

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до роботи
Магістр

(освітньо-кваліфікаційний рівень)

на тему Обґрунтування параметрів роботи обладнання
для грохочення сипких матеріалів

Виконав: студент VI курсу,
групи 601-ММВ
напряму підготовки (спеціальності)
133 – Галузеве машинобудування
(шифр і назва напряму підготовки, спеціальності)

Семенюта І. Г.

(прізвище та ініціали)

Керівник Вірченко В.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Львченко В.В.

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка
імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

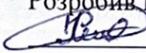
Обґрунтування параметрів роботи обладнання для грохочення сипких матеріалів

Кваліфікаційна робота магістра

Лист затвердження

ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000 КРМ - ЛЗ

Розробив магістрант групи 601-ММв

 І.Г. Семенюта
„22” 08 2024 р.

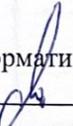
Керівник к.т.н., доцент

 В.В. Вірченко
„22” 08 2024 р.

Технологічний контроль к.т.н. доцент

 О.С. Васильєв
„22” 08 2024 р.

Нормативний контроль к.т.н. доцент

 О.С. Васильєв
„22” 08 2024 р.

Гарант освітньо-професійної програми
к.т.н., доц.

Микола НЕСТЕРЕНКО
«__» _____ 2024 р.

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедрою
галузевого машинобудування
і мехатроніки, к.т.н., доцент



О.В. Орисенко

№ строки	Формат	Позначення	Найменування	Кіл. листів	№ екз.	Примітки
1						
2			Документація загальна			
3						
4			Вперше розроблена			
5						
6	A4	ГМІМ.601-ММВ.019-00.00.000ТЗ	Технічне завдання	1	-	
7	A4	ГМІМ.601-ММВ.019-00.00.000А	Анотація	1	-	
8	A4	ГМІМ.601-ММВ.019-00.00.000ПЗ	Пояснювальна записка			
9						
10			Документація наукова			
11						
12			Вперше розроблена			
13						
14	A4	ГМІМ.601-ММВ.019-00.00.000ПМ	Презентаційні матеріали			
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						

ГМІМ.601-ММВ.019-00.00.000 ВР				
Зм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
Розроб.		Семенюта	<i>[Signature]</i>	21.08
Перев.		Вірченко	<i>[Signature]</i>	22.08
Нконтр.		Васильєв	<i>[Signature]</i>	22.08
Затв.		Орисенко	<i>[Signature]</i>	22.08

Обґрунтування параметрів роботи обладнання для грохочення сипких матеріалів		
Відомість кваліфікаційної роботи магістра		
Літ	Лист	Листів
н	4	1
НУПП імені Юрія Кондратюка 2024р.		

Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки

Кафедра, циклова комісія Галузевого машинобудування та мехатроніки

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Напрямок підготовки _____

(шифр і назва)

Спеціальність 133 – Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри галузевого
машинобудування та мехатроніки


О.В. Орисенко

“ 20 ” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я **НА КВАЛІФІКАЦІНУ РОБОТУ МАГІСТРА** **ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Семенюті Ігореві Григоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Обґрунтування параметрів роботи обладнання для грохочення сипких матеріалів

керівник магістерської роботи Вірченко Віктор Вікторович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від 18.03.2024 р. № 309-ф.а.

2. Строк подання студентом роботи “ 20 ” серпня 2024 року.

3. Вихідні дані до магістерської роботи Технічні параметри обладнання для сортування матеріалів.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Актуальність та огляд існуючих конструкцій. Розділ 2. Теоретичні дослідження робочих процесів колосникового грохота. Розділ 3. Експериментальні дослідження параметрів та режимів роботи колосникового грохота.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Обґрунтування параметрів роботи обладнання для грохочення сипких матеріалів. – Презентаційні матеріали.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 20.03.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Літературний огляд	27.05.2024 р.	
2	Обґрунтування вибраної теми	18.06.2024 р.	
3	Наукові дослідження за вказаною темою, розробка наукових плакатів	10.07.2024 р.	
4	Представлення готової роботи на кафедрі	20.08.2024 р.	

Студент


(підпис)

Семенюта І. Г.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Вірченко В. В.
(прізвище та ініціали)

Гарант освітньої програми

(підпис)

Нестеренко М.М.
(прізвище та ініціали)

Анотація

І. Г. Семенюта. Обґрунтування параметрів роботи обладнання для грохочення сипких матеріалів.

Кваліфікаційна робота магістра на здобуття освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр» зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування», напрям освіти «Механічна інженерія», – Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава 2024.

Кваліфікаційна робота магістра присвячена питанню дослідження та покращення робочих процесів обладнання для механічного сортування матеріалів.

На основі проведення теоретичних та експериментальних досліджень було запропоновано модернізовану конструкцію колосникового грохота для сортування матеріалів.

Ключові слова: грохот, грохочення, сито, сортування, просіювання, вібрація, гравій, модернізація.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000А			
Розроб.		Семенюта		22.08	Анотація	Літ..	Аркуш	Аркушів
Керівн.		Вірченко		22.08			6	
Перевір.		Васильєв		22.08		НУПІ імені Юрія Кондратюка 2024		
Н. Контр.		Васильєв		22.08				
Затвер.		Орисенко		22.08				

The Summary

I. H. Semenyuta. Justification of the parameters of the equipment for screening loose materials.

Master's thesis for obtaining the educational and qualification level "master" in specialty 133 "Industrial mechanical engineering", direction of education "Mechanical engineering", National University "Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic", Poltava 2024.

The master's thesis is devoted to the issue of research and improvement of work processes of equipment for mechanical sorting of materials.

On the basis of theoretical and experimental studies, a modernized design of a grate screen for sorting materials was proposed.

Key words: screening, screening, sieve, sorting, sieving, vibration, gravel, modernization.

ГМiМ.601–ММв.019–00.00.000А							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Сементова		22.08	Анотація		
Керівн.		Вірченко		22.08			
Перевір.		Васильєв		22.08			
Н. Контр.		Васильєв		22.08			
Затвер.		Орисенко		22.08			
					Літ..	Аркуш	Аркушів
					7		
					НУПП імені Юрія Кондратюка 2024		

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

**Обґрунтування параметрів роботи обладнання
для грохочення сипких матеріалів**

**Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи магістра
ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ**

Полтава – 2024 рік

ЗМІСТ

ВСТУП	10
Розділ 1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ	13
Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТА	34
2.1 Принцип дії та конструктивні особливості грохотів.....	34
2.2 Конструкція колосникового грохота і його роботи.....	37
2.3 Математична модель колосникового грохота.....	42
Розділ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТА.....	53
ВИСНОВКИ.....	62
ЛІТЕРАТУРА	63

						ГМiM.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
							9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ВСТУП

У промисловості будівельних матеріалів процеси сортування та збагачення широко використовують, оскільки вихідна сировина зазвичай є неоднорідною по крупності сумішкою з різними домішками та включеннями.

У процесі переробки сировини матеріал потрібно розділити на різні сорти, щоб уникнути домішок і включень, які знижують якість матеріалу. Основне обладнання для цих процесів базується на принципах дії механічних, гідравлічних і повітряних процесів.

Механічний спосіб сортування матеріалів є найпоширенішим. Грохочення — це механічне сортування, яке виконується на плоских або криволінійних поверхнях з отворами заданого розміру. Машини та пристрої, призначені для цього процесу, називають грохотами.

Вихідний матеріал — це сипуча суміш, що надходить на грохот. Матеріали, які мають більший розмір, ніж отвори поверхні грохочення, залишаються на цій поверхні і називаються надгратовими (верхніми) класами. Матеріали, які пройшли через отвори, називаються підгратовими класами.

Колосникові грати або сито, розташовані в горизонтальній або похилій площині, наводяться в коливальний стан для просівної поверхні вібраційних грохотів. Матеріал, що надходить на поверхню, рухається до розвантажувального кінця грохоту завдяки коливальним рухам поверхні, що просіває. Матеріали, які рухаються по поверхні, що просіває, поділяються на підгратові та надгратові класи.

Поверхні, що просіваються, можуть рухатися в круговому, еліптичному або прямолінійному напрямку. У похилих грохотах зазвичай застосовується

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ			
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ	Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб.	Семенюта		<i>[Підпис]</i>	22.08			10	
Керівн.	Вірченко		<i>[Підпис]</i>	22.08				
Перевір.	Васильєв		<i>[Підпис]</i>	22.08				
Н. Контр.	Васильєв		<i>[Підпис]</i>	22.08				
Затвер.	Орисенко		<i>[Підпис]</i>	22.08				
						НУП імені Юрія Кондратюка 2024		

кожен із трьох типів руху. У горизонтальних грохотах рух прямолінійний, спрямований під кутом 35-45° до поверхні, що просіває.

Швидкість коливального руху поверхні, що просіває, призначена для забезпечення постійного відриву матеріалу від поверхні, що просіває, коли він рухається до розвантажувального кінця.

У процесі переробки будівельних матеріалів, використовують такі види грохочення:

1. Попереднє грохочення застосовується для видалення негабаритного матеріалу або матеріалу, який не вимагає дроблення машинами першої стадії дроблення, з вихідної гірничої маси;

2. Проміжне грохочення, яке призначено для виділення продукту, який не потребує дроблення у наступній стадії;

3. Для контролю розміру готового продукту та видалення відходів використовують контрольне грохочення після останньої стадії дроблення. Частинки, які мають більший розмір, повертаються на дроблення (замкнутий цикл);

4. Кінцеве грохочення або товарний, використовується для поділу готової продукції на різні частини товару.

У грохоченні є сухі та мокрі методи. У мокрому методі вихідний матеріал надходить на грохот у формі пульпи або в сухому вигляді, а потім водою зі спеціальних бризків на грохоті зрошується. Мокрий спосіб зазвичай використовують для сортування матеріалів, які надмірно вологі та забруднені глиною, мулом та іншими домішками. У цих випадках матеріал не тільки розділяється по крупності, але й промивається під час процесу грохочення.

Ефективність просіювання оцінюється двома показниками: продуктивністю, яка вказує на кількість вихідного матеріалу, що надходить на грохот за одиницю часу; і ефективністю грохочення, яка вказує на масу матеріалу, що пройшов крізь отвори сита, або масу матеріалу певного розміру, що міститься у вихідному продукті.

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Якість просіювання визначається його ефективністю. Якість отриманого продукту можна визначити засміченістю, яку також називають засміченістю, яка дорівнює процентному вмісту зерен сторонніх фракцій у конкретній фракції продукту.

Межі класу визначаються розмірами отворів сит, на яких відбувається грохочення, тоді як межі фракції визначаються граничними розмірами зерен, які потрібно отримати.

					ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1 АКТУАЛЬНІСЬ ТА ОГЛЯД ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ

Видобуток кам'яних порід включає кілька етапів, починаючи з самого місця видобутку на кар'єрах. Кам'яні породи видобуваються за допомогою екскаватора. Ця потужна техніка дозволяє швидко та ефективно створювати кар'єри, розкриваючи різноманітні верстви порід для подальшого використання.

Етап видобутку закінчується транспортуванням матеріалу до заводу. Залежно від відстані та обсягу видобутку можуть бути використані різні види транспортних засобів, такі як автосамоскиди, конвеєри або вагонетки. Перевезення значних кількостей кам'яних порід до місця обробки стало можливим завдяки технічно вдосконаленим системам транспортування.

Часто поруч із місцем видобутку розташовані заводи, що виробляють продукти з кам'яних порід. Кар'єр у такому випадку може забезпечити постачання сировини без значних втрат часу та енергії на транспортуванні.

Виготовлення кам'яних порід із сировинних матеріалів може включати низку технологічних операцій. Кам'яний матеріал зазвичай подрібнюють шляхом впливу зовнішніх механічних сил, щоб підготувати його до використання. Після цього подрібнений матеріал розділяється на частини певного розміру різними способами. З метою створення ідеальної консистенції матеріалу для подальшої обробки додаються різні компоненти та зволожують. Цей процес може включати розчинення порід, щоб створити зручні для формування матеріали, які використовуються у виробництві різноманітних кам'яних продуктів.

Класифікація — це процес розподілу сипких матеріалів за розміром шматків чи зерен. Класифікація дозволяє розділити сипучу суміш на класи або фракції, які обмежені певними розмірами шматків чи зерен.

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Семенюта	<i>[Підпис]</i>	22.08		13	
Керівн.		Вірченко	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Перевір.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Н. Контр.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Затвер.		Орисенко	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Розділ 1					НУП імені Юрія Кондратюка 2024		

Використовують три категорії категорій матеріалів:

- 1) Механічна класифікація грохоту на ситах полягає в тому, що шматки менше певного розміру проходять через отвори робочої поверхні грохоту, а інші затримуються на поверхні та віддаляються з неї;
- 2) Гідравлічна класифікація — це поділ суміші на фракції зерен, які мають однакову швидкість падіння у воді;
- 3) Повітряна сепарація — це коли суміш розділяється на рівні фракції зерен, які мають однакову швидкість падіння в повітрі.

Найбільш поширений метод класифікації, грохочення, використовується для поділу матеріалів різної крупності (від 250 до 1 мм). Лише зерна розміром менше 2 мм можна розділити за допомогою гідравлічної класифікації та повітряної сепарації. Класифікація може використовуватися як допоміжна операція для підготовки матеріалу до дроблення (видалення дрібниці) або повернення занадто великого матеріалу на повторне подрібнення, або як самостійна операція для отримання готового продукту із заданим зернистим складом. Одним із способів класифікації є сортування. Для ситового аналізу, тобто для визначення зернистого складу матеріалу, широко використовується класифікація.

Типи грохотів і методи їх створення. Під час руху матеріалу щодо робочої поверхні грохоту він ділиться на шматки певної величини. Шматки, які пройшли через сито, отримують просівання (нижній продукт), а шматки, які не пройшли через сито, отримують відсів (верхній продукт). Відношення ваги та отриманого нижнього продукту до ваги шматків того ж класу у вихідному матеріалі зазвичай використовується для визначення ефективності просіювання.

Усі грохоти входять до двох основних категорій:

1. Нерухомі грохоти мають ґратчасті та колосникові форми.
2. Грохоти з рухомими елементами включають коливання та вібрації робочого органу (інерційні, резонансні, плоско-хитні, гіраційні); обертальні

						ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			14

робочі органи (барабанні та грохоти-дробарки, відцентрові, конусні самоочисні, імовірнісні); рухома просіювальна поверхня (валкові, шнекові, з пружно-деформованим ситом, з безпосереднім збудженням сита).

Розрізняються похилі та горизонтальні просіюючі поверхні.

Грохоти поділяють на дугові, конічні, циліндричні (барабанні), плоскі та зі змінним кутом нахилу.

Грохоти поділяються на класи за призначенням: попередня класифікація (80 мм і більше); підготовча класифікація (крупність матеріалу 3, 6, 10, 13, 25 мм); дешламаційні (для мокрого відокремлення фрагментів до 0,5...1,0 мм); зневоднювальні; грохоти для переробки.

Найефективнішими є рухомі грохоти, такі як вібраційні або інші, з одним або двома ситами, які забезпечують максимальну продуктивність, надійність і ефективність. Виготовляють у односитному, двоситному або триситному виконанні для сортування та класифікації. У спеціальному виконанні грохоти можуть мати більше трьох сита. Грохоти можна використовувати для сортування будь-яких сипких матеріалів, таких як вугілля, руда, сланці, агломерати, шлаки, щебінь тощо. Вони також зневоднюють і знешламлюють деякі матеріали.

У залежності від густини матеріалів, які піддають розсіву, використовують грохоти легкого ($\delta \leq 1,4$ т/м³), середнього ($\delta \leq 1,8$ т/м³) і важкого типу ($\delta \leq 2,8$ т/м³).

Як сухе, так і вологе просіювання можуть відбуватися. В останньому випадку вихідний матеріал, як правило, надходить на просіювач у вигляді пульпи або сухого матеріалу, а потім зволожується водою за допомогою спеціальних бризкальних пристроїв. При вологому просіюванні матеріал розділяється на фракції та одночасно промивається від шкідливих домішок. Схема послідовного, паралельного та комбінованого розподілу матеріалу (рис. 1.1, а).

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В основному барабанні просіювачі використовують послідовну схему просіювання «від дрібного до великого» (рис. 1.1, а) [1]. Ця схема використовується рідше в просіювачах із плоскими ситами. Матеріал у такому разі надходить одразу на сита 1, які мають найменший розмір отвору. Матеріал, з якого значно менші частинки проходять через отвори сита, прямує у відповідні приймальні бункери 2 і наближається до сита з більшими отворами, коли він рухається по просівальній поверхні. Переваги цієї схеми включають мінімальну висоту просіювача, кращий розподіл фракцій по бункерах і простий доступ до сита. Недоліками є велика довжина просіювача та низька якість просіювання, оскільки весь матеріал перекидає отвори найбільш чутливих і тонких сит.

