

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

До захисту допущено:
Завідувач кафедри
_____ Олександр Сокольський
«__» _____ 2024 р.

Магістерська дисертація
на здобуття ступеня магістра
за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг та комп'ютерно-
інтегровані технології проектування інноваційного галузевого
обладнання»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
на тему: «Лінія з виробництва силікатної цегли з модернізацією
колосникового грохота»

Виконав:

студент II курсу, групи ЛП-21мп

Лопатін Іван Костянтинович _____

Науковий керівник:

асистент, доктор філософії,

Герасименко Юлія Юріївна _____

Консультанти з: ТМ та Е _____

(назва розділу)

Борщик С. О _____

(науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали)

Модернізації _____

(назва розділу)

д.т.н., проф. Щербина В. Ю. _____

(науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали)

Автоматизації к.т.н., доц. Жураковський Я.Ю. _____

(назва розділу)

(науковий ступінь, вчене звання, , прізвище, ініціали)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2024 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного і силікатного машинобудування

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Інжиніринг та комп'ютерно-інтегровані технології проектування інноваційного галузевого обладнання»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр Сокольський

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту
Лопатіну Івану Костянтиновичу

1. Тема дисертації «Лінія з виробництва силікатної цегли з модернізацією колосникового грохота», науковий керівник дисертації Герасименко Юлія Юріївна, асистент, доктор філософії, затверджені наказом по університету від «01» 11 2024 р. № 5098-с
2. Термін подання студентом дисертації _____.
3. Об'єкт дослідження Колосниковий грохот для виробництва силікатної цегли
4. Вихідні дані: Колосниковий грохот СМД–25 для виробництва силікатної цегли, частота коливань за хвилину 600 Гц, амплітуда коливань 3 мм, продуктивність 35 т/год.
5. Перелік завдань, які потрібно розробити: опис технологічної лінії для виготовлення силікатної цегли з використанням інерційного грохота, технічна

характеристика грохота, літературно-патентний огляд варіантів модернізації інерційного грохота, обґрунтування вибору варіантів модернізації інерційного грохота, параметричні розрахунки конструкції грохота, спеціальні розділи, модернізація установки.

6. Орієнтовний перелік графічного (ілюстративного) матеріалу : Лінія для виготовлення силікатної цегли з модернізацією колосникового грохота (формат А1); Інерційний грохот (формат А1); Модернізація 1 (формат А1); Модернізація 2 (формат А1); Дебалансний вал (формат А2); Решітка (формат А2); Плакат вібробудник (формат А1); Плакат розрахунків Ansys (формат А1); Шокова дробарка (формат А1).

7. Орієнтовний перелік публікацій: 1 теза доповіді на науково-практичній конференції.

8. Консультанти розділів дисертації

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Монтаж і експлуатація обладнання	Борщик С.О., ст. викл. каф. ХПСМ		
Автоматизація	Жураковський Я.О. викл.		
Модернізація	Щербина В.Ю., д.т.н., проф. каф. ХПСМ		
Перевірка на плагіат	Щербина В.Ю., д.т.н., проф. каф. ХПСМ		

9. Дата видачі завдання 31.10.23 р

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Вступ. Опис лінії.	30.10 – 13.11.2023	
2	Літературно-патентний огляд.	13.11 – 20.11.2023	
3	Монтаж та експлуатація	20.11 – 23.11.2023	
4	Автоматизація	23.11 – 24.11.2023	
5	Стартап	24.11 – 25.11.2023	

6	Охорона праці	25.11 – 01.12.2023	
7	Розрахунки	01.12 – 13.12.2023	
8	Оформлення креслень	14.12 – 14.01.2024	

Студент

Іван ЛОПАТІН

Науковий керівник

Юлія ГЕРАСИМЕНКО

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація на тему: «Лінія з виробництва силікатної цегли з модернізацією колосникового грохота». / КПІ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО;

Керівник Ю.Ю. Герасименко. – К., 2024, – 113 с. : іл. – 40; Викон. І.К. Лопатін.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 20 найменувань. Загальний обсяг записки становить 110 сторінок основного тексту, 40 рисунків, 12 таблиць.

Мета дисертації – модернізація колосникового грохоту для виробництва силікатної цегли.

Записка містить опис технологічного процесу, принцип роботи базової машини, технічну характеристику базового обладнання, літературно-патентний огляд, вибір варіантів модернізації конструкції та розрахунки базової машини.

Виконано модернізацію конструкції грохота, розрахунок розподілу навантажень та еквівалентні навантаження вузла модернізації. Проведена модернізація, додалась можливість оперативно керувати переміщенням частинок матеріалу по сити та регулювання кута нахилу грохота. Зазначена модернізація може бути рекомендована для впровадження у виробництво. Розроблено автоматичну систему керування процесом.

