцієнт, що враховує витрати інвестора на впровадження науково-технічної розробки та її комерціалізацію. Це можуть бути витрати на підготовку приміщень, розробку технологій, навчання персоналу, маркетингові заходи тощо ($k_{\text{інв}} = 2 \dots 5$).

$$PV = 2 \cdot 99800,64 = 199601,29$$

Розрахуємо абсолютну ефективність вкладених інвестицій $E_{\text{абс}}$ згідно наступної формули:

$$E_{\text{абс}} = (ПП - PV) \quad (4.20)$$

де $ПП$ – приведена вартість всіх чистих прибутків, що їх отримає підприємство від реалізації результатів наукової розробки, грн.;

$$ПП = \sum_{i=1}^T \frac{\Delta\Pi_i}{(1+\tau)^i}, \quad (4.21)$$

де $\Delta\Pi_i$ – збільшення чистого прибутку у кожному із років, протягом яких виявляються результати виконаної та впровадженої НДЦКР, грн.;

T – період часу, протягом якого виявляються результати впровадженої НДЦКР, роки;

τ – ставка дисконтування, за яку можна взяти щорічний прогнозований рівень інфляції в країні; для України цей показник знаходиться на рівні 0,2;

t – період часу (в роках).

$$ПП = \frac{176549,19}{(1+0,2)^1} + \frac{391552,09}{(1+0,2)^2} + \frac{618324,26}{(1+0,2)^3} = 778526,34 \text{ грн.}$$

$$E_{\text{абс}} = (778526,34 - 199601,29) = 578925,06 \text{ грн.}$$

Оскільки $E_{\text{абс}} > 0$ то вкладання коштів на виконання та впровадження результатів НДЦКР може бути доцільним.

Розрахуємо відносну (щорічну) ефективність вкладених в наукову розробку інвестицій $E_{\text{в}}$. Для цього користуються формулою:

$$E_{\text{в}} = \sqrt[T_{\text{жс}}]{1 + \frac{E_{\text{абс}}}{PV}} - 1, \quad (4.22)$$

$T_{\text{жс}}$ – життєвий цикл наукової розробки, роки.

$$E_{\text{в}} = \sqrt[3]{1 + \frac{578925,06}{199601,29}} - 1 = 0,89 = 89\%$$

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		78

Визначимо мінімальну ставку дисконтування, яка у загальному вигляді визначається за формулою:

$$\tau = d + f, \quad (4.23)$$

де d – середньозважена ставка за депозитними операціями в комерційних банках; в 2025 році в Україні $d = (0,14 \dots 0,2)$;

f – показник, що характеризує ризикованість вкладень; зазвичай, величина $f = (0,05 \dots 0,1)$.

$$\tau_{\min} = 0,18 + 0,05 = 0,23$$

Так як $E_e > \tau_{\min}$ то інвестор може бути зацікавлений у фінансуванні даної наукової розробки.

Розрахуємо термін окупності вкладених у реалізацію наукового проекту інвестицій за формулою:

$$T_{ок} = \frac{1}{E_e} \quad (4.24)$$

$$T_{ок} = \frac{1}{0,89} = 1,1 \text{ роки}$$

Так як $T_{ок} \leq 3 \dots 5$ -ти років, то фінансування даної наукової розробки в принципі є доцільним.

4.5 Висновки до економічного розділу

Результати здійсненого технологічного аудиту вказують на рівень вище середнього комерційного потенціалу. У порівнянні з аналогічним виробом

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		79

виявлено, що нова розробка вищої якості і більш конкурентоспроможна, як з технічних, так і економічних позначень.

Вкладені інвестиції в даний проект окупляться через 1,1 роки. Загальні витрати складають 99800,64 грн. Прибуток за три роки складає 778526,34 грн.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		80

ВИСНОВКИ

1. На підставі порівняльного аналізу техніко-економічних показників існуючого обладнання, для виготовлення виробів із напівсухих сумішів та розробленої конструкції обґрунтовано вибір теми МКР.

2. Проаналізовано конструкції вібраційних машин та машин віброударної дії, що дозволило встановити шляхи пошуку раціональної схеми вібраційного верстата.

3. Проведено баговаріантний аналіз вібраційних машин з дебалансним приводом і запропонована конструкція вібраційного верстата, що забезпечує задані параметри для процесу для формування виробів з напівсухих сумішів.

4. Виконано силові розрахунки та розрахунки елементів конструкції на міцність, що дало змогу визначити їх конструктивні параметри.

5. Спроектовано гідростанцію вібраційного верстата, визначено основні її параметри.

6. На підставі математичної моделі рухомої частини верстата встановлено оптимальні параметри віброізоляційних елементів пристроїв.