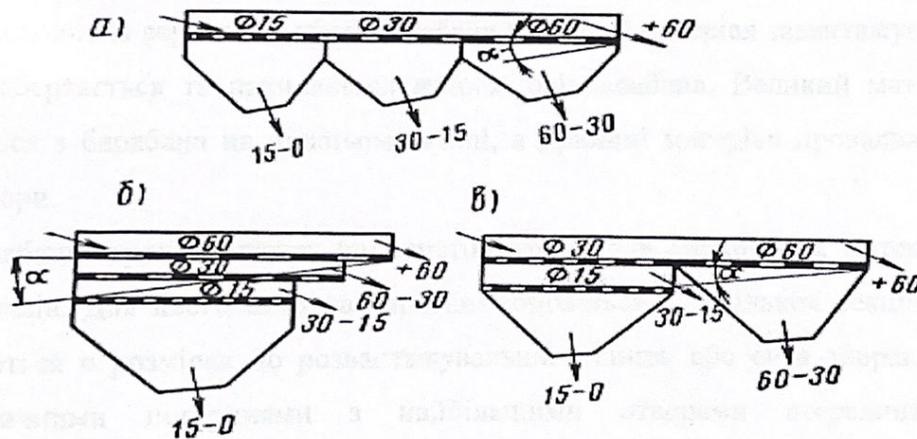


Рисунок 1.1 – Схеми розташування сит на грохотах

Паралельна система просіювання «від великого до дрібного» найчастіше використовується в просіювачах із двома або більше рядами плоских сит (рис. 1.1, б). Весь матеріаловий потік потрапляє одразу на найміцніше сито. Дрібніші не перешкоджають проходженню великих шматків. Переваги включають підвищену якість, інтенсивність і зношуваність сортування, а також найменшу зношуваність сит. З іншого боку, спостереження та заміна

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

сит є складними, а висота просіювача збільшується, що ускладнює розподіл фракцій по бункерах.

Використовуючи комбіновану схему (рис. 1.1, в), у якій процес сортування здійснюється спочатку «від великого до дрібного», а потім «від дрібного до великого», можна підвищити якість просіювання та довговічність сит. Крім того, висота просіювача знижується, і це полегшує розподіл фракцій по бункерах.

Залежно від форми, барабанні грохоти можуть бути конічними або циліндричними. Грохот, який просіває поверхню барабана, створюється за допомогою перфорованих сталевих листів або сітки, які утворюють його бічну поверхню. Циліндричний барабан має вісь, яка нахилена до горизонту під кутом від 1 до 14 градусів (зазвичай 4–7), а вісь конічного барабана знаходиться горизонтально. На верхньому кінці барабана вихідний матеріал завантажується, а потім обертається та нахиляється вздовж осі барабана. Великий матеріал видаляється з барабана на нижньому кінці, а дрібний матеріал провалюється через отвори.

Барабанні грохоти також використовуються для грохочення матеріалів різних класів. Для цього сито на барабані збирається з декількох секцій, які збільшуються в розмірах до розвантажувального кінця, або сита збираються концентричними поверхнями з найбільшими отворами всередині та найменшими отворами зовні. Також використовують комбіновані конструкції, у яких одне або кілька сит з дрібною сіткою встановлюється на барабані, що складається з декількох секцій сит з отворами, що збільшуються в розмірах.

Також використовують бурати, призматичні барабанні грохоти. Бічна поверхня бурата складається з шести або восьми плоских сит, утворюючи призму або усічену піраміду.

Барабани мають діаметри від 500 до 3000 мм і довжини від 2000 до 9000 мм. Кожна частина барабана має довжину від 800 до 1500 мм. Бурати мають діаметр 1000–1100 мм і довжину 3500–6000 мм.

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сила тертя захоплює внутрішню поверхню барабана, що обертається, а потім скочується вниз. Матеріал скочується під кутом до площини обертання барабана через нахил його осі. Матеріал просувається вниз уздовж осі барабана через це. Після цього матеріал рухається по зигзагоподібній лінії після повторення циклу.

Через те, що високі частоти обертання барабана призводять до відцентрової сили, яка притискає матеріал до робочої поверхні, що робить грохот неможливим. Критична швидкість обертання виникає, коли шар матеріалу, прилеглого до поверхні барабана, починає обертатися разом із барабаном.

Тихоходні машини включають барабанних грохотів. Вони використовуються переважно для середнього та тонкого грохочення в отворах решета чи сита розміром від 40 мм і менше, де нижня межа майже дорівнює 1 мм.

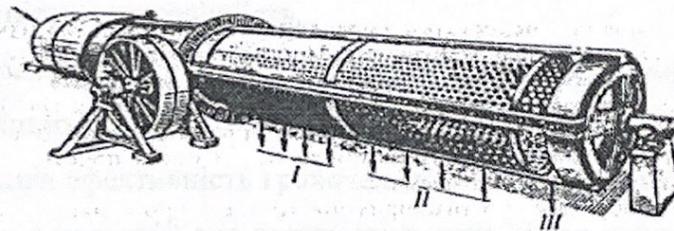


Рисунок 1.2 – Барабанний грохот: I - III - секції з різними отворами

Схема руху матеріалу в барабанному грохоті показана на рис. 1.3.

					ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

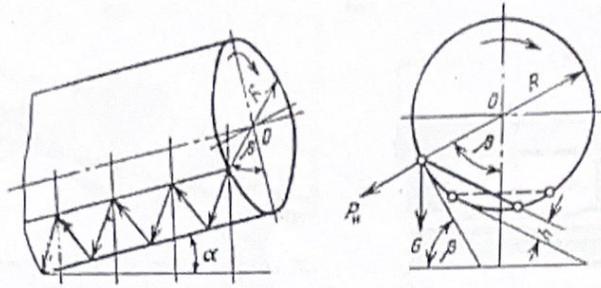


Рисунок 1.3 – Схема руху матеріалу в барабанному грохоті:

P_i – відцентрова сила інерції; G – маса частинки;

h – товщина шару матеріалу; α - кут нахилу грохоту;

β - кут підйому матеріалу

Основними недоліками барабаних грохотів є їхня громіздкість, низька питома продуктивність і низька ефективність (40–60%), особливо коли вони використовуються для грохочення дрібних матеріалів. З цих причин барабанні грохоти не використовують для сухого грохочення (за винятком призматичних барабаних грохотів). Основними перевагами барабаних грохотів є їх проста конструкція, надійність і довговічність.

Грохоти вібраційні похилі (рис. 1.4) розроблені для класифікації твердої фази пульпи та сипких матеріалів. Особливості: висока інтенсивність вібрації та, відповідно, висока ефективність грохочення; металеві та гумові сита можна кріпити без болтів; є пристрій для натягу металевих сіток; конструкція проста та надійна; і низькі експлуатаційні витрати. Застосування: переробка різноманітних рудних і будівельних матеріалів; переробка природних і техногенних сировин; переробка продуктів хімічної, фармацевтичної та харчової промисловості.

						ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

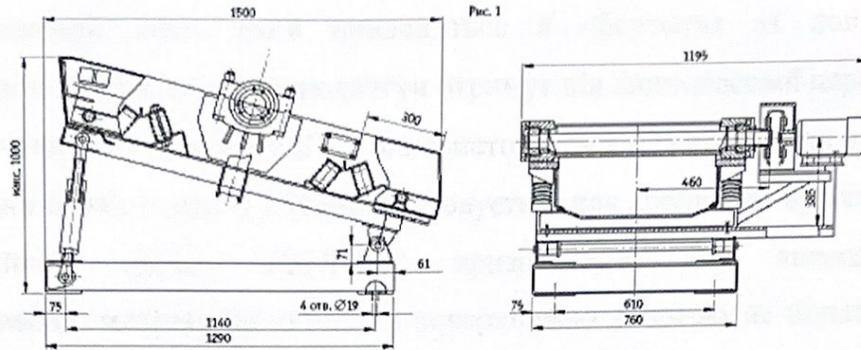


Рисунок 1.4 – Грохот вібраційний ГВ-0,6У

Вібраційні грохоти (інерційні чи самобалансні) ГІЛ, ГІС і ГІТ пов'язані з вібраціями. Вони прості за конструкцією та складаються з трьох основних компонентів: вібробудника, пружинних опор або підвісок і коробки з ситом. Інерційний похилий грохот складається з рами та короба з ситом на пружинах (ресорах) підлоги кутом 15–300 до горизонту. З боків короба грохоту укріплені два підшипники. Вал вібробудника приводиться в обертання від електродвигуна за допомогою еластичної муфти або клинопасової передачі (рис. 1.5).

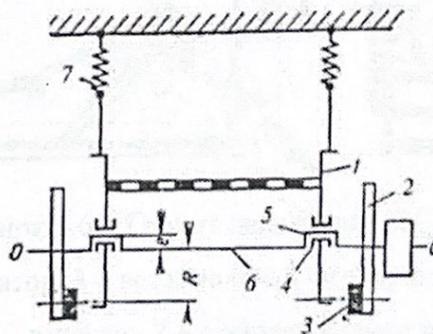


Рисунок 1.5 – Вібраційний грохот

Короб грохоту 1 похило підвищується пружиною 7 до нерухокої опори. Ексцентриковий вал 6 встановлений у підшипниках 4, які жорстко закріплені в коробі. На кінцях валу насаджені маховики 2 з десбалансними вантажами 3, які розташовані діаметрально протилежно по відношенню до ексцентру. На валу 6

					ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також укріплений шків, який приводиться в обертання за допомогою клинопасової передачі, яку електродвигун отримує від клинопасової передачі.

Грохочення важкого типу (ГТ) використовується для дроблення руд, тоді як грохочення легкого типу (ГЛ) використовується для дроблення вугілля.

Інерційний грохот ГІСЛ-42К призначений для зневоднення, знешламлювання, мокрого та сухого (з поверхневою вологою не більше 5%), антрацитів і сланців з крупністю шматків харчування не більше 300x300x600 мм, а також для відмивання суспензії від продуктів їх збагачення.

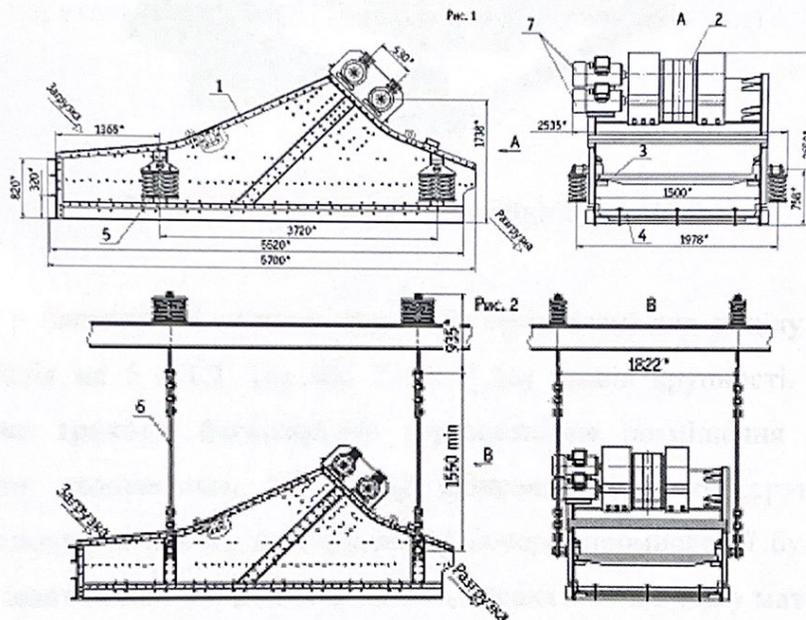


Рисунок 1.6 – Грохот інерційний ГІСЛ-42К:

1 – короб, 2 – вібратор, 3 – встановлення сит верхніх, 4 – встановлення сит нижніх, 5 – опора, 6 – підвіска, 7 – електродвигуни приводу та вібратора

Грохоти інерційні типу ГЛ (рис. 1.7) розроблені для класифікації твердої фази пульпи та сипких матеріалів. Особливості: висока інтенсивність вібрації та, відповідно, висока ефективність грохочення; металеві та гумові сита можна кріпити без болтів; є пристрій для натягу металевих сіток; конструкція проста та надійна; і низькі експлуатаційні витрати. Застосування: переробка різних

							Арк.
							21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ		

рудних і будівельних матеріалів; переробка природних і техногенних сировин;
переробка продуктів хімічної, фармацевтичної та харчової промисловості.

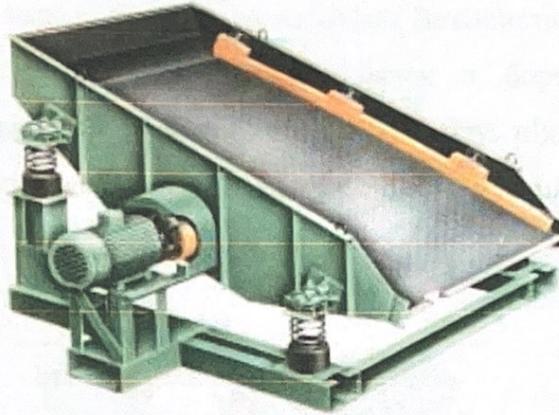


Рисунок 1.7 – Грохот інерційний типу ГІЛ

Інерційні багатоситні грохоти (рис. 1.8) призначені для поділу дрібних сухих матеріалів на 5 (ГСТ 14) або 7 (ГСТ 16) класів крупності. Основні характеристики грохоту: багатоярусне горизонтальне розміщення сит, що робить грохот компактним; динамічна врівноваженість конструкції, що дозволяє встановлювати його на будь-якому поверсі промислової будівлі без кріплення до монтажного майданчика; досить висока якість поділу матеріалу за класами крупності від 2 до 0,05 мм; зручність і надійність у використанні.

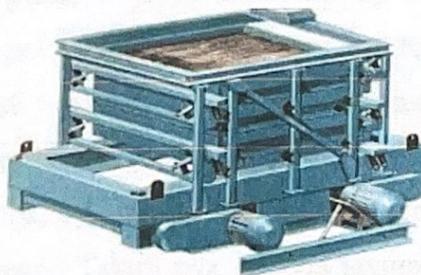


Рисунок 1.8 – Грохот інерційний багатоситний

						ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
							22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Відцентрова сила виникає, коли короб грохоту рухається по круговій траєкторії.

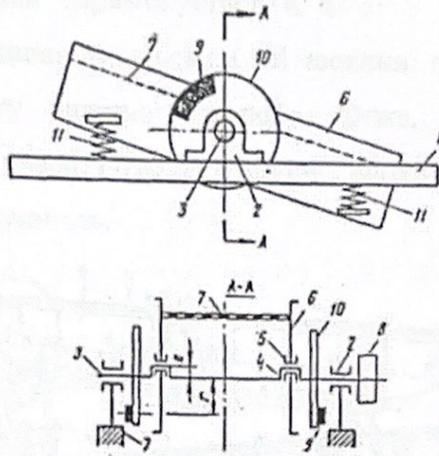


Рисунок 1.11 – Схема гвіраційного грохоту

Опорні конструкції можуть коливатися через відцентрову силу інерції, що передається через підшипники на нерухому раму грохоту. Для врівноваження цієї сили на валу закріплюються два маховики 10, а також додаткові неврівноважені вантажі 9, що називається дисбалансом.

Гвіраційні грохоти використовуються для обробки матеріалів великого розміру (до 400 мм) на решітках з отворами від 150 до 200 мм; вони також можуть бути використані для обробки матеріалів дрібного та середнього розміру. Перевага цих грохотів полягає в тому, що вони мають постійну амплітуду коливань корпуса незалежно від навантаження на матеріал, який використовується для грохоту.

Плаский коливний грохот складається з рами 1, нижнього 7, верхнього 4 коробів із ситами, встановленими на опорах 6, і привідного пристрою, який складається з ексцентрикового вала 2, шатуна 5, двигуна 3 і клинної передачі (рис. 1.12). За умови рівноваги коливних мас сита рухаються в різних напрямках, оскільки ексцентрики приводу верхнього корпуса розташовані під кутом 180° до ексцентриків нижнього корпуса. Сипка суміш, що розділяється,

						ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
							25
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

надходить на сито верхнього короба, просувається по ньому і ділиться на дві частини: верхню (крупну) і нижню (дрібну). Верхня фракція відправляється за призначенням, а нижня фракція спрямовується в нижній короб з-під сита верхнього короба. Ця фракція знову ділиться на дві частини: верхню та нижню, коли вона рухається по сити нижнього короба. Отже, сипкий матеріал поділяється на три фракції або класи. Розміри отворів у верхньому та нижньому ситах коробів визначають їх крупність.