Ключові слова: грохот, силікатна цегла, вібробудник, модернізація, числові розрахунки

ABSTRACT

Master's thesis on the topic: "Line for the production of silicate bricks with the modernization of the grate screen". / KPI named after IHORY SIKORSKY;

Head Yu.Yu. Gerasimenko. - K., 2024, - 113 p. : fig. - 40; Performance I.K. Shovel

The explanatory note consists of an introduction, eight chapters, conclusions and a list of references of 20 titles. The total volume of the note is 110 pages of the main text, 40 figures, 12 tables.

The aim of the dissertation is to modernize the grate screen for the production of silicate bricks.

The note contains a description of the technological process, the principle of operation of the basic machine, the technical characteristics of the basic equipment, a literature and patent review, a selection of options for modernizing the design, and calculations of the basic machine.

Modernization of the design of the screen, calculation of load distribution and equivalent loads of the modernization node has been carried out. The modernization was carried out, the ability to quickly control the movement of material particles along the sieve and to adjust the angle of inclination of the screen was added. The specified modernization can be recommended for introduction into production. An automatic process control system has been developed.

Key words: screen, silicate brick, vibration exciter, modernization, numerical calculations

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ З ВИГОТОВЛЕННЯ СИЛКАТНОЇ ЦЕГЛИ.....	14
2. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРОХОТА.....	19
3. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД	20
4. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ.....	29
5. РОЗРАХУНКИ.....	35
5.1. Параметричні розрахунки.....	35
5.2. Розрахунок основних характеристик грохота.....	36
5.3. Розрахунок на міцність та жорсткість деталей машини.....	40
6. СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ.....	46
6.1. Монтаж та Експлуатація обладнання.....	46
6.1.1. Технологія збирання вібровалу.....	47
6.1.2. Монтаж грохота	54
6.1.3. Змащення машини.....	60
6.2. Автоматизація.....	61
6.3. Стартап.....	65
6.3.1. Опис ідеї стартапу.....	65
6.3.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	70
6.3.3. Розроблення ринкової стратегії проекту.....	75
6.3.4. Висновки.....	78
6.4. Охорона праці	78
6.4.1. Виробничий шум та вібрація.....	79
6.4.2. Повітря робочої зони.....	79
6.4.3. Небезпека враження електричним струмом.....	80
6.4.4. Пожежна безпека.....	82
6.4.5. Освітлення.....	82
7. МОДЕРНІЗАЦІЯ	84

7.1. Розробка 3D-моделі модернізованої частини установки.....	84
7.2. Розрахунок 3D-моделі модернізованої частини установки	84
8. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.....	89
ВИСНОВКИ.....	91
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	93
ДОДАТКИ.....	96

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ

- g – амплітуда вібрацій, м;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 n – частота обертання вала вібратора, об/с;
 $D'_{сер.}$ – середній розмір кусків матеріалу верхнього класу, м;
 B – ширина просіюючої поверхні грохота, м;
 m – вібрувальні маси грохота з матеріалом, т;
 m_{∂} – маса дебалансів, т;
 r_{∂} – радіус обертання маси дебалансу, м;
 m_0 – вібрувальна маса, що діє на одну пружинну опору, т;
 L – довжина просіюючої поверхні грохота, м;
 d_e – діаметр вала в місці встановлення підшипників, м;
 N – розрахункова потужність приводу, кВт;
 N_{∂} – потужність двигуна, кВт;
 u – передаточне число пасової передачі;
 $N_{шк.}$ – потужність на веденому шківі, кВт;
 T_{∂} – крутний момент на валу електродвигуна, Н·м;
 n_{∂} – частота обертання двигуна, об/хв.;
 d_1 – діаметр ведучого шківа, мм;
 d_2 – діаметр веденого шківа, мм;
 V – колова швидкість паса, м/с;
 $T_{шк.}$ – крутний момент на валу веденого шківа, Н·м;
 k – коефіцієнт, що залежить від передаточного числа;
 L_p – розрахункова довжину паса, мм;
 a – міжосьова відстань, мм;
 a' – орієнтовна міжосьова відстань, мм;

U – число пробігів паса, с^{-1} ;

N_1 – потужність на ведучому шківі, кВт;

L – довжину паса, мм;

C_p – коефіцієнт динамічності;

C_α – коефіцієнт кута обхвату;

C_L – коефіцієнт, що враховує вплив на довговічність довжини паса;

z' – потрібна кількість пасів, шт.;

P_0 – допустима потужність для одного клинового паса, кВт;

z – кількість пасів, шт.;

F_0 – сила початкового натягу одного паса, Н;

q – маса одного метра паса, кг/м;

F_r – сила, що діє на вал та підшипники, Н;