7. В економічному розділі проведено розрахунок капітальних витрат на розробку вібраційного верстата та розраховано очікуваний економічний ефект від впровадження, що підтверджує доцільність виконаних практичних робіт.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		81

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія виробництва матеріалів і виробів будівельного призначення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. Програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спец. 133 «Галузеве машинобудування», / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.Ю.Щербина, Д.Г. Швачко, Л.Н.Гур'єва. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 188 с. - Режим доступу: file:///C:/Users/GM%20Admin/Downloads/TVMVBP_2024.pdf
2. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с
3. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підрч. – 2-е вид. Перероб. – Львів: Афіша, 2003. – 560с.
4. Павленко В. С. Зубчасті передачі в машинобудуванні : навчальний посібник/ В. С. Павленко, Б. Ф. Ліщинський, В. О. Пішенін. – К. : НМК ВО, 1992. – 114 с.
5. Обертюх Р. Р. Деталі машин : лабораторний практикум / Р. Р. Обертюх, Л. К. Поліщук, А. В. Слабкий – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 91 с
6. Малащенко В. О. Деталі машин : Курсове проектування / В. О. Малащенко В. В. Янків – Львів : Новий світ, 2000, 2004. – 234 с.
7. Павлице В. Т. Підшипники кочення / В. Т. Павлице – Львів : Інтелект – Захід, 2001. – 148 с.
8. Павлице В. Т. Різьби, різьбові з'єднання та кріпильні деталі : довідник / В. Т. Павлице, Я. Я. Данило – Львів : Інтелект – Захід, 2001. – 239 с.
9. Чернілевський Д. В. Технічна механіка. кн. 4. Деталі машин : підручник / Чернілевський Д. В., Павленко В. С., Любін М. В. ; за ред. Д. В. Чернілевського. – К. : НМК ВО, 1992. – 360 с. 10.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		82

10. Мархель І. І. Деталі машин : навч. посібник / І. І. Мархель – К. : Алерта, 2005. – 368 с
11. Динаміка машин : навчальний посібник / В. С. Ловейкін, Ю. О. Ромасевич. - К. : ЦП "Компринт", 2013. - 227 с.
12. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.
13. Моделювання динаміки механізмів вантажопідйомних машин / В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, М.Г. Діктерук, С.І. Пастушенко – К.–Миколаїв: РВВ МДАУ, 2004. – 286 с.
14. Ловейкін В.С. Теорія технічних систем / В.С. Ловейкін, І.І. Назаренко, О.Г. Онищенко. – К. - Полтава: ІЗМН-ПДТУ, 1998. –175 с.
15. Розробка вібровідцентрового змішувача для виробництва сипких субстанцій І.П. Паламарчук, В.П. Янович, Ю.О. Михальова - Техніка, енергетика, транспорт АПК.-2017.-№ 1 (96) 2019. с. 104-107.
16. Ланець О. Основи розрахунку та конструювання вібраційних машин. Книга 1. Теорія та практика створення вібраційних машин з гармонійним рухом робочого органу: навч. посібник / О. Ланець. –Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2018. –612 с.
17. Поліщук Л. К. Динаміка вмонтованого гідроприводу мобільних машин: монографія / Л. К. Поліщук. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 240 с.
18. Методичні вказівки до виконання економічної частини магістерських кваліфікаційних робіт / Уклад. : В. О. Козловський, О. Й. Лесько, В. В. Кавецький. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 42 с.
19. Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. М. Васілевський, Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2019 – 32 с.

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		83

ДОДАТКИ

					08-62.МКР.007.00.000.ПЗ	Арк
Змн.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		84

Додаток А
(Обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

**ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ**

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Л. К. Поліщук
«16» _____ 10 _____ 2025р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
на магістерську кваліфікаційну роботу
ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ
08-62.МКР.007.00.000 ПЗ

Керівник роботи:

к.т.н., доцент

Шенфельд В.Й.

Розробив: ст. гр. 1ГМ-24м

Никитюк О.П.

м. Вінниця 2025 р.

1. Найменування і область застосування

Пристрій призначений для формування виробів з сипучих матеріалів.

2. Підстави для розробки

Індивідуальне завдання на МКР, затверджене наказом по ВНТУ № 313 від «24» вересня 2025 р.

3. Мета та призначення розробки

Метою роботи є підвищення техніко-економічних показників вібраційного верстата, зокрема, енергомісткості та металомісткості, за рахунок застосування спроектованої гідростанції.

4. Джерела розробки

Розробка виконується на основі вивчення патентних та науково-технічних матеріалів відомих конструкцій. Відомі конструкції вібраційних верстатів для формування виробів з сипучих матеріалів наведені в роботах:

1. Технологія виробництва матеріалів і виробів будівельного призначення [Електронний ресурс] : навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. Програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання» спец. 133 «Галузеве машинобудування», / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.Ю.Щербина, Д.Г. Швачко, Л.Н.Гур'єва. – Електрон. текст. дані (1 файл). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 188 с. - Режим доступу: file:///C:/Users/GM%20Admin/Downloads/TVMVBP_2024.pdf
2. Якименко О. В. Технологія будівельного виробництва : навч. посібник / О. В. Якименко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. – 411 с
3. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин: Підрч. – 2-е вид. Перероб. – Львів: Афіша, 2003. – 560с.

4. Поліщук Л. К. Динаміка вмонтованого гідроприводу мобільних машин: монографія / Л. К. Поліщук. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 240 с.
5. Положення про кваліфікаційну роботу у Вінницькому національному технічному університеті / Уклад. О. М. Васілевський, Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий, Т. О. Савчук, Л. П. Громова – Вінниця : ВНТУ, 2019 – 32 с.
6. Положення про кваліфікаційні роботи / Уклад. А.О. Семенов – Вінниця: ВНТУ, 2021 – 80 с.

5. Технічні вимоги

5.1 Показники гідравлічного приводу вібраційного верстата для формування виробів з сипучих матеріалів:

1. Тиск енергоносія, МПа - 15;
2. Діаметр поршня, мм – 50;
3. Діаметр штока, мм – 25;
4. Допустима швидкість робочої рідини в лінії зливу, м/с – 2;
5. Допустима швидкість робочої рідини в лінії нагнітання, м/с – 8.