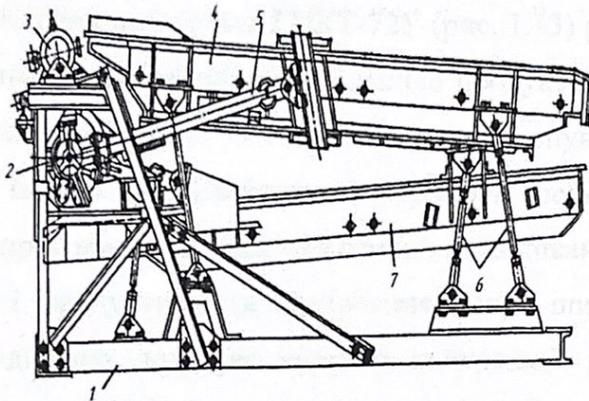


Рисунок 1.12 – Плаский коливний грохот з різнобічним нахилом сит:
 1 – опорна рама; 2 – ексцентриковий вал; 3 – двигун; 4 – верхній короб із ситом; 5 – шатун; 6 – опори; 7 – нижній короб із ситом

Грохот колосниковий — це пристрій для сортування (розділення) сипких матеріалів крупністю до 1200 мм. Для попереднього грохочення, як правило, використовується грохот перед дробленням, щоб видалити грудки до 200 мм, які не потребують дроблення, з гірничої маси. Як нерухомі, так і рухомі. Вони бувають вібраційні та консольні. У зв'язку з їх надзвичайно простою конструкцією вони дозволяють розвантажувати автомобілі, шахтні скіпи та залізничні вагони безпосередньо на колосникову решітку. Нерухомі колосникові грохоти складаються з решітки з колосників фасонного перетину, які зазвичай встановлюються під кутом до горизонту та іноді закріплюються консольно. Небезпека застрявання грудок зменшується завдяки тому, що

						ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
							26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

поперечний поперечний перетин колосників утворює отвори, що розширюються донизу. Щілини між колосниками від 50 до 200 мм. Фронт завантаження визначає ширину грохоту. Загальна ширина колосникової решітки повинна бути не менше потрібного розміру найбільшого шматка, щоб уникнути заклинення великих шматків між бортами решітки. Для руд кут нахилу решітки 38–50, а для вугілля 30–35. Кут збільшується на 5–10 при підвищеній вологості вихідного матеріалу.

Грохот, який самосинхронізується ГПКТ-72У (рис. 1.13) розроблений для сухого та мокрого грохочення матеріалів з більшою продуктивністю у циклах середнього та дрібного дроблення. Він також може виконувати грохочення продуктів дроблення самостійно. Порівняно з серійним грохотом, збільшена площа поверхні, що просіває та висока інтенсивність коливань забезпечують високу ефективність і продуктивність грохочення. Існує широкий діапазон регулювання амплітуди, що дозволяє вибрати найкращий режим процесу грохочення; є вібратор блочного типу, який є більш надійним і ремонтпридатним; і короб має підвищену жорсткість, що гарантує надійність і довговічність.

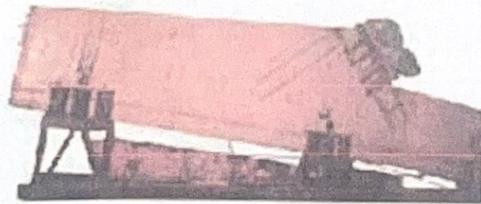


Рисунок 1.13 – Грохот, який самосинхронізується (ГПКТ-72У).

Застосування гідравлічних грохотів включає наступне: захисне грохот перед операціями, що здійснюються із застосуванням обладнання, яке строго обмежує верхню межу крупності живлення; технологічні цикли підготовки та

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

доведення руд, що містять алмаз і золото; класифікація легкопромивних глинистих руд; технології глибокого збагачення кварцу для високоякісного скла; і переробка різноманітних тонких матеріалів.

Характеристики: гідравлічний грохот з еластичним синтетичним ситом (рис. 1.14) з ГСС 0,8 і ГСС 1,25. Поверхня сита, яка складається з еластичної синтетичної мононитки, має великий живий переріз і має властивості самоочищення. Бризкі пристрої забезпечують ефективно зрошення сита при максимальній витраті води 5 м³/год (ГСС 0,8) і 6-8 м³/год (ГСС 1,25).

Інерційний напівзанурювальний грохот ГСТ-21 має наступні характеристики: поверхня, що просіває, частково занурюється у водне середовище; віброзбудники, що самосинхронізуються, забезпечують ідеальні динамічні параметри процесу грохочення різних матеріалів; конструкція проста та надійна, а експлуатаційні витрати низькі.

Гідравлічні сита грохоту 299ГрА та ГПП-2,5: сито грохоту 299ГрА вигнуто, радіус кривизни R становить 2290 мм; шпальтове сито грохоту ГПП-2,5 може повертатися, завантажуючи розвантажувальну частину сита, що збільшує термін служби вдвічі; нерухома сітка періодично струшується (1-20 хв-1) для очищення.



Рисунок 1.14 - Грохоти гідравлічні

					ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Дробарка-грохот барабанна ДГБ-28 призначена для вибіркового дроблення вугілля по визначеному класу крупності, одночасно видаляючи не дробну породу та сторонні предмети (метал, дерева тощо), які мають розміри, більші за розмір отворів решіт.

Дробарка також може використовуватися для вибіркового дроблення вапняку, сланців, крихкого вугілля та інших легких для дроблення матеріалів. Вимоги до дробарки включають межу міцності на стиск до 120 МПа та вміст вологи не більше 4%. У процесі сортування продукту дроблення та видалення не дробного матеріалу.

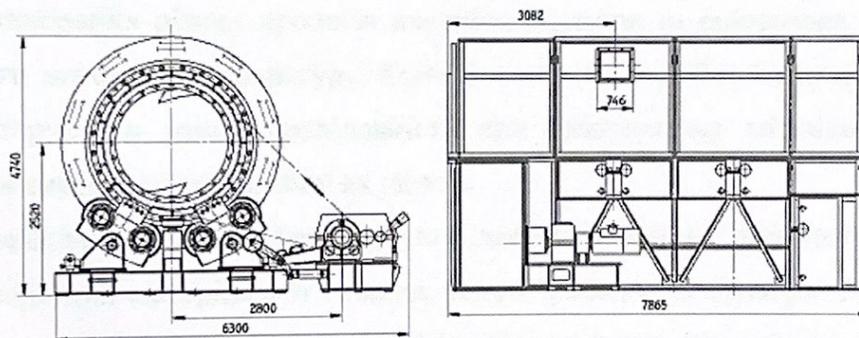


Рисунок 1.15 – Дробарка- грохот барабанна ДГБ-30x45

На збагачувальних фабриках, а також на поверхневих комплексах шахт і розрізів вугілля готується до збагачення.

Вібросита (рис. 1.16) призначені для категорії матеріалів, які є легкими та крихкими. Неоднорідні кругові коливання поле; коливання збуджуються лише в площині сита; низькі експлуатаційні витрати; низька металомісткість; і можливість мокрого грохочення на віброситі В31. Застосування: поділ по крупності порівняно легких матеріалів, таких як усі види матеріалів для будівництва, спеціальні хімічні та фармацевтичні продукти, харчова сировина та продукти; поділ по крупності крихких і цінних матеріалів, щоб уникнути

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стирання та руйнування; поділ матеріалів із складними геометричними частинками.

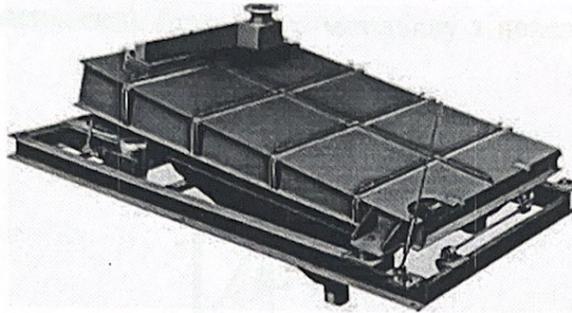


Рисунок 1.16 – Вібросито

Для виконання різних процесів потрібна постійна та рівномірна подача подрібненого матеріалу в апаратуру. Крім того, часто потрібно завантажувати вихідні матеріали в певну послідовність при визначеному співвідношенні компонентів суміші, також відомої як шихта.

Зазвичай живильники використовують для завантаження твердих шматків і порошкоподібних матеріалів зі сховищ, також відомих як бункери. Дозуючі пристрої, також відомі як дозатори, використовуються для подачі певних кількостей матеріалу за допомогою порційних або безперервно діючих пристроїв.

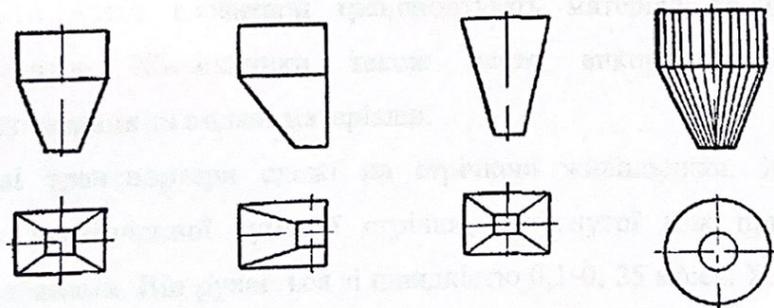


Рисунок 1.17 – Типи бункерів.

					ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Плоска горизонтальна засувка, яка ковзає в напрямних, відкривається за допомогою важеля, шарнірно підвішеного до бункера. Такі затвори добре підходять для розвантаження легких, добре сипких матеріалів на дрібні шматки або для повного розвантаження будь-якого матеріалу з невеликих бункерів за один раз.

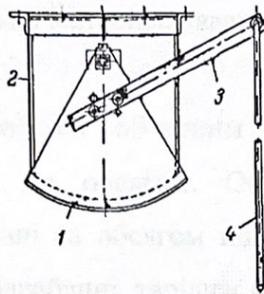


Рисунок 1.18 – Простий односекторний затвор

Простий односекторний затвор має циліндричний сектор із квадратним перетином і пальцями, закріпленими на бічних стінках корпусу. Він кріпиться до отвору бункера.

Живильники – це механічні пристрої, які рівномірно подають сипкі та кускові матеріали в різні апарати, такі як дробарки, сушарки, реактори, печі та інші. Матеріал передається живильниками з бункерів у апарати чи транспортери, а потім елеватори транспортують матеріал до прийомних приладів апаратів. Живильники також часто використовуються для регулювання дозування та подачі матеріалів.

Стрічкові транспортери схожі на стрічкові живильники. Живильник складається з нескінченної гумової стрічки, натягнутої між приводним і натяжним барабанами. Він рухається зі швидкістю 0,1-0,25 м/сек. Живильники такого типу використовують для подачі легких, добре сипучих матеріалів, що не стирають, з шматками розміром 100-150 мм. також для подачі вологих матеріалів, важких, сипких і абразивних матеріалів з розмірами шматків не

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

більше 75 мм. Пластинчасті транспортери та живильники схожі. Вони оснащені сталеву стрічкою, складеною з пластин, які перекривають один одного відповідно до певного профілю, яка жорстко закріплена на нескінченних ланцюгах. Сталева стрічка та ланцюги рухаються зі швидкістю 0,02–0,12 м/сек. Живильники цього типу ідеально підходять для подачі важких матеріалів, таких як абразивні та глинисті матеріали з розмірами шматків не більше 400 мм. Вони працюють добре, оскільки матеріал, завантажений у бункер, надає їм тиску, і вони не чутливі до ударів.

Матеріали дозують ваговим або об'ємним методом; іноді матеріали дозують за вагою, а частину за обсягом. Об'ємний метод дозування використовує мірники, градуйовані за обсягом шкали, а також живильники, описані вище, такі як стрічкові, барабанні, тарілчасті. Об'ємний метод не може бути використаний для дозування порошкоподібних матеріалів, які мають постійний гранулометричний склад і не схильні до комкування та стеження. Вагові матеріали дозуються більш точним способом. Цей метод набуває все більшого поширення, причому застосовуються вагові дозатори ручної, напівавтоматичної та автоматичної дії, незважаючи на відносно складну конструкцію вагових дозаторів. Ваги різних типів, які використовуються як ручні дозатори, встановлюють у бункері з випускним отвором, закритим заслінкою. У дозаторах напівавтоматичної дії після зважування порції матеріалу він потрапляє в бункер автоматично; однак у напівавтоматичних моделях люди вручну вивантажують матеріал з бункера. Автоматичні дозатори зазвичай використовують у великих безперервно діючих виробництвах, оскільки ручні та напівавтоматичні дозатори не такі продуктивні.

Актуальність у виборі теми полягає в розробці грохота призначеного для якісного сортування. Модернізована конструкція грохота, який розглядається в дипломному проекті являється аналогічним агрегатом до вібраційних грохотів розглянутих конструкцій вище. Перевагою в даній машині є те, що

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

продуктивність грохочення набагато вища ніж у існуючих грохотів через використання додаткової активації на ситі.

Також розроблювана конструкція грохота являється економічною, так як потужність привода у декілька разів менша ніж у грохотів аналогів. Використання таких грохотів можливе як на великих сортувальних підприємствах так і в малосерійному виробництві тобто на невеличких підприємствах по сортування гравію. Простота в обслуговуванні малі габаритні розміри по відношенню до аналогів-грохотів надають нам підстави у розробці (модернізації) нової конструкції грохота для ефективного сортування гравію.

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТА

2.1 Принцип дії та конструктивні особливості грохотів

Просіювання — це процес поділу сипких матеріалів на різні класи крупності шляхом просіювання через одне або кілька сит або класифікації матеріалу на поверхнях, що просіваються.

При просіюванні зерна (шматки) матеріалу, які мають розмір більший за розмір отворів сита, залишаються на ситі, а зерна менших розмірів провалюються через отвори.

Вихідний продукт — це матеріал, який залишається на ситі, надгратний (верхній) продукт і підгратний (нижній) продукт, який провалюється через отвори сита.

У результаті послідовного просіювання матеріалу на n ситах створюється $n + 1$ продуктів. Для подальшого просіювання використовується продукт попереднього просіювання.

Розміри найбільших зерен (шматків) подрешетного продукту, а також найменших шматків надгратного продукту умовно рівні величині отворів сита, за допомогою якого матеріал просіюється, тобто $d = l$.

Матеріал, який пройшов через сито з отворами l_1 і залишився на ситі з отворами l_2 , де $l_2 = l_1$.

Три способи можна використовувати для визначення величини класу: $-l_1 + l_2$ або $-d_1 + d_2$; $l_1 - l_2$ або $d_1 - d_2$; $l_2 - l_1$ або $d_2 - d_1$. Наприклад, клас 25 плюс 10 мм, клас 20 – 10 мм і клас 10 – 25 мм.

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2	Лім..	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Сементова	<i>[Підпис]</i>	22.08			34	
Керівн		Вірченко	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Перевір.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Н. Контр.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Затвер.		Орисенко	<i>[Підпис]</i>	22.08				
						НУПП імені Юрія Кондратюка 2024		

Перший і третій із наведених методів визначення крупності класів найбільш широко застосовують при грохоченні вугілля.

У класах, отриманих при грохочення, розмір найбільшого шматка матеріалу d_1 завжди менший отвору сита l_1 , а розмір найменшого шматка матеріалу d_2 завжди менший отвору сита l_2 . Крупність класу – $d_1 + d_2$ або $d_1 - d_2$ означає лише те, що матеріал цього класу був отриманий послідовним просіюванням на двох ситах з отворами розміром $d_1 = l_1$ і $d_2 = l_2$.

Грохоти – це машини та пристрої для грохочення. Будь-який грохот має одну або кілька робочих поверхонь – сит, які знаходяться в одному або декількох коробах і дозволяють йому виконувати коливальні або струшувані рухи. У деяких конструкціях грохотів обертові диски, також відомі як валики, розташовані паралельно в кілька рядів, утворюють поверхню, що просіває. Іноді використовують решітки, які складаються з колосників або стрижнів різної форми та встановлюються нерухомо з нахилом, достатнім для вільного ковзання матеріалу під час грохочення великого матеріалу.

Операції грохочення широко застосовуються на фабриках збагачення та сортування, у будівельних матеріалах, у хімічній, абразивній та багатьох інших галузях. Самостійне, підготовче та допоміжне грохочення виділяють у технологічній схемі збагачення або під час підготовки корисних копалин до переробки.

Самостійне грохочення використовується під час сортування, щоб виділити різні класи готових продуктів, які надсилаються безпосередньо споживачам. Вугілля, залізняка, будівельні та дорожні камені, абразиви та інші матеріали можуть бути сортовані.

На збагачувальних фабриках використовується підготовче грохочення, щоб розділити перероблений матеріал на класи, які будуть використані далі в процесі збагачення. Перед гравітаційними процесами, електромагнітною сепарацією та іншими процесами часто потрібне таке грохочення.

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжне грохочення використовується для виконання операцій, пов'язаних із дробленням. Він використовується для виділення готового продукту по крупності перед дробарками та для підтримки контролю над розміром дробленого продукту. Перший тип грохочення називається попереднім, а другий – контрольним або повірковим.