F_t – колова сила, Н;

A – площа перерізу паса, мм^2 ;

E_k – модуль пружності для пасів, МПа;

y_0 – відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон, мм;

T – розрахункова довговічність паса, тис. год;

C_u – коефіцієнт, що враховує вплив передатного числа;

C_H – коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження;

F_δ – відцентрова сила, яка виникає при обертанні дебалансів, Н;

d_{min} – мінімальний допустимий діаметр, мм;

M_{np} – приведений момент, Н·м;

b – ширина шпонки, мм;

h – висота шпонки, мм;

l – довжина шпонки, мм;

t_1 – висота шпонки, яка знаходиться у валу, мм;

$F_{заг.}$ – загальна сила, що діє на пружини, Н;

- F_1 – сила, яка діє на одну пружину, Н;
 G – модуль зсуву, Н/м²;
 c – індекс пружини, що характеризує кривизну;
 k – коефіцієнт, що враховує кривизну витків та форму перерізу пружини;
 t – крок пружини, мм;
 H_0 – повна довжина не навантаженої пружини, мм;
 $L_{np.}$ – довжина проволочи, необхідна для виготовлення пружини, мм;
 α – кут нахилу грохота, град.;
 μ – коефіцієнт розпушення матеріалу на ситі;
 ρ – густина матеріалу, т/м³;
 P_ρ – продуктивність грохоту, т/год;
 f – приведений коефіцієнт тертя;
 η_y – ККД урухомника;
 α_1 – кут обхвату ведучого шківa, град.;
 σ_0 – напруження від початкового натягу паса, МПа;
 σ_1 – напруження у ведучій гілці паса, напруження у ведучій гілці паса, МПа;
 σ_{32} – напруження згину у пасі, МПа;
 σ_v – напруження, які виникають у пасі від дії відцентрових сил, МПа;
 σ_{max} – максимальні напруження у перерізі ведучої гілки паса, МПа;
 σ_y – границя витривалості паса, МПа;
 σ_B – границя витривалості матеріалу, МПа;
 σ_T – границя текучості матеріалу, МПа;
 $\sigma_{екв}$ – еквівалентне напруження, МПа;
 $[\tau_{зр}]$ – границя витривалості матеріалу на зріз, МПа;
 $[\tau_K]$ – допустиме напруження на кручення матеріалу, МПа;

ВСТУП

Колосниковий грохот – це важливий інструмент у хімічній промисловості та будіндустрії, спеціально призначений для відділення матеріалів за їхньою розмірною фракцією. Цей пристрій використовується для подрібнення, сортування та поділу різноманітних сировинних матеріалів на більші та менші частинки, що дозволяє підвищити продуктивність і якість виробництва.

Основна принципова перевага колосникового грохота полягає у його здатності ефективно розділяти матеріали, не витрачаючи при цьому значну кількість енергії, як це може бути у випадку кульових млинів. Колосниковий грохот використовує механічний метод сортування, де матеріал пропускається через спеціально створену сітку або колосник, яка розділяє його на більші та менші фракції.

Для покращення ефективності колосникових грохотів можна використовувати різноманітні параметри, такі як розмір та форма отворів у сітці, швидкість руху матеріалу та сила вібрації. Це дозволяє досягти більш точного сортування і підвищити продуктивність процесу.

Однією з важливих переваг колосникових грохотів є їхній низький рівень споживаної енергії порівняно з іншими методами сортування та подрібнення матеріалів. Це допомагає зменшити витрати на електроенергію та покращити екологічну ефективність виробництва. Крім того, колосникові грохоти менше схильні до зносу, що забезпечує їхню довговічність та надійність в експлуатації.