5.2 Вимоги до надійності

- довговічність – 5000 год;
- напрацювання на відмову – 1500 год.
- ресурс, кількість циклів, млн. – 10

5.3. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При розробці вібраційного верстата необхідно по можливості максимально використовувати стандартні вироби та уніфіковані деталі для різних вузлів.

6. Економічні показники

Очікуваний економічний ефект при впровадженні преса у виробництво складає 778526,34 грн. Це дасть змогу окупити вкладені на розробку кошти за 1,1 року, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4 ... 5 років.

7. Стадії і етапи розробки проекту

- 1) техніко-економічне обґрунтування проекту;
- 2) аналіз відомих технічних рішень;
- 3) виконання розрахунково-конструкторського розділу;
- 4) розробка економічної частини проекту;

8. Порядок контролю та прийому

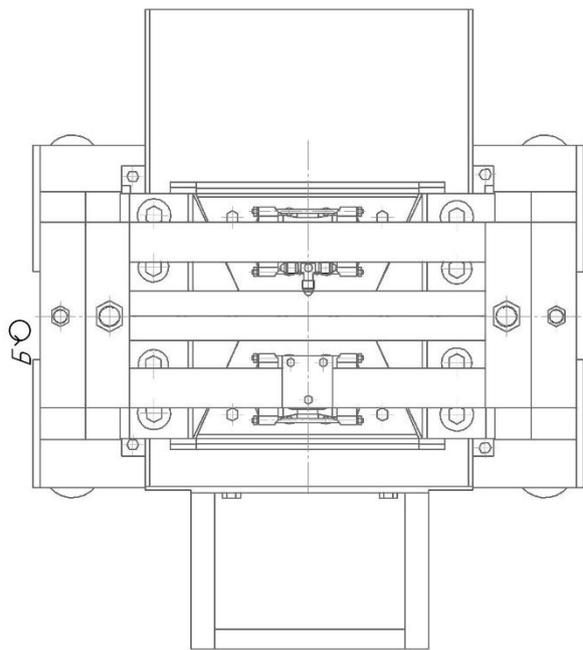
Порядок контролю та прийому дипломного проекту визначається графіком консультацій, попереднього захисту проекту, який затверджується кафедрою ГМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгоджені з керівником проекту.

Додаток Б
(Обов'язковий)

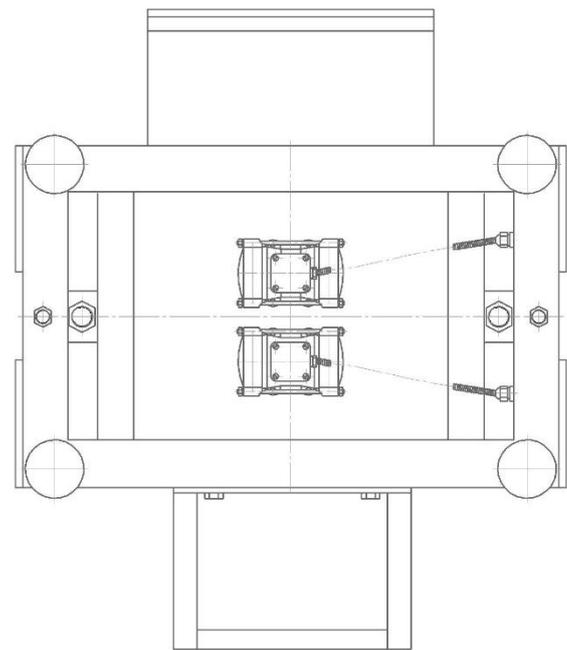
ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

**ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ**

08-62.MKP.07.00.000 CK



50

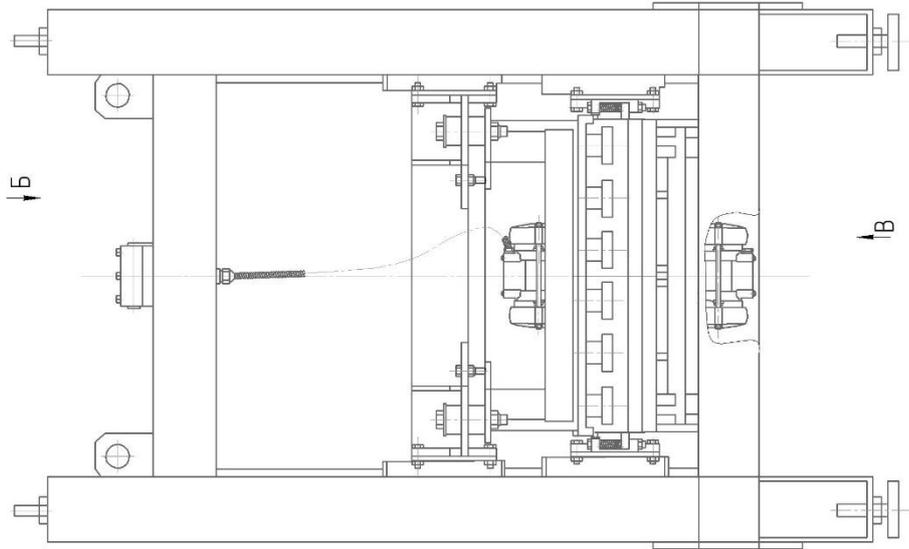


Изм.	№	Датум	Исполн.	Провер.	Лист	Всего
	7					

08-62.MKP.07.00.000 CK

Контур

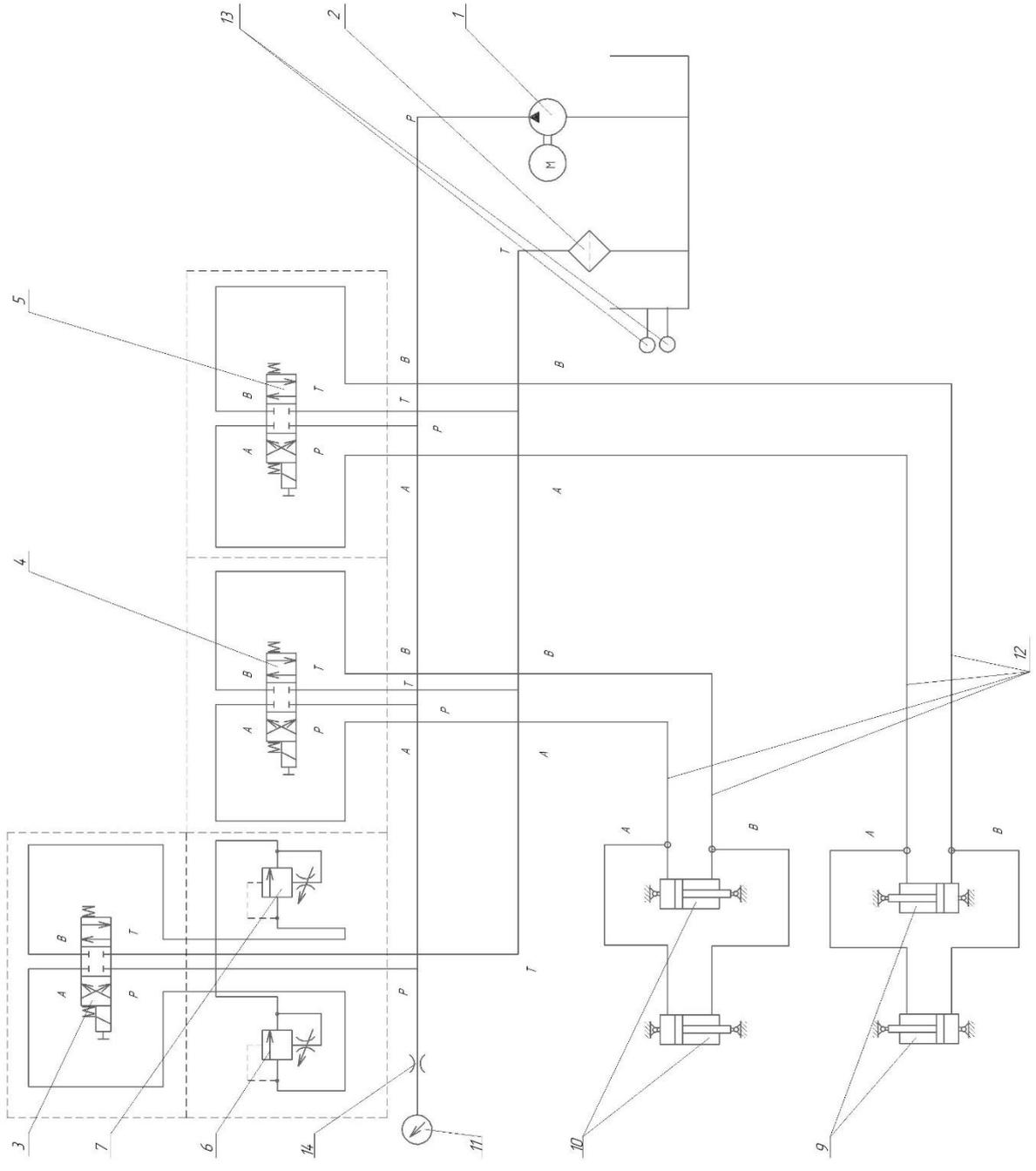
A1/1



B

Изм. №	Исполн.	Провер. и дата	Изм. №	Исполн.	Провер. и дата

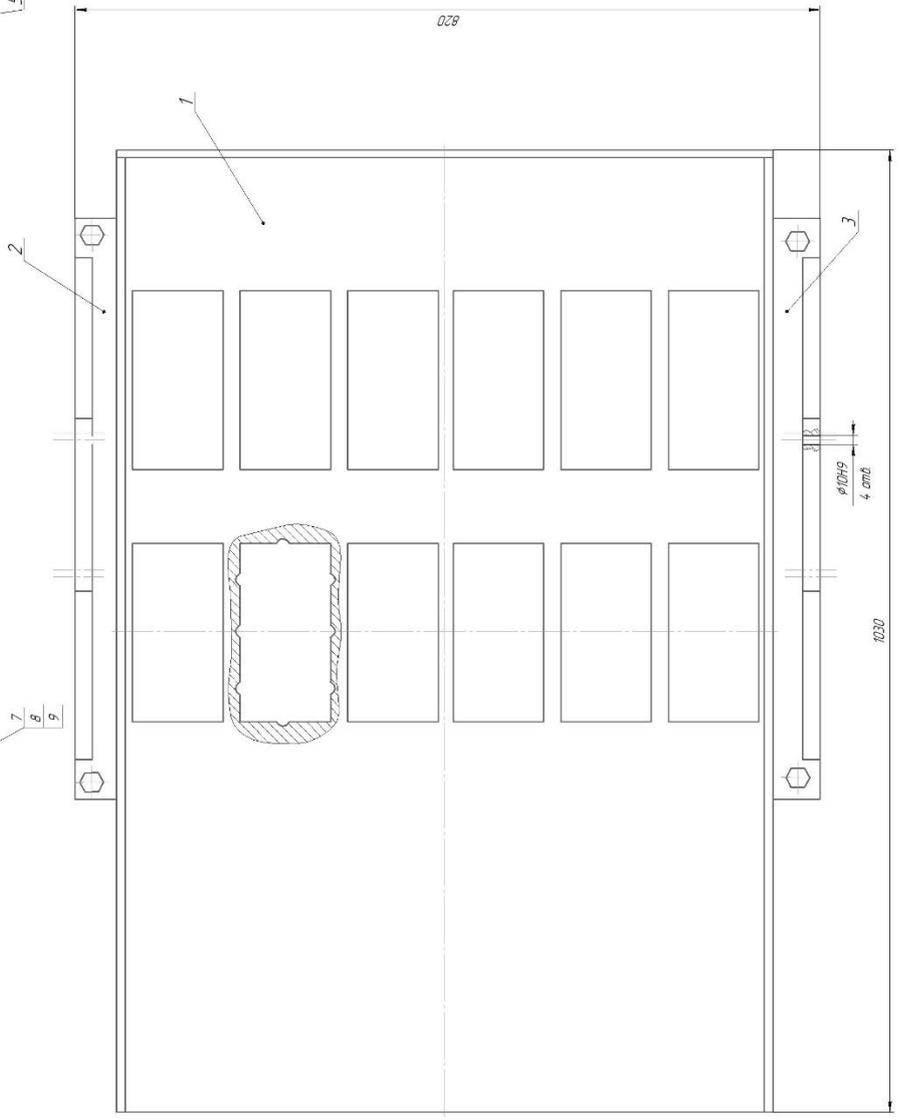
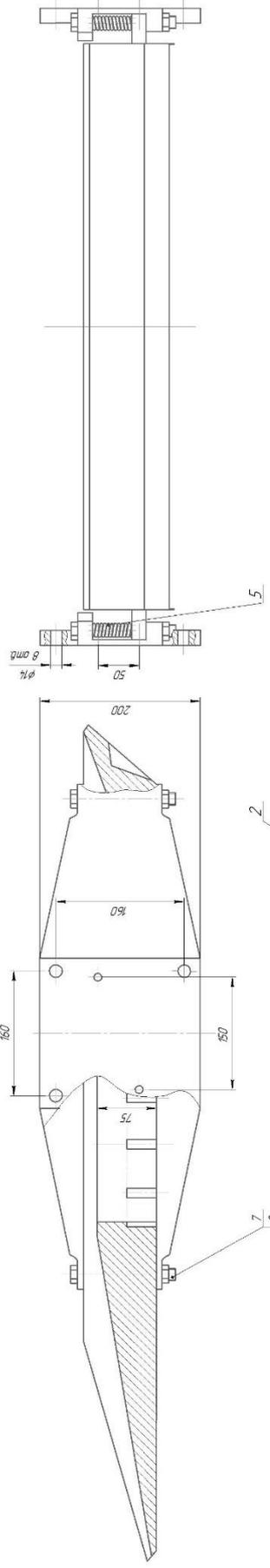
08-62МКР07.00.000



№ л/п	Позначення	Кол. шт	Примітки
1	Насос	1	P = 2750 Па, $v = 8 \text{ см}^3/\text{об}$
2	Фільтр	1	Зливний фільтр
3	Гідрозапідільник	1	
4	Гідрозапідільник	1	
5	Гідрозапідільник	1	
6	Гідрозапідільник	1	
7	Гідрозапідільник	1	
8	Гідрозапідільник	2	
9	Гідрозапідільник	5	
10	Манометр МПГ-М	1	0,15 МПа
11	Манометр МПГ-М	4	$l = 2,1 \text{ м}$
12	Манометр МПГ-М	2	
13	Манометр МПГ-М	1	
14	Манометр МПГ-М	1	