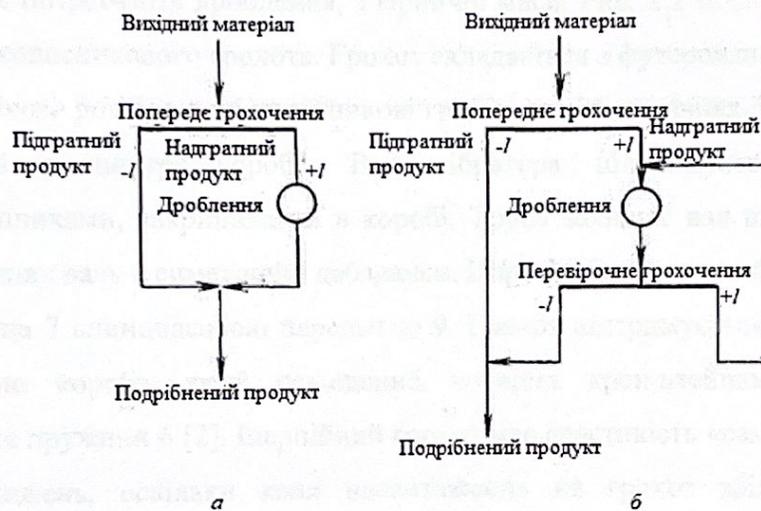


Рисунок 2.1 – Схема грохочення при дробленні:

а – попереднє грохочення; б - попереднє та перевірочне грохочення.

У деяких випадках переслідування грохочення називається виборчим грохоченням. Таким чином отримують продукти, які відрізняються не тільки по величині, але й за вмістом цінного компонента. При вибірковому грохоченні використовуються відмінності у фізичних властивостях окремих компонентів, які входять до складу викопної сировини; ці відмінності можуть включати різницю у формі шматків цінного компонента та порожньої породи або відмінності у твердості та міцності. Видобуток, транспортування та дроблення такої сировини призведе до неоднакового вмісту корисного мінералу.

2.2 Конструкція колосникового грохота і його роботи

Колосниковий грохот – це пристрій, призначений для сортування або розділення сипких матеріалів, які мають розмір до 1000 мм у цьому конкретному проекті. При попередньому грохоченні використовують грохочення, як правило, перед дробленням, щоб виділити грудки крупністю до 200 мм, які не потребують дроблення, з гірничої маси. Рис. 2.2 показує типову конструкцію колосникового грохота. Грохот складається з футерованого короба 1, всередині якого розташовані колосникові ґратки на різних рівнях. Вібратор 2 розташований у центрі короба. Вал вібратора підтримується двома роликотопідшипниками, закріпленими в коробі. Труба захищає вал від пилу та ударів. На кінцях валу є симетричні дебаланси. Шків 8 вала з'єднаний зі шківом електродвигуна 7 клинопасовою передачею 9. Грохот підтримується на основі за допомогою короба, який оснащений чотирма кронштейнами 5, які спираються на пружини 6 [2]. Інерційний грохот має властивість «самозахисту» від перевантажень, оскільки коли навантаження на грохот збільшується, амплітуда коливань короба зменшується, а навантаження на підшипники залишається майже незмінним. Завдяки цій властивості інерційні грохоти можна успішно використовувати для грубого грохочення матеріалів (у вигляді великих кусків), наприклад, для відсіву мілкового матеріалу перед первинним подрібненням.

						ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк.
							37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

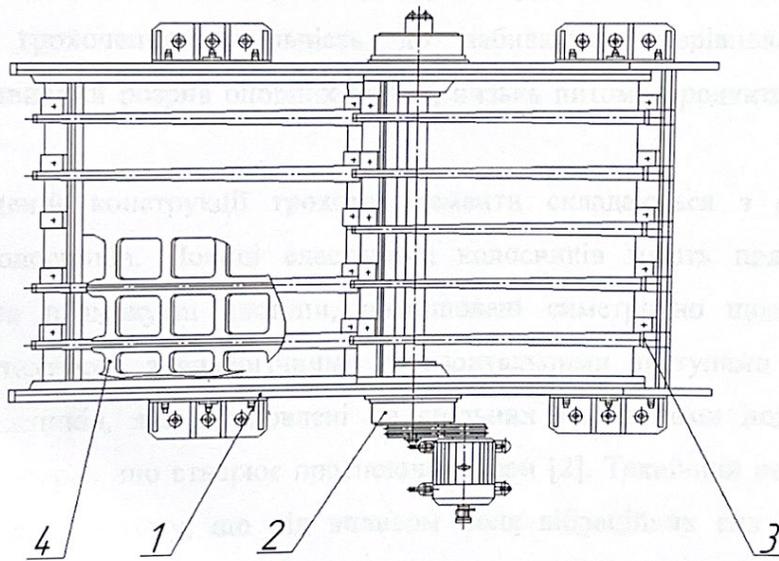
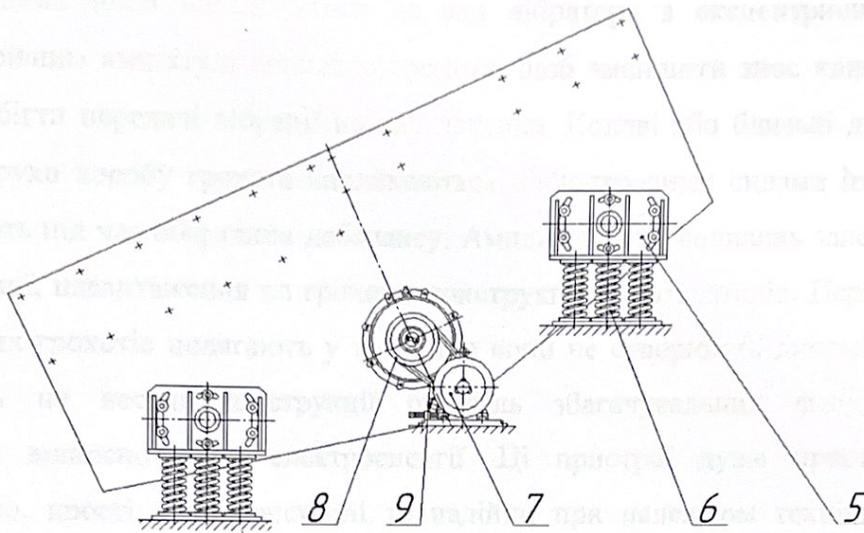


Рисунок 2.2 – Типова конструкція колосникового грохоту:

1 – футерований короб; 2 – вібратор; 3 – колосник; 4 – ґратки; 5 – кронштейн; 6 – пружина; 7 – електродвигун; 8 – шків; 9 – клинопасова передача.

					ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Приводний шків насаджується на вал вібратора з ексцентриситетом приблизно рівним амплітуді коливань грохота, щоб зменшити знос клинових пасів і запобігти передачі вібрації на вал двигуна. Колові або близькі до них коливальні рухи коробу грохота викликаються відцентровими силами інерції, що виникають під час обертання дебалансу. Амплітуда цих коливань залежить від сил інерції, навантаження на грохот і конструкції амортизаторів. Переваги колосникових грохотів полягають у тому, що вони не створюють динамічних навантажень на несучі конструкції будівель збагачувальних фабрик і споживають відносно мало електроенергії. Ці пристрої дуже прості за конструкцією, прості в використанні та надійні; при належному технічному обслуговуванні вони майже ніколи не потребують ремонту. Відрізняються довговічністю завдяки високому ударному опору. Недоліками є низька ефективність грохочення, схильність до забивання, невірноваженість конструкції, швидкий розрив опорних стійок, низька питома продуктивність і громіздкість.

В наведеній конструкції грохота елементи складаються з окремих еластичних колосників. Полиці еластичних колосників мають прямокутні двосторонні та прямокутні виступи, розташовані симетрично щодо один одного, і контактують з аналогічними горизонтальними виступами полиць суміжних колосників, які встановлені на спільних і між ними подовжніх колосникових опорах, що створює просіюючі отвори [2]. Технічний результат виконання полягає в тому, що під впливом поля вібраційних сил на всіх ділянках реальної робочої поверхні грохочення відбувається активна неоднорідна дія на оброблюване середовище. Це досягається за рахунок зменшення металомісткості колосникових опор, що призводить до підвищення ваго-піднімальної здатності вібраційного грохота. Крім того, процес кріплення формуючих просіюючу поверхню колосниково-карткових елементів до короб.

Вібробуджувач складається з розміщених у корпусі валів з дебалансом і зубчастими шківками, які з'єднані зубчастим пасом. У вібробуджувача різне

						ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
							39
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

число зубців, а ряд послідовно встановлених (або пар) зубців зростає або спадає, і зубчасті шківни перехресно з'єднані зубчастим двобічним пасом [3]. Короб із ситом створює складні коливання, амплітуди та частоти яких змінюються по довжині сита. Тому їхні раціональні значення можна підібрати, щоб забезпечити ідеальні умови для розділення матеріалу на фракції, що робить процес простішим і підвищує ефективність класифікації сипучих матеріалів.

Вал вібробудника розташований в центрі мас рухомих елементів грохота під гострим кутом до робочої поверхні сита, спрямованої до завантажувального вікна. Робоча поверхня сита складається з поздовжніх жолобів з пружними елементами вздовж внутрішніх поверхонь вершин жолобів. У процесі роботи грохота забезпечується збільшення шляху проходження матеріалу по поверхні, що просіює, перемішування матеріалу в шарі та очищення сітки. Це призводить до підвищення ефективності поділу матеріалів і продуктивності грохота при одночасному зниженні витрат енергії.

					ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Математична модель колосникового грохота

Переробка різноманітних природних і штучних матеріалів є обов'язковою для виробництва будівельних матеріалів. До них можна віднести кварцовий пісок, який має межу поділу 0,63–2,5 мм і використовується для виготовлення розчинів для кладки, оздоблювальних розчинів і сухих будівельних сумішей. У результаті вологого матеріалу просівані поверхні забиваються, і існує обладнання, яке не може виконувати цей поділ з необхідною продуктивністю та ефективністю процесу.

Колосниковий грохот працює таким чином, що вихідний продукт подається в порожнину пружини, що вібрає, а просіювання відбувається через регульовані зазори між витками. Крок навивки пружини визначає кількість гравію, який просіюється. При порівняно невеликому діаметрі пружини утворюється значна кількість сегментів за площею поверхні, що просівається. Гравій, який рухається по внутрішній поверхні робочого органу, утворює надгратний продукт, коли він виходить через отвір у торцевій частині грохоту.

Незважаючи на те, що існує багато різних способів встановлення пружинного робочого органу, ми розглянемо один із варіантів, коли робочий орган встановлений з можливістю вібраційних коливань під кутом від 0 до 45° і має пристрій, який може фіксувати як радіальні, так і кутові переміщення. Цей пристрій має форму державки з поздовжнім пазом, як показано на рис. 2.5.

На відміну від існуючих «жорстких» поверхонь, що просіюють, пружинна поверхня, що просіює, здійснює власні коливання витків, які, як було встановлено в результаті проведеного експерименту, позитивно впливають на процес грохочення, що відбувається. Чисельно визначимо частоту своїх коливань витків робочого органу (рис. 2.6).

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк. 42
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

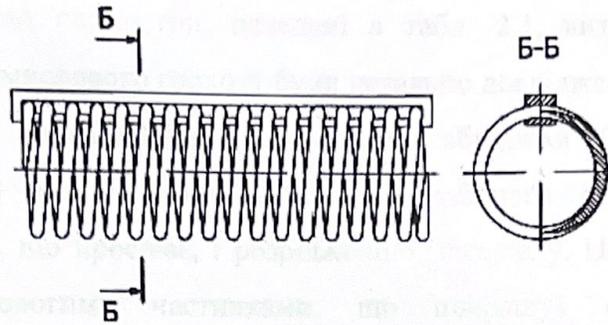


Рисунок 2.5 – Варіант закріплення витків спіралі у пазах тримача

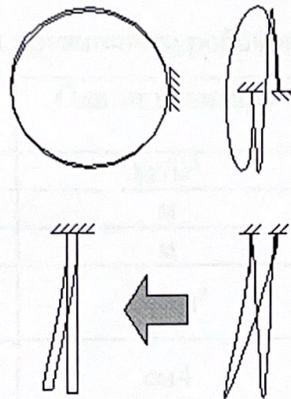


Рисунок 2.6 – Схема визначення власної частоти коливань витка пружинного робочого органу

Знаючи жорсткість і геометричні характеристики робочого органу, ми можемо чисельно визначити частоту власних коливань витків за допомогою формули Рело.

$$J = 2 \cdot \frac{\pi \cdot d^4}{32} \quad (2.1)$$

$$q = 2\rho \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (2.2)$$

$$p = k \cdot \sqrt{\frac{E \cdot J}{q \cdot l^4}} = k \cdot \sqrt{\frac{E}{7\rho}} \cdot \frac{d}{D^2} \quad (2.3)$$

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Використовуючи параметри, наведені в табл. 2.1, витки пружинного робочого органу промислового грохоту були детально досліджені.

У результаті навантаження зовнішнього збудника (конструктивних елементів приводу) власні коливання витків робочого органу сприяють очищенню поверхні, що просіває, і розрідженню матеріалу. Це зменшує сили зчеплення між вологими частинками, що покращує ефективність і продуктивність процесу.

Таблиця. 2.1 – Параметри пружинного робочого органу

Найменування параметрів	Одиниця виміру	Показник
Щільність гравію, ρ	кг/м ³	7800
Діаметр дроту, d	м	0,006
Діаметр пружини, D	м	0,26
Модуль пружності 1-го роду, E	кг/см ²	2,00E + 11
Жорсткість дроту на вигин, J	см ⁴	2,54469E – 10
Питома маса за довжиною, q	кг/м	0,441079609
Частота коливань, V	Гц	40

Частота коливань робочого органу, швидкість руху гравію по поверхні, що просіває, і оптимальна маса матеріалу на поверхні, що просіває, є трьома основними факторами, що впливають на технологічні характеристики пружинного грохоту.

Для визначення частоти коливань робочого органу ми використовуємо аналогічні методи, які використовуються для таких машин. Для цього візьмемо до уваги частину поверхні робочого органу. Оскільки поздовжні коливання мають певну частоту V і амплітуду A , на частину пружинної поверхні, що просіває, впливають сила тяжіння G , відцентрові сили інерції P_{in} , сила тертя F_m і власні коливання витків F_p . Під час розгляду становища частки можливо кілька випадків. У першому випадку тиск на робочий орган рухається вниз, а

						Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	

виток рухається вздовж осі абсцис. Подаємо частину з силами, які її впливають. (рис. 2.7).

Розкладаємо силу тяжкості G на її складові $G \cos$ і $G \sin$, з них $G \cos$ притискає частинку до поверхні витка, $G \sin$ прагне зрушити частинку вниз. Сила тертя F_T прагне зрушити частку вгору по робочому органу і перешкоджає її переміщенню вниз по робочому органу.

$$F_T = (G \cos \alpha - P_{in} (\cos \beta - 90)) f \quad (2.4)$$

де α – кут нахилу робочого органу грохоту;

β – кут застосування коливань до робочого органу, $\beta = 90 + \alpha$;

f – коефіцієнт тертя частки витки робочого органу.

Сила інерції, що діє від робочого органу

$$P_{in} = m \cdot \omega^2 \cdot \ell \quad (2.5)$$

де m – Маса частинки, кг;

ω^2 – кутова швидкість, c^{-1} ; $\omega = 2\pi n$;

ℓ – величина зміщення осі приводу і частини грохоту (робочого органу), що приводиться (далі будемо називати ексцентриситет діючого від приводу навантаження, м (для гіраційного приводу $\ell = A$).

Сила інерції від своїх коливань витків:

$$F_p = m \cdot a_B \quad (2.6)$$

де a_B – прискорення витка робочого органу, m/c^2 :

$$a_B = \frac{V_B}{t} \quad (2.7)$$

де V_B – швидкість витка робочого органу, м/с.

						ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк. 45
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

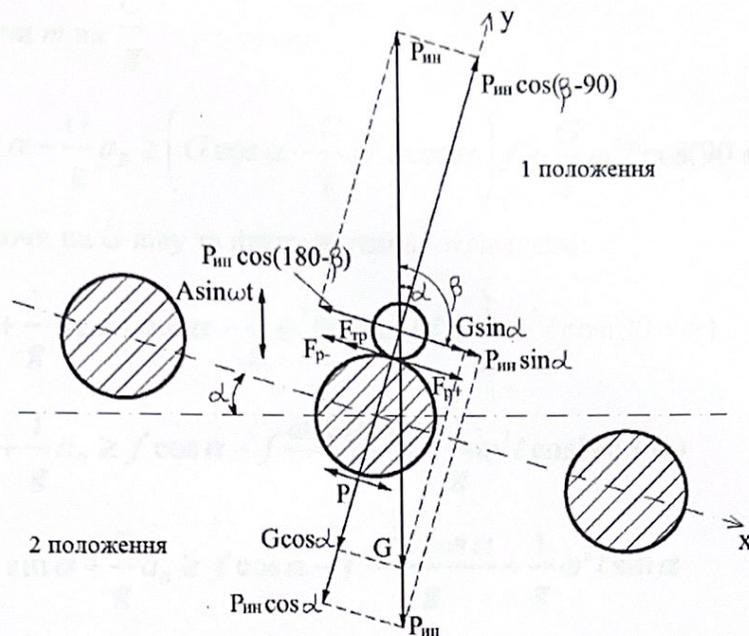


Рисунок 2.7 – Схема до розрахунку частоти коливань робочого органу

Швидкість руху частинок робочої поверхні залежить від швидкості руху витка. Зважаючи на те, що виток є частиною поверхні, що просіває, ми можемо використовувати формулу, яка відповідає нашому випадку, щоб визначити швидкість руху витка:

$$J_B = \Delta p \cdot \cos \beta \quad (2.8)$$

де Δ – амплітуда коливань витка робочого органу, мм.