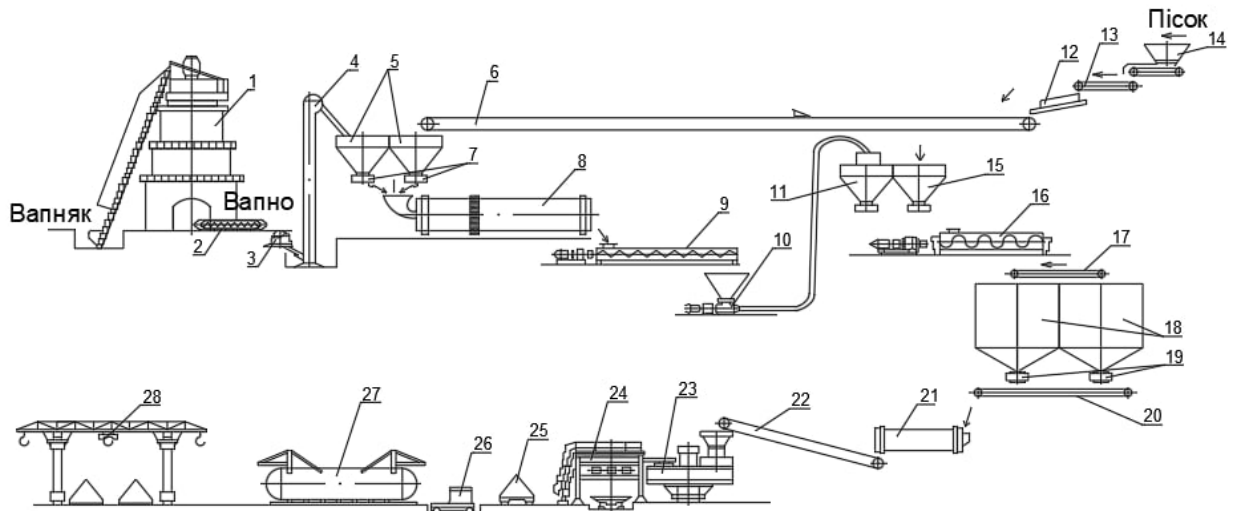
У виробництві цементу та інших будівельних матеріалів, де важлива рівномірна розмірна фракція сировини, колосникові грохоти грають ключову роль у покращенні якості продукції. Їх можна ефективно інтегрувати в лінії сухого виробництва цементу, спільно з модернізованими кульовими млинами, для забезпечення більшого контролю над розміром і якістю подрібненого матеріалу. Такий підхід допомагає підвищити продуктивність та знизити

енергоспоживання, що робить цементну промисловість більш стійкою до викликів енергоефективності та екологічної безпеки.

Загалом, колосникові грохоти відіграють важливу роль у розвитку хімічної та будівельної промисловості, допомагаючи підвищити продуктивність та знизити витрати, що є ключовими факторами в сучасному виробництві. [1]

1 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СИЛІКАТНОЇ ЦЕГЛИ

Лінія з виробництва силікатної цегли з використанням колосникового грохоту наведена на рис. 1.1. [2].



1 – піч випалу вапна; 2 – скребковий конвеєр; 3 – дробарка; 4 – вертикальний ківшовий конвеєр; 5, 15 – бункера вапна і піску; 6, 13, 20, 22 – стрічкові конвеєри; 7, 19 – тарілчасті живильники (дозатори); 8 – трубний млин для помелу вапна з піском; 9 – гвинтовий живильник; 10 – двокамерний пневмонасос; 11 – бункер вапняно-пісчаної суміші; 12 – грохот; 14 – стрічковий живильник; 16 – змішувач; 17 – стрічковий реверсивний конвеєр; 18 – силоси; 21 – стрижневий змішувач; 23 – прес; 24 – автомат-укладальник; 25 – автоклавна вагонетка; 26 – електричнопередатний міст; 27 – автоклав; 28 – кран для навантаження готової продукції

Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва силікатної цегли

Лінія виготовлення силікатної цегли функціонує наступним чином. Пісок із бункерів через стрічковий живильник 14 та конвеєр 13 поступає в прийомне відділення для очищення від каменів та грудочок глини за допомогою грохота 12

або вібраційного сита. Паралельно конвеєр 6 подає пісок в бункер 5 для спільного змішування з вапном, а також в бункер 15 для підготовки силікатної суміші.

В якості сировини для виготовлення вапна на місці користуються вапняковим каменем з кар'єру, який доставляють на завод, на якому є піч для випалу 1 та відділ для тонкого помелу вапна. Використовуються дробарки 3, конвеєри 2, 4, 17, 20, 22, трубні млини 8, живильники 9, пневмонасоси 10 на транспортних мережах та відділах для прийому і складування сировини.

У силосному методі підготовки суміші використовується двоступінчасте змішування у двовалкових змішувачах неперервної дії 16. Вапно та пісок подаються живильниками в одновалкову мішалку безперервної дії 16, де вони змішуються та зволожуються. Силос має циліндричну форму з конусоподібною частиною унизу. Розвантаження силосу відбувається тарілчастим живильником на стрічковий транспортер.

Виробництво силосу поділяється на три секції, де маса заповнюється, розвантажуються та вистояє певний час. Процес триває таким чином: 2,5 години на заповнення, 2,5 години на вистій, 2,5 години на розвантаження. Розвантаження відбувається знизу, з інтервалом у 2,5 години, що забезпечує витримку всіх шарів протягом 5 годин.

Після гасіння силікатної суміші у силосі, її перемішують в змішувачі 21 з подальшим зволоженням до необхідної вологості перед пресуванням. Сформовану силікатну суміш передають у пресовий відділ, де вона подається до прийомних бункерів пресів 23. Пресування цегли включає наповнення пресових коробок, пресування сирцю, виштовхування сирцю, зняття сирцю зі столу та його укладання на вагонетки 25.