08-62МКР07.00.000	
Лист	Заголовок
1	Схема гідравлічна принципова
1	ВНТУ ІПМ-25м

08-62 МКР 07.01.000 СК



Деталь показана в разрезе при диаметре болтов 8 мм

08-62 МКР 07.01.000 СК		Лист	Кол-во	Масштаб
Матрица булава прессформы (глобальная)		125		
ВНТУ		1	1	1
ФД ПУ-2-М				
Контракт				
№	Исполн.	№	Исполн.	№
1		2		3
4		5		6
7		8		9
10		11		12
13		14		15
16		17		18
19		20		21
22		23		24
25		26		27
28		29		30
31		32		33
34		35		36
37		38		39
40		41		42
43		44		45
46		47		48
49		50		51
52		53		54
55		56		57
58		59		60
61		62		63
64		65		66
67		68		69
70		71		72
73		74		75
76		77		78
79		80		81
82		83		84
85		86		87
88		89		90
91		92		93
94		95		96
97		98		99
100		101		102
103		104		105
106		107		108
109		110		111
112		113		114
115		116		117
118		119		120
121		122		123
124		125		126
127		128		129
130		131		132
133		134		135
136		137		138
139		140		141
142		143		144
145		146		147
148		149		150
151		152		153
154		155		156
157		158		159
160		161		162
163		164		165
166		167		168
169		170		171
172		173		174
175		176		177
178		179		180
181		182		183
184		185		186
187		188		189
190		191		192
193		194		195
196		197		198
199		200		201
202		203		204
205		206		207
208		209		210
211		212		213
214		215		216
217		218		219
220		221		222
223		224		225
226		227		228
229		230		231
232		233		234
235		236		237
238		239		240
241		242		243
244		245		246
247		248		249
250		251		252
253		254		255
256		257		258
259		260		261
262		263		264
265		266		267
268		269		270
271		272		273
274		275		276
277		278		279
280		281		282
283		284		285
286		287		288
289		290		291
292		293		294
295		296		297
298		299		300
301		302		303
304		305		306
307		308		309
310		311		312
313		314		315
316		317		318
319		320		321
322		323		324
325		326		327
328		329		330
331		332		333
334		335		336
337		338		339
340		341		342
343		344		345
346		347		348
349		350		351
352		353		354
355		356		357
358		359		360
361		362		363
364		365		366
367		368		369
370		371		372
373		374		375
376		377		378
379		380		381
382		383		384
385		386		387
388		389		390
391		392		393
394		395		396
397		398		399
400		401		402
403		404		405
406		407		408
409		410		411
412		413		414
415		416		417
418		419		420
421		422		423
424		425		426
427		428		429
430		431		432
433		434		435
436		437		438
439		440		441
442		443		444
445		446		447
448		449		450
451		452		453
454		455		456
457		458		459
460		461		462
463		464		465
466		467		468
469		470		471
472		473		474
475		476		477
478		479		480
481		482		483
484		485		486
487		488		489
490		491		492
493		494		495
496		497		498
499		500		501
502		503		504
505		506		507
508		509		510
511		512		513
514		515		516
517		518		519
520		521		522
523		524		525
526		527		528
529		530		531
532		533		534
535		536		537
538		539		540
541		542		543
544		545		546
547		548		549
550		551		552
553		554		555
556		557		558
559		560		561
562		563		564
565		566		567
568		569		570
571		572		573
574		575		576
577		578		579
580		581		582
583		584		585
586		587		588
589		590		591
592		593		594
595		596		597
598		599		600
601		602		603
604		605		606
607		608		609
610		611		612
613		614		615
616		617		618
619		620		621
622		623		624
625		626		627
628		629		630
631		632		633
634		635		636
637		638		639
640		641		642
643		644		645
646		647		648
649		650		651
652		653		654
655		656		657
658		659		660
661		662		663
664		665		666
667		668		669
670		671		672
673		674		675
676		677		678
679		680		681
682		683		684
685		686		687
688		689		690
691		692		693
694		695		696
697		698		699
700		701		702
703		704		705
706		707		708
709		710		711
712		713		714
715		716		717
718		719		720
721		722		723
724		725		726
727		728		729
730		731		732
733		734		735
736		737		738
739		740		741
742		743		744
745		746		747
748		749		750
751		752		753
754		755		756
757		758		759
760		761		762
763		764		765
766		767		768
769		770		771
772		773		774
775		776		777
778		779		780
781		782		783
784		785		786
787		788		789
790		791		792
793		794		795
796		797		798
799		800		801
802		803		804
805		806		807
808		809		810
81				

Додаток В
(Обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ

**ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ**

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
<u>Документація</u>						
A1			08-62.МКР.07.00.000 СК	Складальне креслення		
<u>Складальні одиниці</u>						
A1	1		08-62.МКР.07.01.000	Матриця	1	
A1	2		08-62.МКР.07.02.000	Механізм пуансона	1	
A1	3		08-62.МКР.07.03.000	Рама	1	
A1	4		08-62.МКР.07.04.000	Решітка	1	
A1	5		08-62.МКР.07.05.000	Механізм переміщення пуансона	1	
A1	6		08-62.МКР.07.06.000	Механізм переміщення матриці	1	
	7		08-62.МКР.07.07.000	Шафа керування	1	
A1	8		08-62.МКР.07.08.000	Гіростанція	1	
<u>Деталі</u>						
	9		08-62.МКР.07.09.000	Напрявні	2	
	10		08-62.МКР.07.10.000	Підшипник	2	
<u>Стандартні вироби</u>						
	11			Електродвигун 4А90L2У3 ГОСТ 19523-74	1	
<u>Інші вироби</u>						
	12			Вібратор дебалансний модель ИВ-99БУ ТУ 3343-006-00239942-2001	4	
08-62.МКР.07.00.000 СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Никитюк О.П.			Лист	Листов
Проб.		Шенфельд В.И.			1	1
Н.контр.		Шенфельд В.И.			ВНТУ,	
Утв.		Поліщук Л.К.			зр.1ГМ-24м	

Копировав

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание						
<u>Документація</u>												
A1			08-62МКР.07.02.000 СК	Складальне креслення								
<u>Складальні одиниці</u>												
		1	08-62МКР.07.02.100	Траверса	1							
		2	08-62МКР.07.02.200	Основа	1							
		3	08-62МКР.07.02.300	Пуансон	1							
<u>Деталі</u>												
		5	08-62МКР.07.02.001	Амортизатор	16							
<u>Стандартні вироби</u>												
		8		Болт М12×1,25 ГОСТ 7805-70	4							
		9		Болт М20×1,5 ГОСТ 7798-70	4							
		10		Болт М24×2 ГОСТ 7805-70	8							
		11		Гайка М12×1,25 ГОСТ 1759-70	4							
		12		Гайка М20×1,5 ГОСТ 15521-70	4							
		13		Гайка М24×2 ГОСТ 1759-70	8							
		14		Гайка М12×1,25 ГОСТ 15521-70	4							
08-62.МКР.07.02.000 СК												
Изм. Лист		№ докум.		Подп.	Дата							
Разраб.		Никитюк О.П.										
Пров.		Шенфельд В.И.										
И.контр.		Шенфельд В.И.										
Утв.		Поліщук Л.К.										
Механізм пуансона				Лит.			Лист			Листов		
							1			2		
1ГМ-25м												
ВНТУ												