Так як час нескінченно мала величина, то приймаємо, що $a_B = \Delta p \cdot \cos \beta$, спрощуємо вираз і отримуємо $a_B = \Delta p \cdot \sin \alpha$.

Для забезпечення руху гравію вниз необхідно, щоб:

$$G \sin \alpha + F_p \geq F_T + P_{in} \cdot \cos(180 - \beta) \quad (2.9)$$

$$G \sin \alpha + F_p \geq (G \cos \alpha - P_{in} \cdot \cos(90 + \alpha - 90))f + P_{in} \cdot \cos(180 - 90 + \alpha) \quad (2.10)$$

$$G \sin \alpha + F_p \geq (G \cos \alpha - P_{in} \cdot \cos \alpha)f + P_{in} \cdot \cos(90 + \alpha) \quad (2.11)$$

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Замінюючи m на $\frac{G}{g}$ отримаємо:

$$G \sin \alpha + \frac{G}{g} a_B \geq \left(G \cos \alpha - \frac{G}{g} \omega^2 l \cos \alpha \right) f + \frac{G}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha) \quad (2.12)$$

Скорочуючи на G ліву та праву частини, отримуємо:

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq \left(\cos \alpha - \frac{1}{g} \omega^2 l \cos \alpha \right) f + \frac{1}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha) \quad (2.13)$$

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq f \cos \alpha - f \frac{\omega^2 l \cos \alpha}{g} + \frac{1}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha) \quad (2.14)$$

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq f \cos \alpha - f \frac{\omega^2 l \cos \alpha}{g} + \frac{1}{g} \omega^2 l \sin \alpha \quad (2.15)$$

$$\frac{\omega^2 l}{g} \sin \alpha + f \frac{\omega^2 l}{g} \cos \alpha \geq f \cos \alpha - \frac{a_B}{g} - \sin \alpha \quad (2.16)$$

Замінюючи ω на $2\pi n$ отримаємо:

$$\frac{4\pi^2 n^2 l}{g} \sin \alpha + f \frac{4\pi^2 n^2 l}{g} \cos \alpha \geq f \cos \alpha - \frac{a_B}{g} - \sin \alpha \quad (2.17)$$

$$n^2 \geq \frac{gf \cos \alpha - a_B - g \sin \alpha}{4\pi^2 (fl \cos \alpha + l \sin \alpha)} \quad (2.18)$$

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{fl \cos \alpha + l \sin \alpha}} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{fl \cos \alpha + l \sin \alpha}} \quad (2.19)$$

Замінюючи f на $tg\varphi$, а l на A отримаємо:

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{tg\varphi \cos \alpha - \sin \alpha}{A(tg\varphi \cos \alpha + \sin \alpha)}} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A(tg\varphi \cos \alpha + \sin \alpha)}} \quad (2.20)$$

Замінюючи $tg\varphi$ на $\frac{\sin \varphi}{\cos \varphi}$, після перетворення отримаємо:

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\varphi + \alpha)}} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha \cos \varphi}{A \sin(\varphi + \alpha)}} \quad (2.21)$$

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
						47
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо другий випадок: робочий орган здійснює рух нагору, а виток рухається назад. Подаємо частинку з силами, що діють на неї (рис. 2.7, 2 положення).

Вплив сили тяжкості G та сили тертя F_T залишається аналогічним першому випадку. Сила тертя визначається так:

$$F_T = (G \cos \alpha + P_{in} \cos \alpha) f \quad (2.22)$$

Для забезпечення руху гравію вниз необхідно, щоб:

$$G \sin \alpha - F_p + P_{in} \sin \alpha \geq F_T \quad (2.23)$$

$$G \sin \alpha - \frac{G}{g} a_B + \frac{G}{g} \omega^2 A \sin \alpha \geq (G \cos \alpha + \frac{G}{g} \omega^2 A \cos \alpha) f \quad (2.24)$$

$$\sin \alpha - \frac{1}{g} a_B + \frac{1}{g} \omega^2 A \sin \alpha \geq (\cos \alpha + \frac{1}{g} \omega^2 A \cos \alpha) f \quad (2.25)$$

$$\frac{1}{g} \omega^2 A \sin \alpha - \frac{f}{g} \omega^2 A \cos \alpha \geq f \cos \alpha - \sin \alpha + \frac{a_B}{g} \quad (2.26)$$

$$\frac{1}{g} \omega^2 (A \sin \alpha - f A \cos \alpha) \geq f \cos \alpha - \sin \alpha + \frac{a_B}{g} \quad (2.27)$$

$$\omega^2 \geq \frac{g(f \cos \alpha - \sin \alpha) + a_B}{A(\sin \alpha - f \cos \alpha)} \quad (2.28)$$

$$n^2 \geq \frac{g(f \cos \alpha - \sin \alpha) + a_B}{4\pi^2 A(\sin \alpha - f \cos \alpha)} \quad (2.29)$$

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(f \cos \alpha - \sin \alpha)}{A(\sin \alpha - f \cos \alpha)}} + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A(\sin \alpha - f \cos \alpha)}} \quad (2.30)$$

Замінюючи f на $tg\varphi$ отримаємо:

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(tg\varphi \cos \alpha - \sin \alpha)}{A(\sin \alpha - tg\varphi \cos \alpha)}} + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A(\sin \alpha - tg\varphi \cos \alpha)}} \quad (2.31)$$

Після перетворень отримаємо:

						ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			48

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\alpha - \varphi)}} + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A \sin(\alpha - \varphi)}} \quad (2.32)$$

Таким чином, частота коливань робочого органу визначається як

$$\begin{cases} n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\varphi + \alpha)}} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha \cos \varphi}{A \sin(\varphi + \alpha)}} \\ n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\alpha - \varphi)}} + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A \sin(\alpha - \varphi)}} \end{cases} \quad (2.33)$$

У процесі грохочення вихідний матеріал рухається по поверхні, що просіває, з певною швидкістю. Частота коливань робочого органу, кут нахилу робочого органу та амплітуда коливань впливають на цю швидкість. До певного моменту підвищення швидкості процесу призводить до більшої продуктивності та ефективності. Однак ефективність грохочення знижується, коли швидкість досягає критичного рівня при подальшому збільшенні продуктивності. Це пов'язано з тим, що частинки нижнього шару «проскакують» через отвори в поверхні, що просіває, що зменшує час знаходження гравію на поверхні, що просіває, а також ймовірність проникнення частинок через зазори між витками робочого органу.

Таким чином, основним завданням є встановлення оптимальної швидкості руху гравію (v). Згідно з інформацією, знайденою в літературі, швидкість руху частинки в інерційних грохотах з похилою поверхнею, що просіває, з спрямованими коливаннями можна визначити за формулою, яка відповідає:

$$v = \sqrt{\frac{2gh \cos \alpha}{\sin^2 \beta}} \quad (2.34)$$

Але, враховуючи, що витки робочого органу здійснюють власні коливання, представимо схему руху частки (рис. 2.8).

						Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	

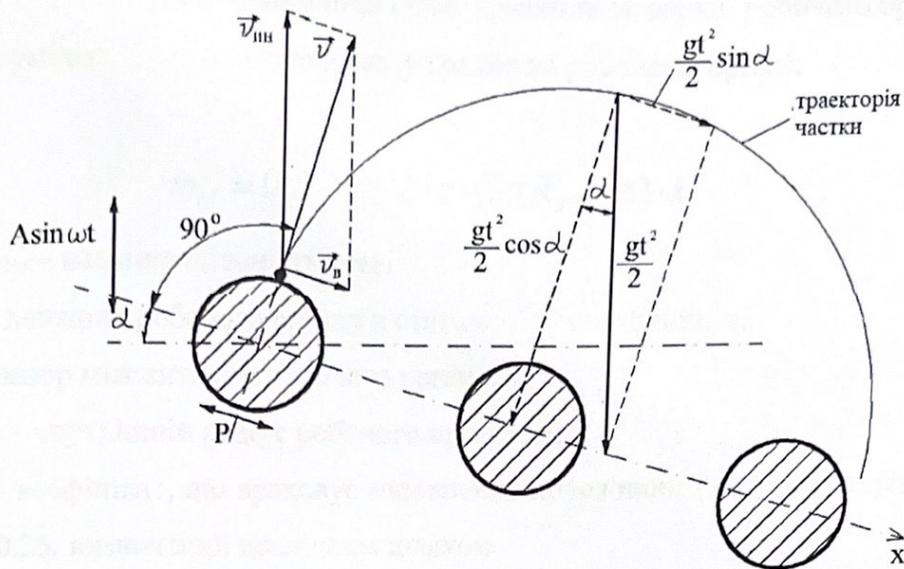


Рисунок 2.8 – Визначення швидкості руху частки

Сумарна швидкість, яка складається зі швидкості спрямованого руху робочого органу та швидкості руху витка робочого органу, є швидкістю руху частки. Для того, щоб обчислити швидкість, що повідомляється частинці від коливань витків, ми вводимо поправочний коефіцієнт, встановлений експериментом. Отже, ми отримуємо, що швидкість дорівнює:

$$v = K_{пс} \sqrt{\frac{2gh \cos \alpha}{\sin^2 \beta}} \quad (2.35)$$

Розрахунок грохотів вимагає визначення маси гравію на поверхні, що просівається, щоб гарантувати високу ефективність процесу та достатню продуктивність. Крім того, це впливає на споживану потужність.

Визначення маси гравію, що міститься в грохоті, є проблемою, пов'язаною з недостатнім вивченням законів грохочення.

Допустимий прогин робочого органу від матеріалу на поверхні, що просіває, гарантує нормальну роботу пружинного грохоту. Ураховуючи цю

						ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк. 50
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

ситуацію та враховуючи одиничний обсяг гравію на поверхні робочого органу в реальних умовах, було визначено масу гравію на робочому органі:

$$m_M = 0,5 \cdot \rho_M \cdot L \cdot z \cdot (2\pi R_{BH} - z) \cdot k_1 \quad (2.36)$$

де ρ_M – насипна щільність гравію, кг/м³;

L – довжина робочого органу в статичному положенні, м;

z – зазор між витками робочого органу, м;

R_{BH} – внутрішній радіус робочого органу, м;

k_1 – коефіцієнт, що враховує заповнення порожнини грохоту матеріалом, $k_1 = 0,2 \dots 0,25$, визначений дослідним шляхом.

Для визначення продуктивності було розглянуто, як зерна гравію проходять через зазор пружинного робочого органу за короткі проміжки часу. Об'єм частини нижнього моношару матеріалу, яка забезпечує продуктивність пружинного грохоту по підгратовому продукту для одного робочого органу, визначено:

$$\Pi_{\text{нідг}} = \frac{3600 \cdot l_{\text{ср}} \cdot z_{\text{дин}}^2 \cdot i}{t} \cdot k_B \cdot k_{\text{дин}} \cdot k_{\text{пр}} \quad (2.37)$$

де t – елементарна тривалість проходження зерен, год;

$l_{\text{ср}}$ – середня довжина дуги сегмента перерізу матеріалу, м;

k_B – коефіцієнт, що враховує кількість проміжків, які реально беруть участь у процесі грохочення, $k_B = 0,7$;

$k_{\text{дин}}$ – номінальний динамічний коефіцієнт, що враховує вплив швидкості руху гравію та ймовірність проходження частинок при зміні величин зазорів пружини, $k_{\text{дин}} = 1$ (при спокійній роботі грохоту);

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує тип приводу грохоту, $k_{\text{пр}} = 1$ при гіраційному приводі; $k_{\text{пр}} = 0,85$ при інерційному приводі.

					ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Підвищити продуктивність можна набором секцій робочих органів. Тоді продуктивність можна розрахувати як набір суми продуктивності робочих модулів.

$$P = \sum P_k \quad (2.38)$$

де K – кількість робочих модулів.

Колосниковий грохот можна використовувати на підприємстві при сортуванні різних матеріалів шляхом заміни старих конструкцій грохотів, що є на підприємствах і давно використовуються в технологічних схемах, на новий промисловий зразок колосникового грохоту, що має високу технологічну ефективність 89...96 % при сортуванні сухих і вологих матеріалів 5%).

Багато підприємств будівельної галузі мають важке матеріальне становище і, як наслідок, немає коштів на переозброєння та заміну застарілого обладнання новим. Для вирішення цієї проблеми ми пропонуємо наступний варіант. Колосниковий грохот можна використовувати для модернізації наявних конструкцій грохотів, що володіють працездатним приводом, тобто поверхню, що просіває, вібраційних інерційних і гіраційних грохотів пропонується замінити на пружинну поверхню, що просіває.

Таким чином, колосниковий грохот можна використовувати як у вигляді нової промислової конструкції, так і при модернізації давно відомих інерційних і гіраційних грохотів, що знаходяться в робочому стані.

За результатами, через відсутність жорсткого зв'язку між витками робочого органу, ресурс роботи пружинної поверхні, що просіває, в 1,5 рази вище, ніж у дротяних сит. Якщо повернути пружину на 90 градусів, можна продовжити термін служби робочого органу через наявність зносу в робочій зоні витків. Для промислового зразка грохоту час повороту робочого органу становить 0,5 – 1 годину зазору.

						ГМіМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	Арк.
							52
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Розділ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТА

Одним з головних недоліків колосникових грохотів є засмічення сита під час його роботи, що суттєво знижує продуктивність. Це відбувається за рахунок надмірної вологості просіюваного матеріалу, після чого відбувається налипання на сито. Для вирішення даної проблеми пропонується застосувати додаткову активацію віброзбудження. Поряд з двигуном встановлюється додатковий мотор з дебалансним вібратором, який активується декілька разів за хвилину.

Додаткова активація може полегшити рух матеріалів через решітку грохота, збільшуючи пропускну здатність та швидкість сортування. Вібрація може відштовхувати менші частинки, уникати їх засмічення в отворах решітки та підтримувати ефективне сортування. Також, це може сприяти кращому розділенню матеріалів за розмірами, особливо у випадках, коли матеріали мають схильність до адгезії або змінення свого стану. З використанням оптимізованої вібрації можна досягти кращої ефективності роботи грохота, що може призвести до зменшення енергоспоживання. Збільшення ефективності сортування та підвищення продуктивності можуть призвести до більш швидкої обробки матеріалів та зменшення часу простою обладнання. Правильне використання вібрації може сприяти більш рівномірному розподілу навантаження на елементи грохота, що може вплинути на тривалість служби обладнання.

Налаштування параметрів вібрації, таких як амплітуда та частота, повинні бути раціонально підібрані для конкретного матеріалу, щоб досягти максимальної ефективності сортування. Тому було вирішено провести експеримент.

					ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3	Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Семенюта	<i>[Підпис]</i>				53	
Керівн.		Вірченко	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Перевір.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Н. Контр.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08				
Затвер.		Орисенко	<i>[Підпис]</i>	22.08				
						НУПП імені Юрія Кондратюка 2024		

Під час проведення експерименту здійснювалось просіювання гравію в колосниковому грохоті при зміні амплітуди та частоти коливання, а також додавання та корегування частоти додаткової активації. Після чого були проведені виміри продуктивності по кожному експерименту.

Було використано спланований трифакторний експеримент. У якості функції Y прийнято продуктивність Π , м³/год; у якості аргументів: X_1 – амплітуда коливань сита A , мм, X_2 – частота коливань сита V , Гц, X_3 – частота додаткової активації за хв n , шт.

Діапазони варіювання змінними приведені у табл. 3.2, а матриця планування експериментів – у табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Діапазони варіювання змінними експерименту

Характеристика	Кодове позначення фактора	Амплітуда коливань сита	Частота коливань сита	Частота додаткової активації
		мм	Гц	шт
Верхній рівень	1	5	80	10
Нульовий рівень	0	4	60	5
Нижній рівень	-1	3	40	0

Матриця планування експерименту представлена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Матриця планування експерименту

№	Код	Амплітуда коливань сита	Код	Частота коливань сита	Код	Частота додаткової активації	Продуктивність
1	2	3	4	5	6	7	8
1	+	5	+	80	+	10	55,27
2	-	3	+	80	+	10	71,05
3	+	5	-	40	+	10	46,73
4	-	3	-	40	+	10	72,62
5	+	5	+	80	-	0	54,41
6	-	3	+	80	-	0	59,30
7	+	5	-	40	-	0	64,17
8	-	3	-	40	-	0	61,23

Під час проведення експерименту здійснювалось просіювання гравію в колосниковому грохоті при зміні амплітуди та частоти коливання, а також додавання та корегування частоти додаткової активації. Після чого були проведені виміри продуктивності по кожному експерименту.