Після пресування цегла автоматично укладається на вагонетки 25 і транспортується до автоклавів для теплової обробки. У процесі автоклавної обробки вироби проходять три стадії: впуск пари, стабілізація температури і тиску для фізико-хімічних процесів, охолодження.

Технологічний цикл запарювання цегли в автоклаві включає етапи очищення та завантаження автоклава, впуску пари, витримки під тиском, охолодження та вивантаження. Дотримання температурного режиму є важливим для якості кінцевого продукту.

Перша стадія починається з моменту впуску пари в автоклав 27 і закінчується при зростанні рівності температур теплоносія (пари) і оброблюваних виробів.

Друга стадія характеризується сталістю температури і тиску в автоклаві 27. У цей час мають максимальний розвиток фізико-хімічних процесів, що сприяють утворенню гідросилікату кальцію, а отже, і твердінню оброблюваних виробів.

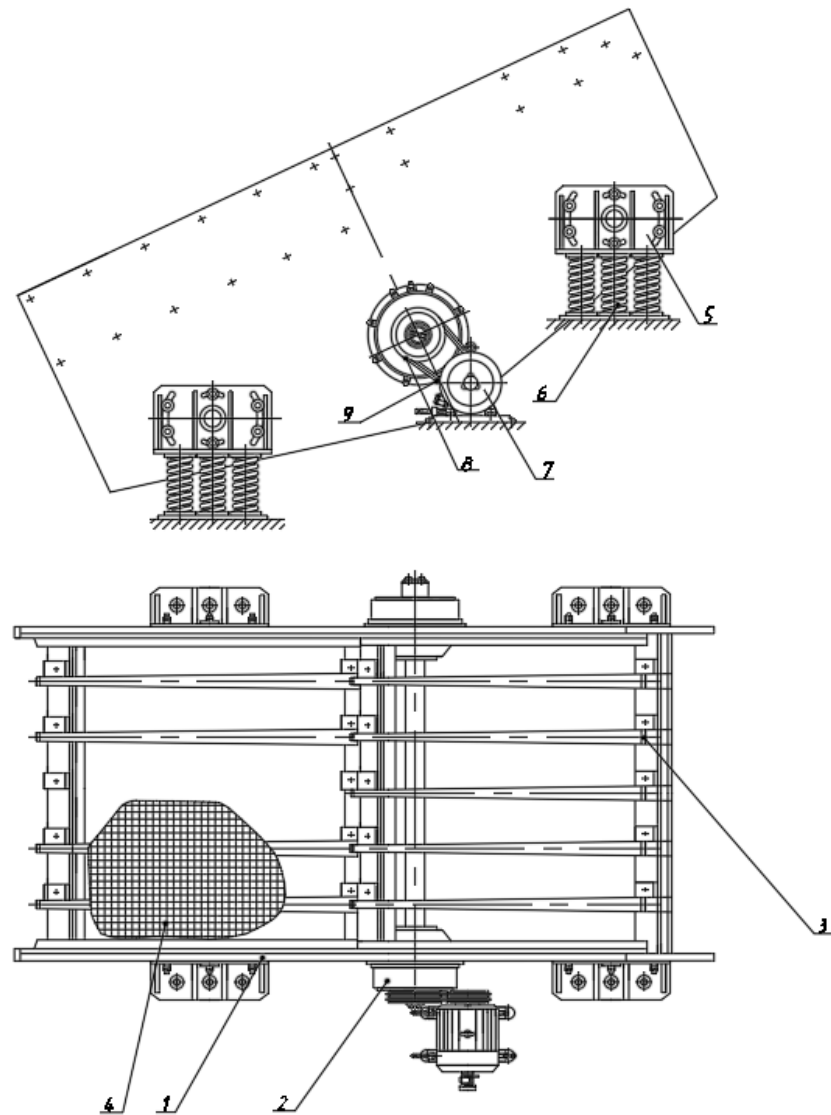
Третя стадія починається з моменту припинення доступу пари в автоклав 27 і включає час охолодження виробів в автоклаві до моменту вивантаження з нього готової цегли.

Таким чином, повний технологічний цикл запарювання цегли в автоклаві 27 складається з операцій очищення і завантаження автоклава, закривання і закріплення кришок, перепуску пари; впуску гострої пари, витримки під тиском, другого перепуску, випуску пари в атмосферу, відкривання кришок і вивантаження автоклава.

Запарювання цегли в автоклавах вимагає чіткого дотримання температурного режиму: рівномірного нагрівання, витримки під тиском і такого ж рівномірного охолодження.

На складах готової цегли використовують крани 28 для вантажопідйомності 5-10 тон для пакетного вантаження цегли в транспортні засоби.