Копировал

Формат А4

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документація</u>		
					08-62.МКР.07.08.000 СК	Складальне креслення		
						Складальні одиниці		
Справ. №		1			08-62.МКР.07.08.100	Рама	1	
		2			08-62.МКР.07.08.200	Бак	1	
		3			08-62.МКР.07.08.300	Муфта	1	
						Деталі		
		6			08-62.МКР.07.08.001	Кришка	1	
		7			08-62.МКР.07.08.002	Фланець	1	
		8			08-62.МКР.07.08.003	Кришка	1	
		9			08-62.МКР.07.08.004	Трубопровід всмоктуючий	1	
		10			08-62.МКР.07.08.005	Трубопровід нагнітальний	1	
		11			08-62.МКР.07.08.006	Трубопровід зливний	1	
						Стандартні вироби		
						Труба ГОСТ 8732-70		
			12			28x4x1250	1	
			13			25x4x1250	1	
			14			Металорукав Р1-Ц-Х-6x2100	4	
						ГОСТ 3575-75		
						Штуцер ГОСТ 6286-83		
			15			M22x1,5-7g	1	
			16			M18x1,5-7g	4	
					08-62.МКР.07.08.000			
		Изм. / лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Инв. № подл.	Разраб.	Никитюк О.П.				Лист	Лист	Листов
	Проб.	Шенфельд В.И.					1	2
	Н.контр.	Шенфельд В.И.				ВНТУ, 1ГМ-25М		
	Утв.	Поліщук Л.К.						

Копировав

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		17		M27x1,5-7g	1	
		18		M22x1,5-7g	1	
				Гайка ГОСТ 9150-59		
		19		M18x1,5-7g	4	
		20		M22x1,5-7g	1	
		21		M27x1,5-7g	1	
		22		M22x1,5-7g	1	
				Інші вироби		
		25		Гідронасос	1	
				Р6P505F0080FQ2D2NJ7J55B1B		
		26		Гідророзподільник D1Vw8CJW75	3	
		27		Фільтр TPR40G3/4PXW1A-20-B15VMM	1	
		28		Маномтр МТП-1М	1	
		29		Маномтр МТП-1	1	

Інв. № подл.	Подп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № дубл.	Подп. і дата

Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

08-62.МКР.07.08.000

Лист

2

Копіював

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документація</u>		
A1			08-62.МКР.07.05.000 СК	<u>Складальне креслення</u>		
				<u>Складальні одиниці</u>		
		1	08-62.МКР.07.05.100	Корпус	1	
		2	08-62.МКР.07.05.200	Циліндр	1	
		3	08-62.МКР.07.05.300	Штак	1	
		4	08-62.МКР.07.05.400	Тяга	1	
				<u>Деталі</u>		
		7	08-62.МКР.07.05.001	Поршень	1	
		8	08-62.МКР.07.05.002	Втулка	1	
		9	08-62.МКР.07.05.003	Кришка	2	
		10	08-62.МКР.07.05.004	Підшипник	2	
		11	08-62.МКР.07.05.005	Палець	1	
		12	08-62.МКР.07.05.006	Палець	2	
		13	08-62.МКР.07.05.007	Втулка	2	
				<u>Стандартні вироби</u>		
		16		Болт М8 ГОСТ 7798-70	16	
		17		Гайка М24×1,5.6.05 ГОСТ 11871-73	1	
		18		Шайба 8 65Г 029 ГОСТ 6402-70	16	
		19		Шайба 24.01.05 ГОСТ 11872-73	1	
08-62.МКР.07.05.000 СК						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.		Никитюк О.П.			Лит.	Лист
Пров.		Шенфельд В.И.				1
Н.контр.		Шенфельд В.И.			Листов	
Утв.		Поліщук Л.К.			2	
Механізм переміщення Матриці					ВНТУ, 1ГМ-25М	