Було використано спланований трифакторний експеримент. У якості функції Y прийнято продуктивність Π , м³/год; у якості аргументів: X_1 – амплітуда коливань сита A , мм, X_2 – частота коливань сита V , Гц, X_3 – частота додаткової активації за хв n , шт.

Діапазони варіювання змінними приведені у табл. 3.2, а матриця планування експериментів – у табл. 3.3.

Таблиця 3.2 – Діапазони варіювання змінними експерименту

Характеристика	Кодове позначення фактора	Амплітуда коливань сита	Частота коливань сита	Частота додаткової активації
		мм	Гц	шт
Верхній рівень	1	5	80	10
Нульовий рівень	0	4	60	5
Нижній рівень	-1	3	40	0

Матриця планування експерименту представлена у табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Матриця планування експерименту

№	Код	Амплітуда коливань сита	Код	Частота коливань сита	Код	Частота додаткової активації	Продуктивність
		3	4	5	6	7	8
1	+	5	+	80	+	10	55,27
2	-	3	+	80	+	10	71,05
3	+	5	-	40	+	10	46,73
4	-	3	-	40	+	10	72,62
5	+	5	+	80	-	0	54,41
6	-	3	+	80	-	0	59,30
7	+	5	-	40	-	0	64,17
8	-	3	-	40	-	0	61,23

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8
9	+	5	0	60	0	5	59,86
10	-	3	0	60	0	5	66,17
11	0	4	+	80	0	5	57,13
12	0	4	-	40	0	5	54,11
13	0	4	0	60	+	10	64,08
14	0	4	0	60	-	0	57,84
15	0	4	0	60	0	5	61,15
16	0	4	0	60	0	5	57,49
17	0	4	0	60	0	5	60,91

У результаті обробки експериментальних даних отримано рівняння регресії в кодованому вигляді, згідно розв'язків якого побудовано графічні залежності (рис.3.1 – 3.9):

$$Y = 58,27 - 3,4x_1 + 1,53x_2 + 3,05x_3 + 4,22x_1^2 + -2,61x_2^2 + 3,14x_3^2 + 3,04x_1x_2 - 2,08x_1x_3 + 5,37x_2x_3 \quad (3.1)$$

Перевірку адекватності отриманої функціональної залежності фактичним результатам, отриманим на основі експериментів, зроблено на основі розрахунку критерію Фішера F_p і порівняння його з рекомендованим значенням $[F_p]$. Рівняння вважається придатним при $F_p < [F_p]$ [5].

Гранична величина $[F_p]$ -критерію визначена, як $[F_p] = 18,9$.

Розрахункове значення F_p -критерію Фішера визначено за формулою:

$$F_p = \frac{S_{ad}^2}{S_y^2}, \quad (3.2)$$

де S_{ad}^2 – дисперсія адекватності (остаточна дисперсія);

						Арк.
						55
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ГМІМ.601-ММв.019-00.00.000.ПЗ	

$S_{\bar{y}}^2$ – дисперсія у нульовій точці. При триразових вимірюваннях для поточного експерименту $S_{\bar{y}}^2 = 0,103542$.

Згідно розрахунків, $S_{\sigma_0}^2 = 0,83035$.

Розрахункове значення критерію Фішера:

$$F_p = \frac{S_{\sigma_0}^2}{S_{\bar{y}}^2} = \frac{0,83035}{0,103542} = 8,09 < 18,9.$$

Оскільки розрахункове значення F_p -критерію менше, ніж граничне, то можна стверджувати, що розроблена на основі багатофакторного аналізу функціональна залежність (3.1) адекватно описує процес впливу конструктивних параметрів та режимів роботи грохоту на його продуктивність.

На рис. 3.1-3.3 показано графічні залежності продуктивності грохочення від амплітуди коливань.

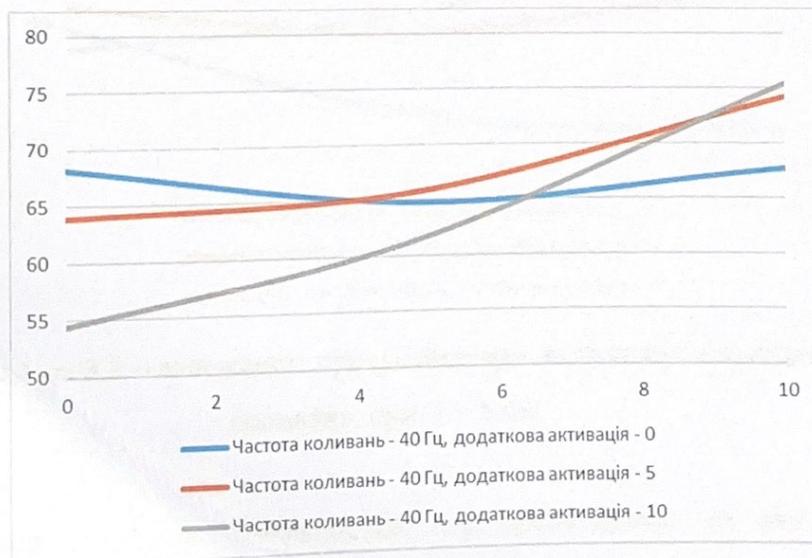


Рисунок 3.1 – залежності продуктивності грохочення від амплітуди коливань, при $A = 3$ мм

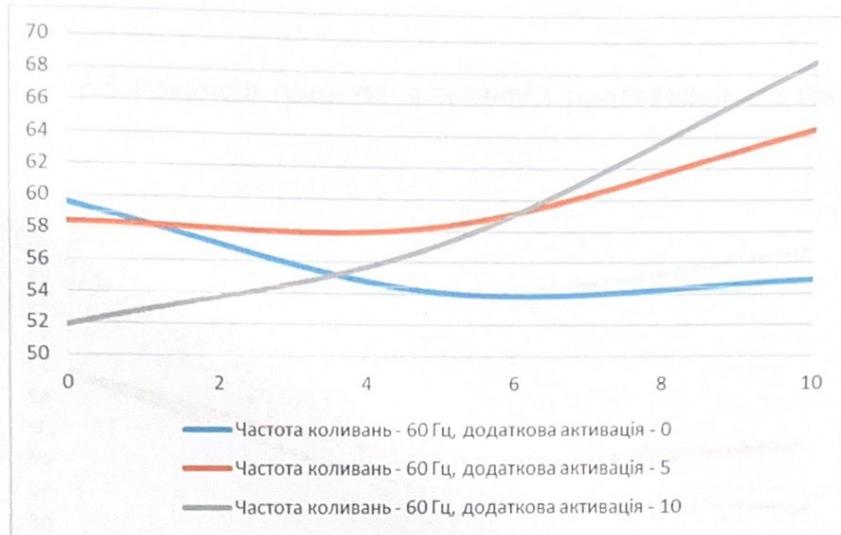


Рисунок 3.2 – залежності продуктивності грохочення від амплітуди коливань, при $A = 4$ мм

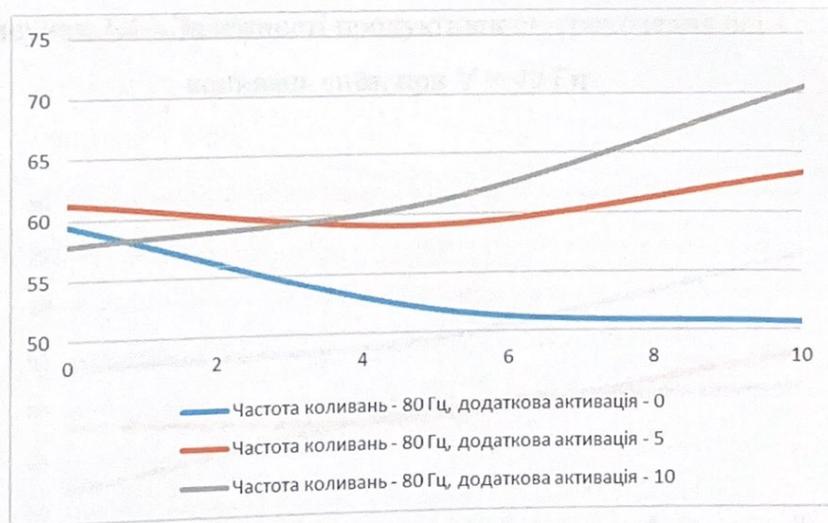


Рисунок 3.3 – залежності продуктивності грохочення від амплітуди коливань, при $A = 5$ мм

Характер графічних залежностей, що представлено на рис. 3.1-3.3 свідчить про зростання показника продуктивності грохота при найнижчій амплітуді 3 мм. Також видно, що збільшення частоти додаткової активації зростає продуктивність. Але при всіх найвищих показниках продуктивність

падає.

На рис. 3.4-3.6 показано графічні залежності продуктивності грохота від частоти коливань.

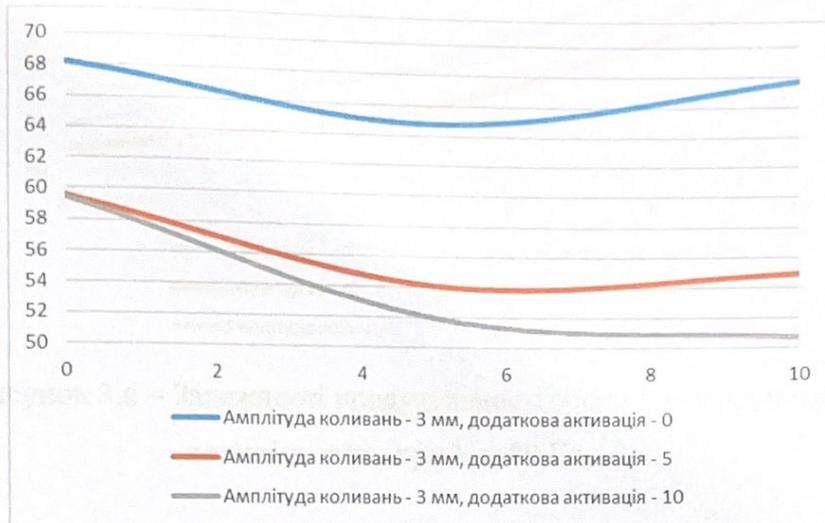


Рисунок 3.4 – Залежності продуктивності грохочення від частоти коливань сита, при $V = 40$ Гц

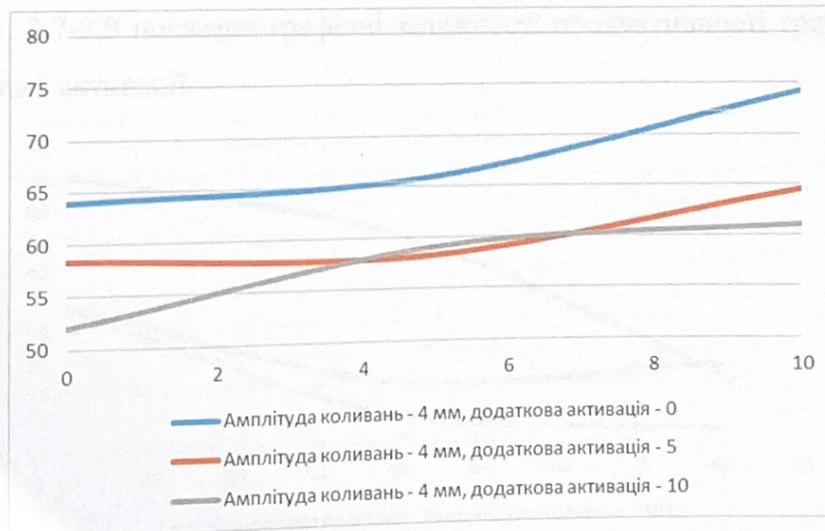


Рисунок 3.5 – Залежності продуктивності грохочення від частоти коливань сита, при $V = 60$ Гц

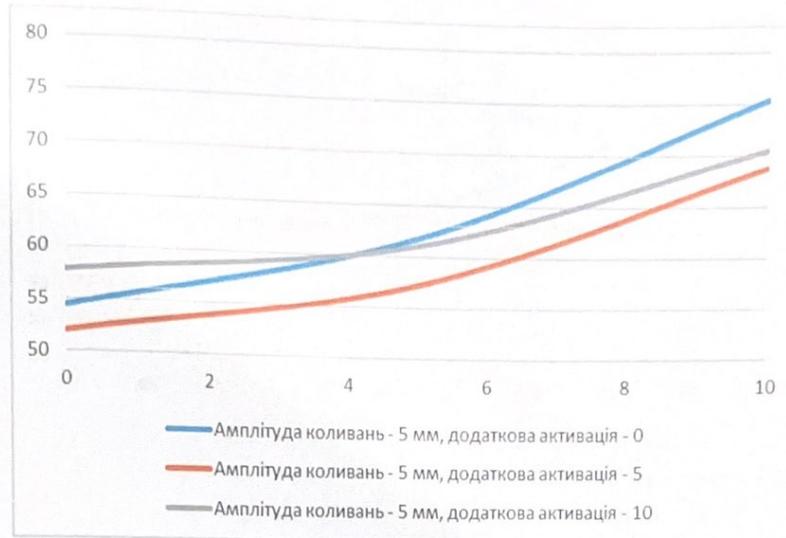


Рисунок 3.6 – Залежності продуктивності грохочення від частоти коливань сита, при $V = 80$ Гц

Характер графічних залежностей, що представлено на рис. 3.4-3.6 свідчить про зростання показника продуктивності грохота при середній та вищій частоті коливання сита.

На рис. 3.7-3.9 показано графічні залежності продуктивності грохота від частоти доданої активації.

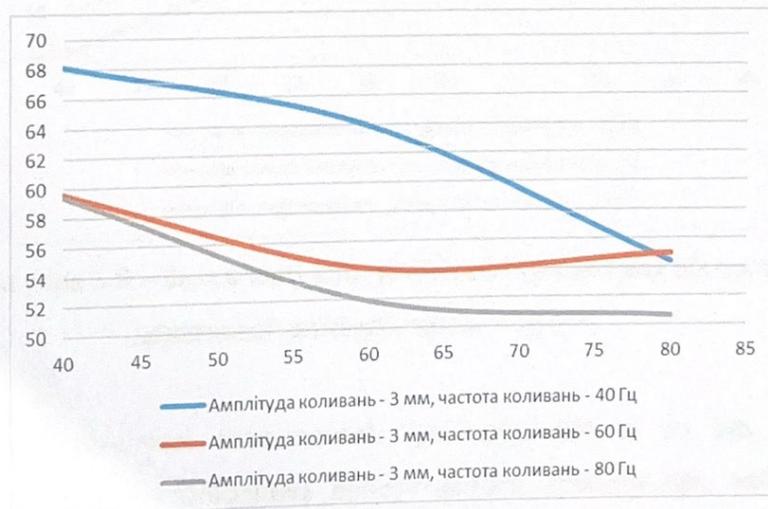


Рисунок 3.7 – Залежності продуктивності грохочення від частоти доданої активації, при $n = 0$ шт

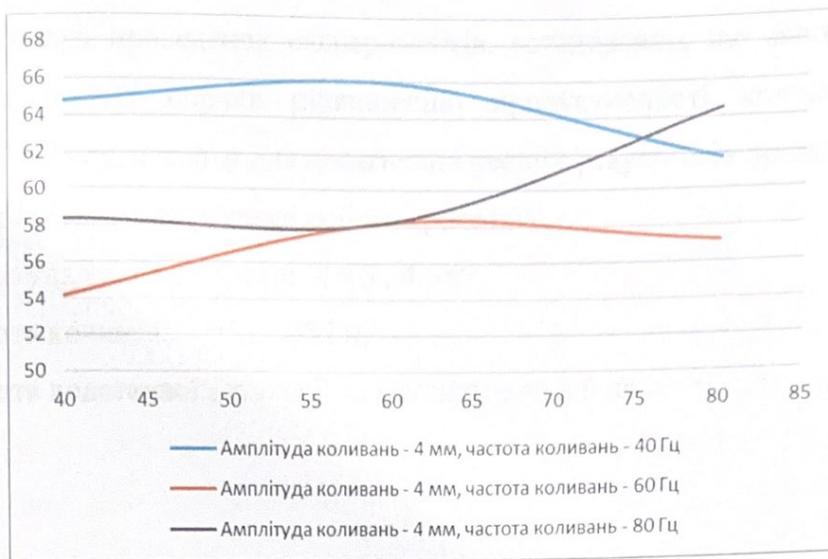


Рисунок 3.8 – Залежності продуктивності грохочення від частоти додаткової активації, при n = 5 шт

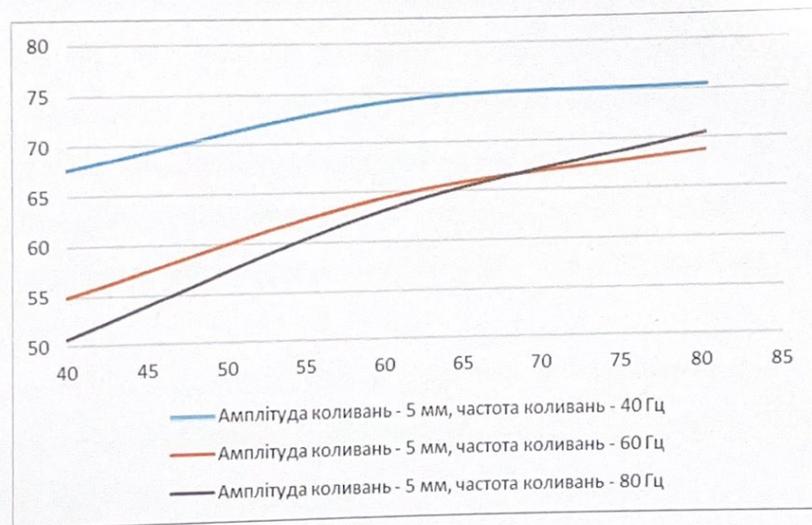


Рисунок 3.9 – Залежності продуктивності грохочення від частоти додаткової активації, при n = 10 шт

Характер графічних залежностей, що представлено на рис. 3.7-3.9 свідчить про зростання показника продуктивності грохота при найбільшій частоті доданої активації. При її відсутності продуктивність грохота поступово падає.