Колосниковий грохот складається з наступних основних вузлів і деталей рис.1.2.



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

Рисунок 1.2 – Грохот колосниковий інерційний

Грохот складається з футерованого короба 1, всередині якого розташовані колосникові ґратки на різних рівнях. У центрі короба розміщено вібратор 2, в якого вал опирається на два роликopідшипника, що прикріплені до короба. Вал вібратора захищений трубою від пилу та ударів. На обох кінцях вала розташовані дебаланси, які забезпечують неперервне регулювання статичного моменту. Один з кінців вала має шків 8, що з'єднаний за допомогою клинопасової передачі 9 із шківом електродвигуна 7.

Щоб зменшити знос клинових пасів та уникнути передачі вібрації на вал двигуна, привідний шків приєднано до валу вібратора з ексцентриситетом, подібним за амплітудою коливань грохота.

Сили відцентрування інерції, що виникають при обертанні дебалансів, породжують кругові або схожі на них коливальні рухи короба грохота. Величина цих коливань залежить від сил інерції, характеристик амортизаторів та навантаження на грохот. Грохот утримується на фундаменті за допомогою чотирьох кронштейнів 5, які опираються на пружини 6. Зі збільшенням навантаження на грохот, амплітуда коливань його короба автоматично зменшується, і навантаження на підшипники залишається практично сталим. Іншими словами, інерційний грохот має властивість "автозахисту" від перевантажень. Це дозволяє успішно використовувати інерційні грохоти для грубого грохочення великих матеріалів, наприклад, для відсіву крупних частин перед первинним подрібненням.

Інерційний грохот працює наступним чином: вібратор створює вібрацію, передача якої на сито породжує відцентрові сили, що виганяють частинки матеріалу вгору. Інерція, яку набувають ці частинки, призводить до їхнього руху в протилежному напрямку від вібрації.

Частинки потім опускаються на сито, де ті, що мають менший розмір, проходять через отвори сита, а більші залишаються на його поверхні. Продукти, які пройшли через сито, збираються на нижній стороні грохота, тоді як більші частинки відсіюються [3].

2 ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ГРОХОТА

Основні технічні характеристики колосникового грохоту, згідно з технічним завданням, є наступними :

Розмір просіюючої поверхні – 4440×2220 м;

Частота коливань за хвилину – 600;

Амплітуда коливань – 3мм;

Габаритні розміри:

висота – 4526 мм;

довжина – 3241 мм;

ширина з двигуном – 3250 мм;

ширина без двигуна – 2246 мм;

Продуктивність – 35 т/год.;

Електродвигун 4А100S4У3:

Потужність – 3 кВт;

Кількість обертів за хвилину – 1435 хв.^{-1} ;

Вага машини – 1250 кг;

Кут нахилу грохота – 5° .

3. ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ОГЛЯД, ПОШУК ТА ВИБІР ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЇ ІНЕРЦІЙНОГО ГРОХОТА

З метою покращення експлуатаційних характеристик грохоту, виконано патентні пошуки нових технічних рішень, що стосуються конструкцій колосникових грохотів, та проаналізовано ряд патентних описів [4-10].

У патенті [4] наведено конструкцію грохоту на рис.3.1., яка включає задню поверхню задньої пластини, куди завантажується сировина для обробки.