Копировал

Формат А4

Додаток Г
(Обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

**ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ**

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

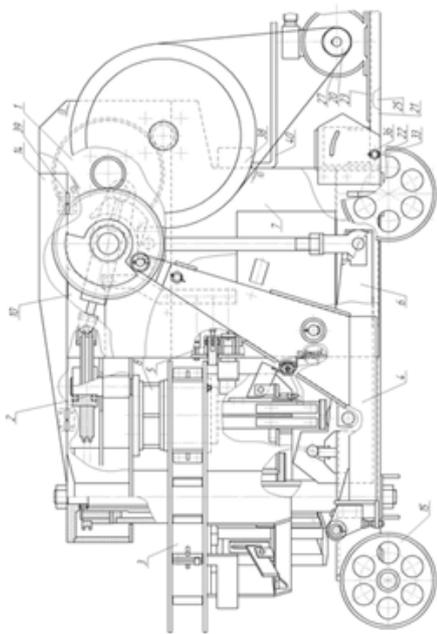


Рисунок 1 - Конструкція напівавтомата для пресування напівсухих сумішей

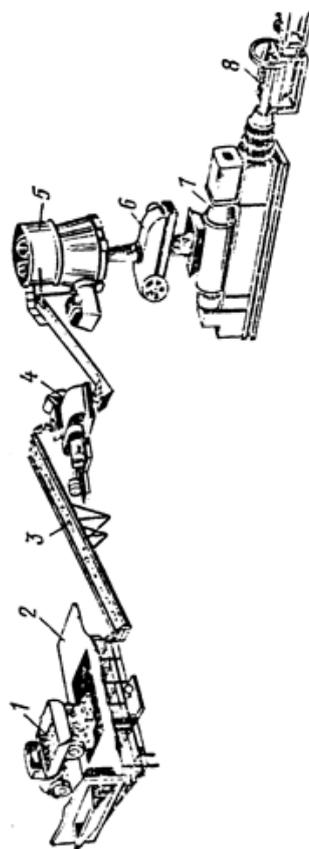


Рисунок 2 - Схема виготовлення цегли-серця пластичним способом

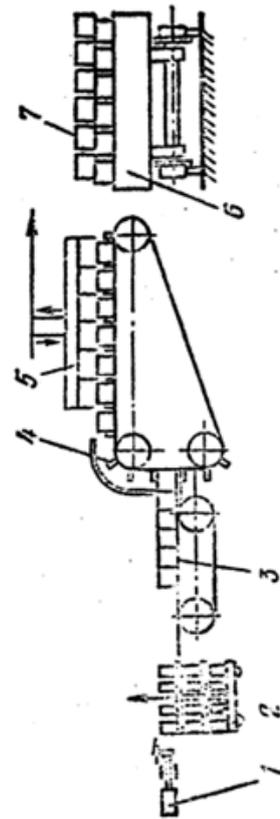


Рисунок 3 - Схема автомата-віссаджувача

АНАЛІЗ ВІДОМИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ТА ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ

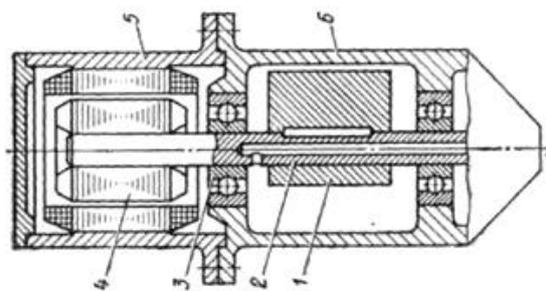


Рисунок 4 - Схема вібратора з консольним розташуванням ротора електродвигуна

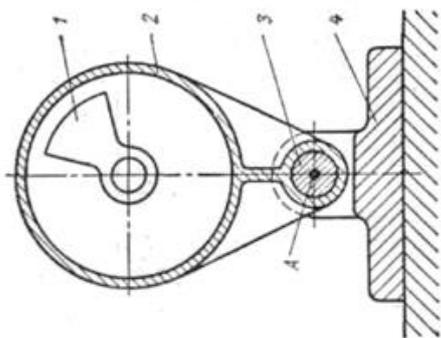


Рисунок 5 - Схема маятнікового вібратора

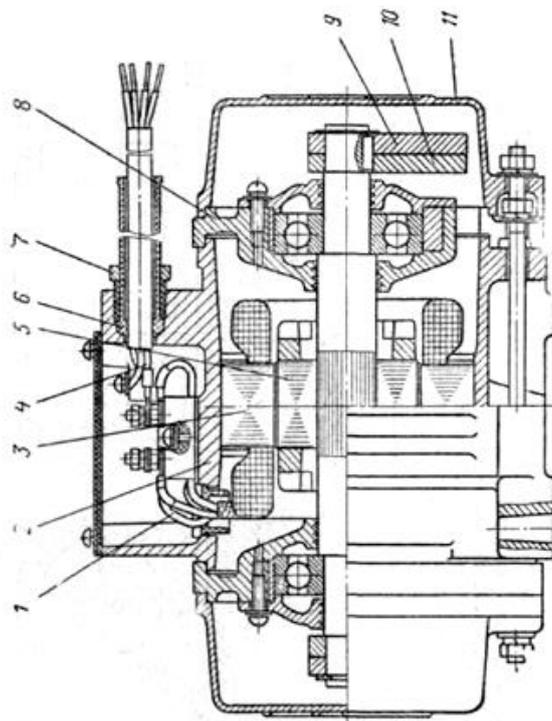


Рисунок 6 - Вібратор дебалансний

Додаток Д
(Обов'язковий)

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

**ВІБРАЦІЙНИЙ ВЕРСТАТ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ВИРОБІВ З СИПУЧИХ
МАТЕРІАЛІВ**

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

роботи: Вібраційний верстат для формування виробів з сипучих матеріалів

роботи: магістерська кваліфікаційна робота

відділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. 1ГМ-24м
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 18,53 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)
Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту

У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.

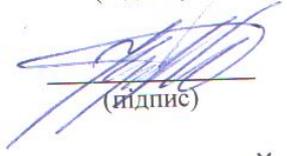
У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

експертна комісія:

Голіщук Л.К., зав. кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

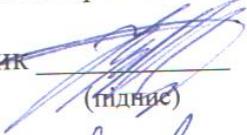
Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)


(підпис)

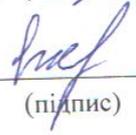
Голова, відповідальна за перевірку 
(підпис)

Шенфельд В.Й.
(прізвище, ініціали)

Висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник 
(підпис)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач 
(підпис)

Никитюк О.П.
(прізвище, ініціали)