У результаті проведених експериментів, встановлено, що застосування додаткової активації сприяє підвищенню продуктивності колосникового грохота на $15 \text{ м}^3/\text{год}$, а також для досягнення певних результатів пропонуються раціональні параметри та режими роботи грохота:

- амплітуда коливання сита $A=3...4 \text{ хв}^{-1}$,
- частота коливань $V=55...65 \text{ Гц}$,
- частота додаткової активації за хвилину $n=8...9 \text{ шт.}$

							ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				61

ВИСНОВКИ

При виконанні даної магістерської дипломної роботи було проведено дослідження вітчизняних та новітніх грохотів. Також було проведено аналіз робочих процесів грохота для сортування гравію.

На основі цих досліджень було запропоновано математичну модель, а також проведені експериментальні дослідження параметрів та режимів роботи грохота. В результаті чого було запропоновано вдосконалити конструкцію грохота, що дало змогу підвищити продуктивність на $15 \text{ м}^3/\text{год}$.

Експериментальним шляхом підтверджено, що додаткова вібрація може збільшити пропускну здатність і швидкість сортування, полегшити рух гравію через решітку грохота. Вібрація може допомогти підтримувати ефективно сортування, відштовхуючи менші частинки від отворів решітки. Оптимізована вібрація підвищує ефективність роботи грохота, що може призвести до зменшення споживання енергії. Підвищення продуктивності та продуктивності сортування призводить до більш швидкої обробки гравію і зменшення часу простою обладнання. Використання правильної вібрації може покращити розподіл навантаження на елементи грохота, що може вплинути на тривалість служби пристрою.

У результаті проведення загального дослідження продуктивності грохота для сортування гравію за трифакторним експериментом визначено раціональні параметри та режими роботи грохота:

- амплітуда коливання сита $A=3...4 \text{ хв}^{-1}$,
- частота коливань сита $V=55...65 \text{ Гц}$,
- частота додаткової активації за хвилину $n=8...9 \text{ шт.}$

					ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лит.	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Семеновта	<i>[Підпис]</i>				
Керівн		Вірченко	<i>[Підпис]</i>	22.08		62	
Перевір.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Н. Контр.		Васильєв	<i>[Підпис]</i>	22.08			
Затвер.		Орисенко	<i>[Підпис]</i>	22.08			
ВИСНОВКИ					НУПП імені Юрія Кондратюка 2024		

ЛІТЕРАТУРА

1. Онищенко О.Г., Помазан В.М. Будівельна техніка - Київ: Урожай, 1998 – 179 с.
2. Баладінський В.Л., Назаренко І.І., Онищенко О.Г. Будівельна техніка - Київ-Полтава: КНУБА-ПНТУ, 2002 – 320 с.
3. Онищенко О.Г., Онищенко В.О., Коробко Б.О., Вірченко В.В. Будівельна техніка. – Київ. Кондор-Видавництво, 2017 – 320 с.
4. Баладінський В.Л., Лівінський О.М., Хмара Л.А., Фомін А.В., Гаркавенко О.М. *Будівельна техніка.* – Київ. Либідь, 2001 – 320 с.
5. Підвищення продуктивності машин для земляних робіт/В. І. Баловнев, Л. А. Облако. В. І. Баловнев, Л. А. Хмара. - К.: Будівельник, - 1988. - 152 с.
6. Ефективність застосування землерийно-дорожніх машин: Навчальний посібник / М. К. Сукач – К.:КНУБА, – 2010. – 84 с.
7. Машини для спеціальних земляних робіт. Навч. Посібник / Ю. А. Вітров, В. Л. Баладінський. - К.: Вища школа. - 1980. - 192 с.
8. Патент 106274 Україна, МПК В07В 1/40, В07В 1/42. Вібраційний грохот /Франчук В.П., Федоскін В.О., Куниця В.Ф.; замовник: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет». - №201212439; заявлений 30.10.2012.; опублікований 11.08.14. Бюлет.№3.
9. Патент 45544 Україна, МПК В07В 1/42. Привід полічастотного грохоту / Булат А. Ф., Шевченко Г.О., Шевченко В.Г.;- №200906845; заявлений 30.06.2009.; опублікований 10.11.2009. Бюлет.№21.
10. Тертишний О.О., Опарін С.О., Рябік П.В. Механічні процеси в хімічній технології. – Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2015. – 215 с.

ГМІМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		Літ..	Аркуш	Аркушів
Розроб.		Семеновта	<i>[Signature]</i>	22.08	Література		63	
Керівн		Вірченко	<i>[Signature]</i>	22.08				
Перевір.		Васильєв	<i>[Signature]</i>	22.08				
Н. Контр.		Васильєв	<i>[Signature]</i>	22.08				
Затвер.		Орисенко	<i>[Signature]</i>	22.08				
						НУПП імені Юрія Кондратюка 2024		

11. Лешенко В.Г. Довідник з обладнання підприємств нерудних матеріалів, 2-ге вид. дод. / Київ: Будівельник, 1992, 120 с.

12. Шаповал С. В. Конспект лекцій до вивчення дисципліни «Виробнича база будівництва» / Х.: ХНУМГ, 2013 – 83 с.

13. Потураєв В.М., Франчук В.П., Надутый В.П. Вібраційна техніка і технології у енергоємних підприємствах, м.: Дніпропетровськ, «Поліграфіст», 2001р., 190с.

14. Ярмо Елоранта (Jarmo Eloranta), Дроблення та Сорткування (Metso Minerals). - 2007.

15. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів / Назаренко І.І.– Підручник. –К.: КНУБА, – 1999 - 488с.

16. Хмара Л.А., О.С. Шипіло, О.Г. Онищенко Дробильно-сортувальні заводи та обладнання. Методичний посібник. - Дніпропетровськ-Полтава: Вид-во ПолтНТУ, 2008р. - 209с.

						ГМіМ.601–ММв.019–00.00.000.ПЗ	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			64

Міністерство освіти і науки України
Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»
Кафедра галузевого машинобудування та мехатроніки

Магістерська робота на тему:
Обґрунтування параметрів роботи обладнання
для грохочення сипких матеріалів

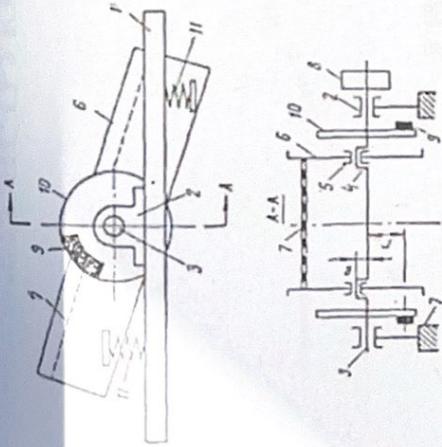
Виконав: студент групи 601-ММв
Семенюта Ігор
Керівник: к.т.н., доцент
Вірченко Віктор

Полтава 2024

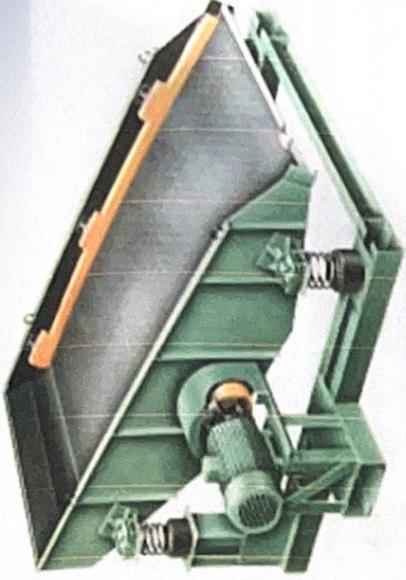
Мета: здійснення модернізації
конструкції обладнання для
механічного сортування гравію на
основі існуючих грохотів

Об'єкт – процес просіювання
гравію під час роботи
колосникового грохоту

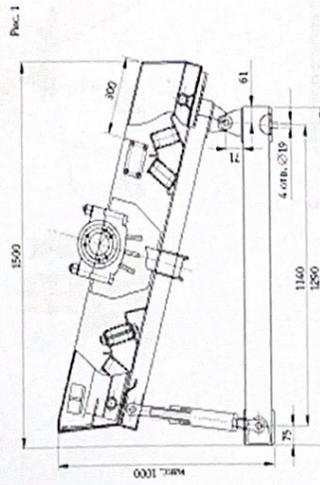
Предмет – колосниковий грохот



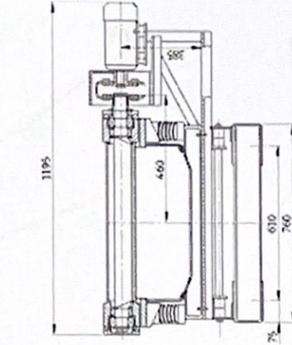
Гіраційний грохот



Грохот інерційний типу ГІЛ

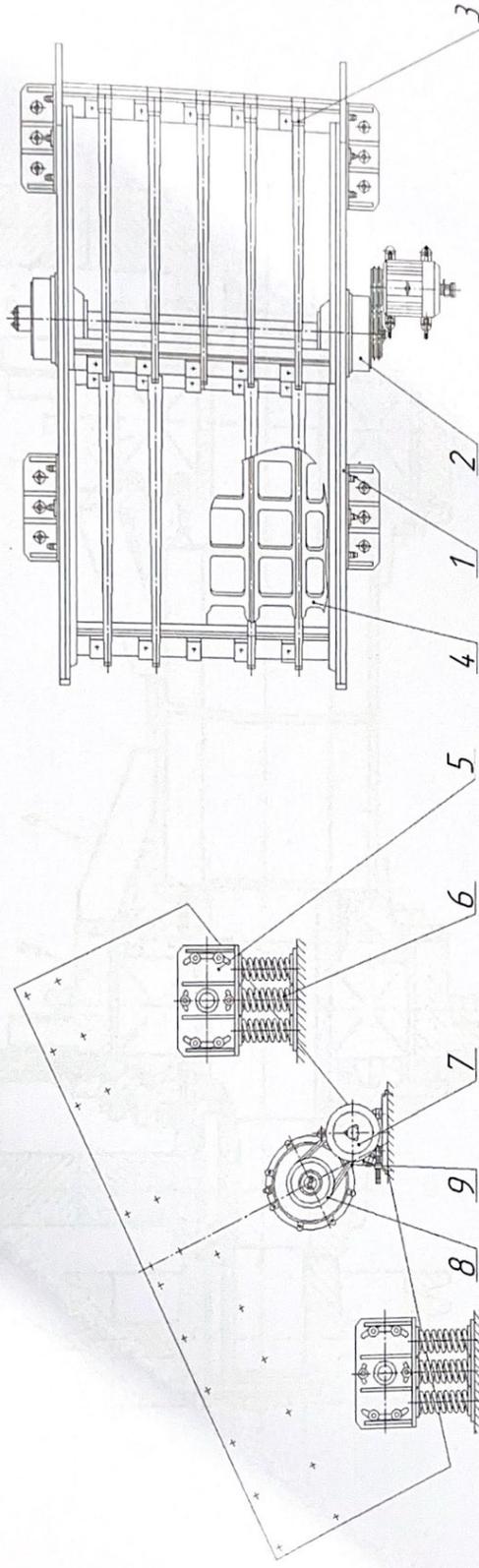


Грохот вібраційний ГВ-0,6У

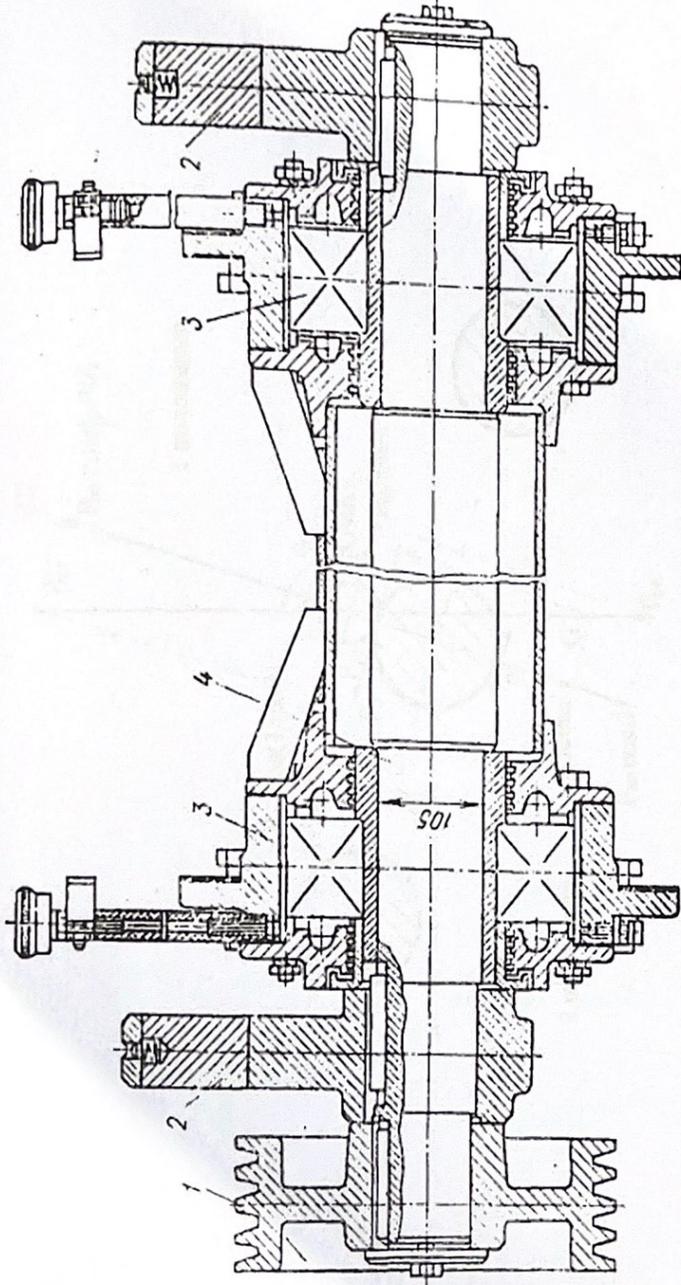


Грохот інерційний багатоситний

КОНСТРУКЦІЯ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТУ



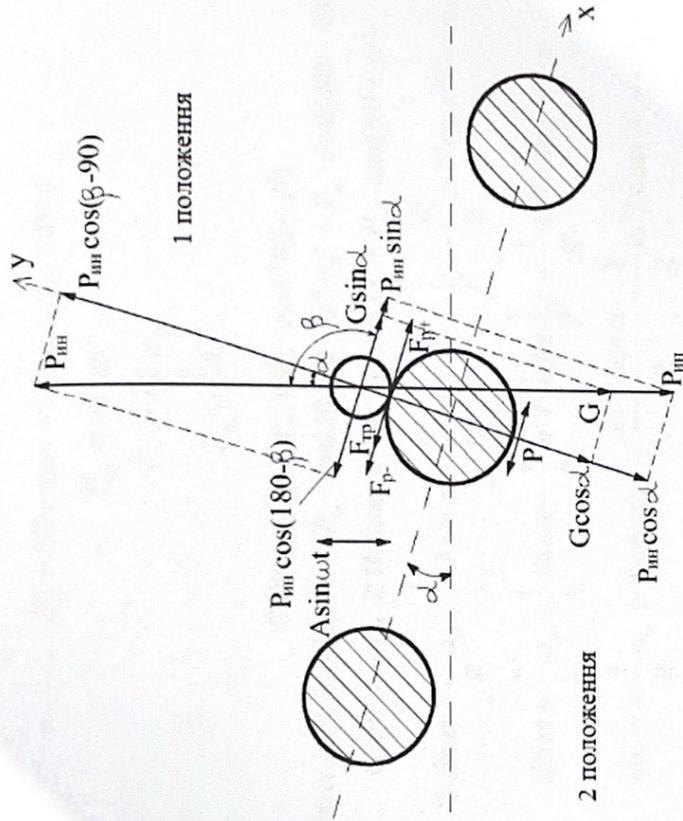
- 1 – футерований короб; 2 – вібратор; 3 – колосник; 4 – гратки;
5 – кронштейн; 6 – пружина; 7 – електродвигун; 8 – шків;
9 – клинопасова передача



Вібратор грохога:

1 – шків; 2 – дебаланси; 3 – підшипники; 4 – вал

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛОСНИКОВОГО ГРОХОТА



Для визначення частоти коливань робочого органу ми використаємо аналогічні методи, які використовуються для таких машин. Для цього візьмемо до уваги частину поверхні робочого органу. Оскільки поздовжні коливання мають певну частоту V і амплітуду A , на частину пружинної поверхні, що просіває, впливають сила тяжіння G , відцентрові сили інерції $P_{ин}$, сила тертя $F_{тр}$ і власні коливання витків $F_{пр}$. Під час розгляду становища частки можливо кілька випадків. У першому випадку тиск на робочий орган рухається вниз, а виток рухається вздовж осі абсцис. Подаємо частину з силами, які її впливають.