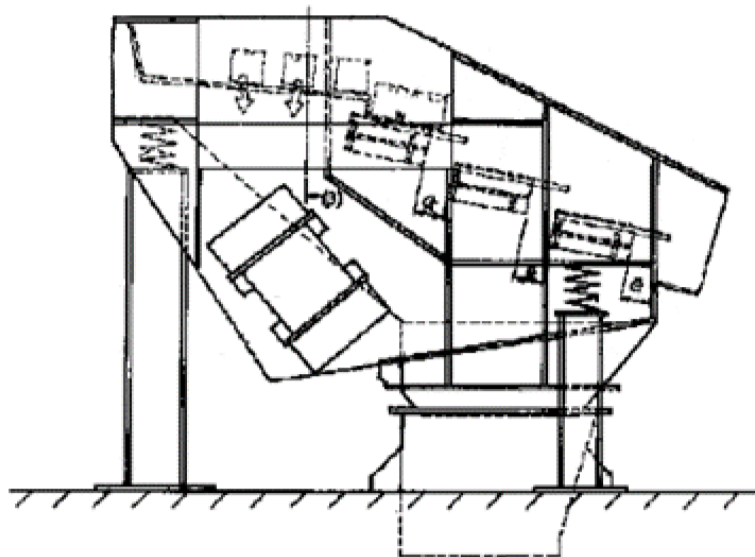


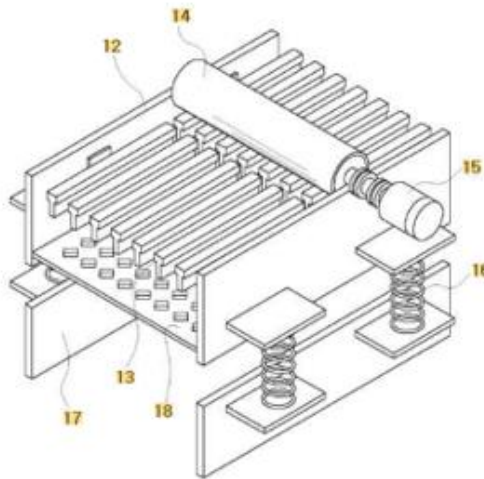
Рисунок 3.1 – Грохот вібраційний вид збоку

Сам процес обробки відбувається вібраційним жолобом грохоту. На задній поверхні опорної пластини та в бічній стінці пристрою розміщені вивантажувальні отвори. Ці отвори розроблені так, що дозволяють вивантажувати малогабаритні компоненти лише через бічну стінку, а саме бокову лицьову пластину.

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: коли об'єкт, що підлягає обробці, забитий і утворюється відкладення, просіювальний компонент, який має силу передачі через лінійну

вібрацію, викликає зворотній тиск від відкладення через силу виштовхування, він розряжається через задню пластину та бічну пластину для поверхні просіювання, тому важко викликати сильне транспортне засмічення. Оскільки звичайне просіювання також виконується одночасно, створене транспортне засмічення усувається з часом.

У патенті [5] наведено конструкцію грохота на рис. 3.2. яка включає в себе корпус грохота 12, який підтримується пружиною 16 на фіксованій пластині 17, а на ньому встановлений грохот 13 із перфорованою пластиною 18. Двигун 15 обертає вібратор 14, завдяки чому грохот 13 рухається вгору і вниз. Під час подачі коксу грохот відсіює дрібні частинки, а перфорована пластина 18 проводить додаткове відсіювання.



12 – корпус; 13 – грохот; 14 – вібратор; 15 – двигун; 16 – пружина;

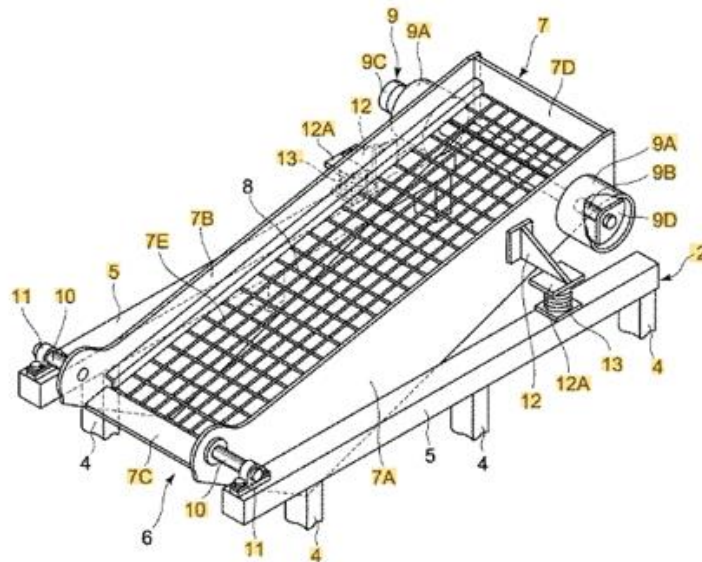
17 – фіксована пластина; 18 – перфорована пластина

Рисунок 3.2 – Коксовий колосниковий грохот

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: ця технологія вирішує важливі завдання, пов'язані з зменшенням ударів і підвищенням продуктивності установок у гірництві та важкій промисловості. Вона дозволяє належним чином регулювати кут нахилу основної пластини, забезпечуючи оптимальні умови для обробки матеріалів. Такий підхід

може призвести до зменшення витрат часу та ресурсів, покращення безпеки робочих процесів і збільшення продуктивності в цих галузях.

У патенті [6] наведено конструкцію грохота на рис. 3.3. яка включає в себе стальну раму 2 як основу, до якої прикріплено сито 6.