Розкладаємо силу тяжкості G на її складові $G \cos \alpha$ і $G \sin \alpha$, з них $G \cos \alpha$ притискає частинку до поверхні витка, $G \sin \alpha$ прагне зрушити частинку вниз. Сила тертя F_T прагне зрушити частку вгору по робочому органу і перешкоджає її переміщенню вниз по робочому органу.

$$F_T = (G \cos \alpha - P_{in} (\cos \beta - 90)) f$$

$$P_{in} = m \cdot \omega^2 \cdot l$$

$$F_p = m \cdot a_B$$

$$a_B = \frac{V_B}{t}$$

$$G \sin \alpha + F_p \geq F_T + P_{in} \cdot \cos(180 - \beta)$$

$$G \sin \alpha + F_p \geq (G \cos \alpha - P_{in} \cdot \cos(90 + \alpha - 90)) f + P_{in} \cdot \cos(180 - 90 + \alpha)$$

$$G \sin \alpha + F_p \geq (G \cos \alpha - P_{in} \cdot \cos \alpha) f + P_{in} \cdot \cos(90 + \alpha)$$

$$G \sin \alpha + \frac{G}{g} a_B \geq \left(G \cos \alpha - \frac{G}{g} \omega^2 l \cos \alpha \right) f + \frac{G}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha)$$

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq \left(\cos \alpha - \frac{1}{g} \omega^2 l \cos \alpha \right) f + \frac{1}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha)$$

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq f \cos \alpha - f \frac{\omega^2 l \cos \alpha}{g} + \frac{1}{g} \omega^2 l \cos(90 + \alpha)$$

$$\sin \alpha + \frac{1}{g} a_B \geq f \cos \alpha - f \frac{\omega^2 l \cos \alpha}{g} + \frac{1}{g} \omega^2 l \sin \alpha$$

$$\frac{\omega^2 l}{g} \sin \alpha + f \frac{\omega^2 l}{g} \cos \alpha \geq f \cos \alpha - \frac{a_B}{g} - \sin \alpha$$

$$\frac{4\pi^2 n^2 l}{g} \sin \alpha + f \frac{4\pi^2 n^2 l}{g} \cos \alpha \geq f \cos \alpha - \frac{a_B}{g} - \sin \alpha$$

$$n^2 \geq \frac{gf \cos \alpha - a_B - g \sin \alpha}{4\pi^2 (fl \cos \alpha + l \sin \alpha)}$$

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f \cos \alpha - \sin \alpha}{f l \cos \alpha + l \sin \alpha} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{f l \cos \alpha + l \sin \alpha}}}$$

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{tg \varphi \cos \alpha - \sin \alpha}{A(tg \varphi \cos \alpha + \sin \alpha)} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A(tg \varphi \cos \alpha + \sin \alpha)}}}$$

$$n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\varphi + \alpha)} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha \cos \varphi}{A \sin(\varphi + \alpha)}}}$$

Розглянемо другий випадок: робочий орган здійснює рух нагору, а виток рухається назад. Подаємо частинку з силами, що діють на неї (рис, положення – 2)

$$F_T = (G \cos \alpha + P_{in} \cos \alpha) f$$

$$G \sin \alpha - F_p + P_{in} \sin \alpha \geq F_T$$

$$G \sin \alpha - \frac{G}{g} a_B + \frac{G}{g} \omega^2 A \sin \alpha \geq (G \cos \alpha + \frac{G}{g} \omega^2 A \cos \alpha) f$$

$$\sin \alpha - \frac{1}{g} a_B + \frac{1}{g} \omega^2 A \sin \alpha \geq (\cos \alpha + \frac{1}{g} \omega^2 A \cos \alpha) f$$

$$\frac{1}{g} \omega^2 (A \sin \alpha - f A \cos \alpha) \geq f \cos \alpha - \sin \alpha + \frac{a_B}{g}$$

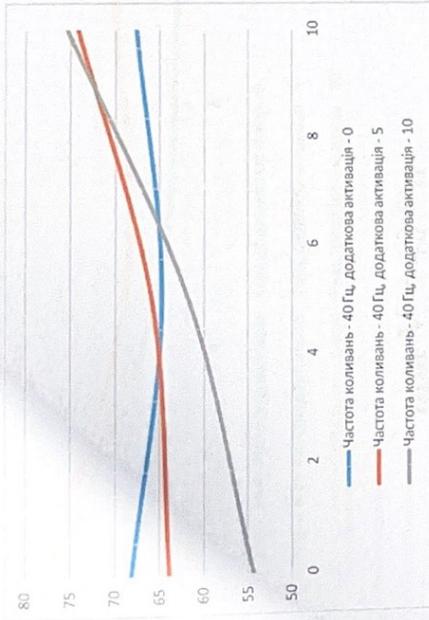
$$n^2 \geq \frac{g(f \cos \alpha - \sin \alpha) + a_B}{4\pi^2 A(\sin \alpha - f \cos \alpha)}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\varphi + \alpha)} - \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha \cos \varphi}{A \sin(\varphi + \alpha)}}} \\ n \geq \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\sin(\varphi - \alpha)}{A \sin(\alpha - \varphi)} + \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{\Delta p \sin \alpha}{A \sin(\alpha - \varphi)}}} \end{array} \right.$$

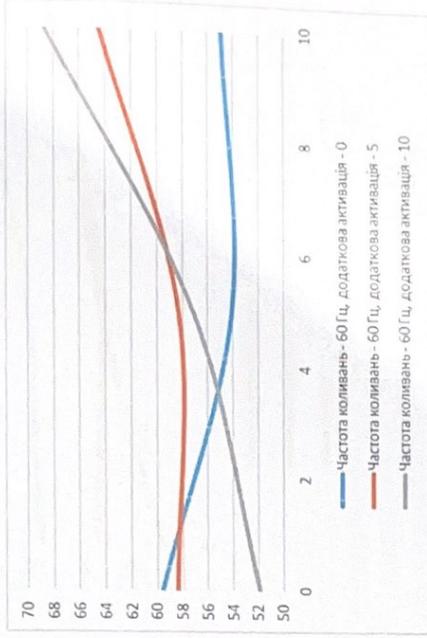
ГРАФІЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ГРОХОЧЕННЯ ВІД АМПЛІТУДИ КОЛИВАНЬ

$$Y = 58,27 - 3,4x_1 + 1,53x_2 + 3,05x_3 + 4,22x_1^2 +$$

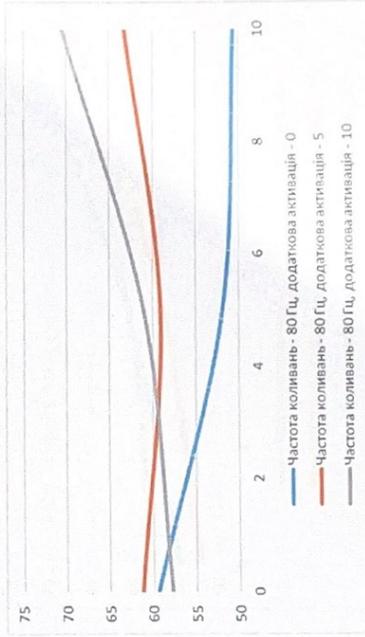
$$-2,61x_2^2 + 3,14x_3^2 + 3,04x_1x_2 - 2,08x_1x_3 + 5,37x_2x_3$$



при $A = 3$ мм

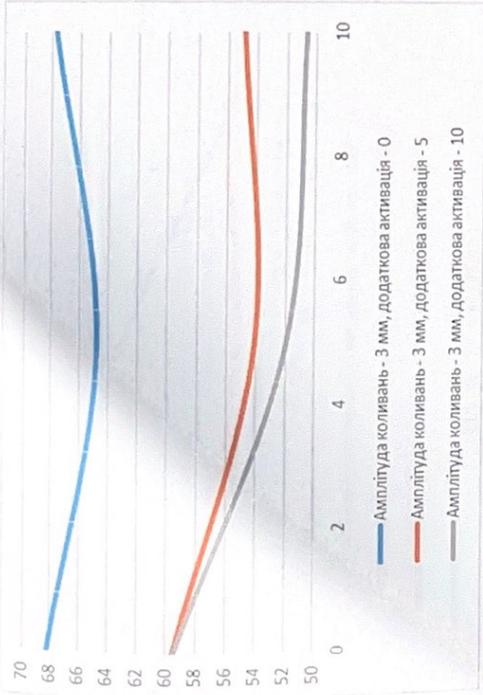


при $A = 4$ мм

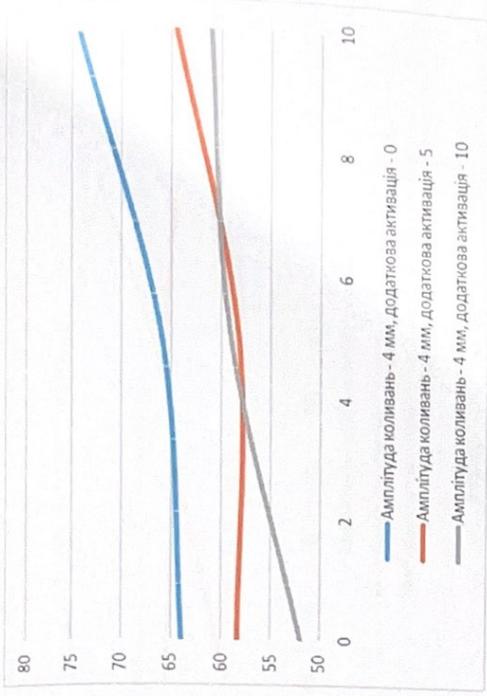


при $A = 5$ мм

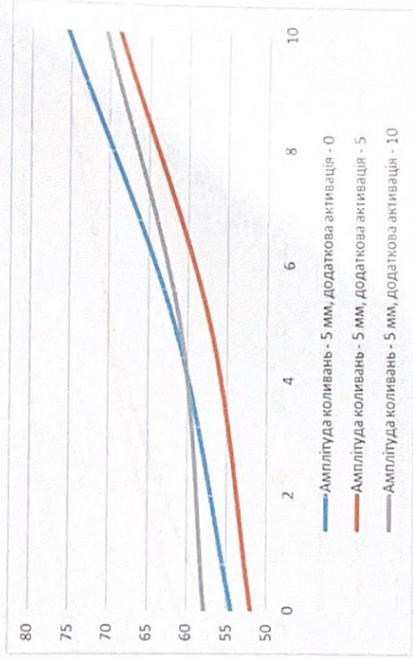
ГРАФІЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ГРОХОТА ВІД ЧАСТОТИ КОЛИВАНЬ



при $V = 40$ Гц

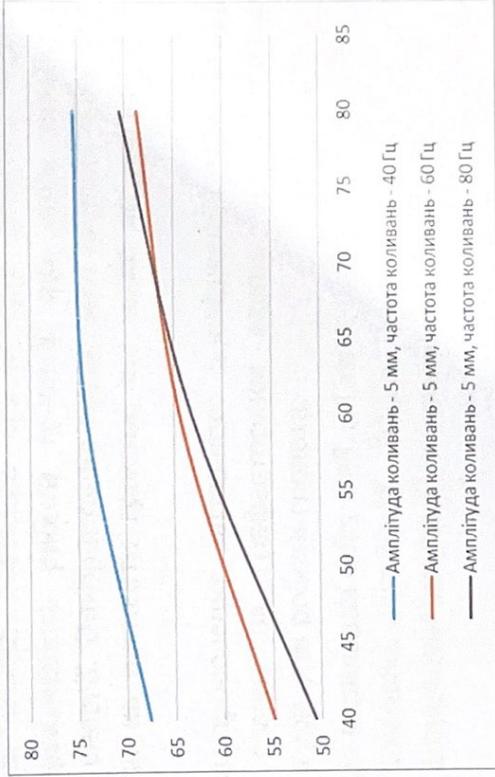
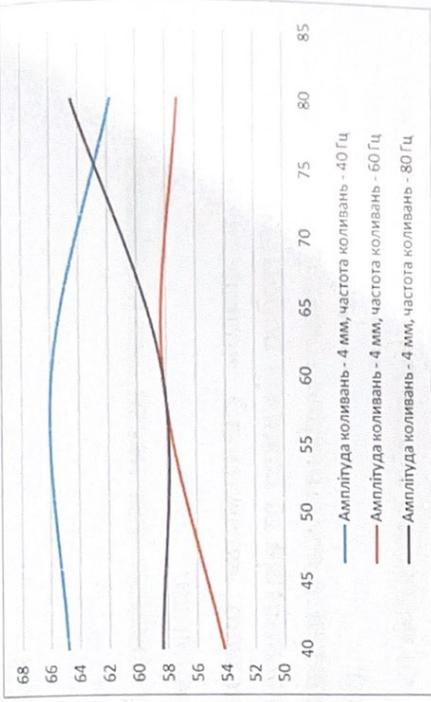
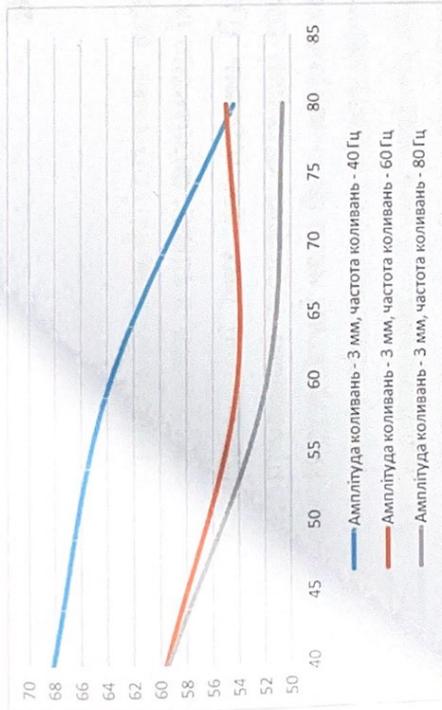


при $V = 60$ Гц



при $V = 80$ Гц

ГРАФІЧНІ ЗАЛЕЖНОСТІ ПРОДУКТИВНОСТІ ГРОХОТА ВІД ЧАСТОТИ ДОДАНОЇ АКТИВАЦІЇ



ВИСНОВКИ

1. Проведено аналіз існуючих конструкцій обладнання для механічного сортування матеріалів, а також визначено їх переваги і недоліки.
2. На основі цих досліджень було запропоновано математичну модель, а також проведені експериментальні дослідження параметрів та режимів роботи грохота. В результаті чого було запропоновано вдосконалити конструкцію грохота, що дало змогу підвищити продуктивність на 15 м³/год.
3. Експериментальним шляхом підтверджено, що додаткова вібрація може збільшити пропускну здатність і швидкість сортування, полегшити рух гравію через решітку грохота. Вібрація може допомогти підтримувати ефективне сортування, відштовхуючи менші частинки від отворів решітки. Оптимізована вібрація підвищує ефективність роботи грохота, що може призвести до зменшення споживання енергії. Використання правильної вібрації може покращити розподіл навантаження на елементи грохота, що може вплинути на тривалість служби пристрою.
4. У результаті проведення загального дослідження продуктивності грохота для сортування гравію за трифакторним експериментом визначено раціональні параметри та режими роботи грохота:
 - амплітуда коливання сита $A=3\dots4$ хв-1,
 - частота коливань сита $V=55\dots65$ Гц,
 - частота додаткової активації за хвилину $p=8\dots9$ шт.