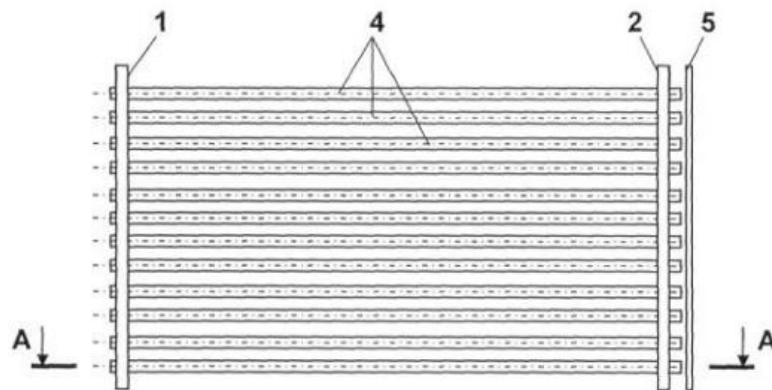
2 – рама; 6 – сито; 7 – корпус; 7А,7В – бічні пластини; 8 – елемент сита;
9 – вібраційне тіло; 9В – обертовий вал; 9С – двигун; 9D – ексцентрики;
10 – штифти; 11 – підшипники; 12 – пружинні кронштейни; 13 – пружини

Рисунок 3.3 – Вібраційний грохот

Корпус просівальної рами 7, що прикріплений до верхньої частини 5 рами 2, нахилений відносно горизонтального напрямку. В корпусі розташоване вібраційне тіло 9, яке використовується для впливу на елемент сита 8 через раму 7. Вібруюче тіло 9 містить циліндричний кожух, закріплений до бічних пластин 7А і 7В. Бічні пластини 7А і 7В можуть обертатися за допомогою підшипників, при цьому вони прикріплені до обертового вала 9В, який приводиться в рух двигуном 9С та ексцентриками 9D. Штифти 10 та підшипники 11 використовуються для правильного розташування та підтримки конструкції. Пружинні кронштейни 12 прикріплені до бічних пластин 7А і 7В та з'єднані з верхньою частиною рами 2 за допомогою пружин 13.

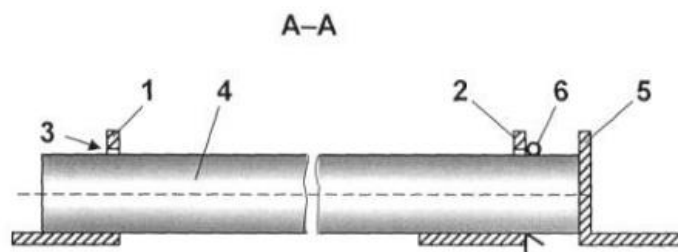
Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: в покращенні ефективності сортування тонкодиспергованих матеріалів за допомогою колосникового пристрою. Ця конструкція дозволяє розширити робочу поверхню, рівномірно розподілити матеріали, підвищити продуктивність та оптимізувати процес завантаження. Такі покращення важливі для промислових застосувань, де великий обсяг обробки матеріалів є критичним фактором.

У патенті [7] наведено конструкцію колосникової секції грохота, яка містить опорні балки 1 і 2 рис. 3.4. з отворами 3, а також похилі колосники, закріплені в наскрізних отворах 3 обома кінцями. Колосники представлені стрижнями 4 круглого поперечного перерізу, при цьому їх нижні торці взаємодіють з упорною балкою 5 рис. 3.5. Щоб запобігти поздовжньому переміщенню, стрижні 4 обладнані фіксаторами, такими як шплінти 6.



1,2 – опорні балки; 4 – стрижні; 5 – упорна балка

Рисунок 3.4 – Колосникова секцій грохота

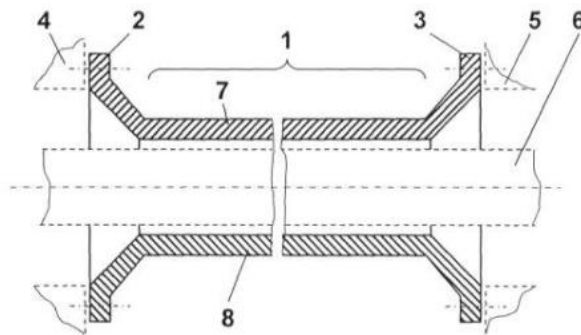


3 – наскрізні отвори; 6 – шплінти

Рисунок 3.5 – Розріз колосникової секції А-А

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: вдосконалення колосникової секції грохота, у якій нове виконання забезпечує незалежне один від одного маніпулювання колосниками, що істотно спрощує обслуговування й ремонт грохота в цілому.

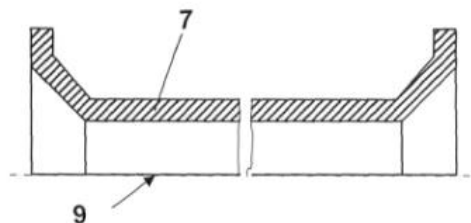
У патенті [8] зображено конструкцію захисного кожуха вібраційного вала колосникового грохота який виконано у вигляді труби 1 з фланцями 2 та 3 і на торцях для кріплення до корпусів підшипників 4 і 5 вібраційного вала 6 рис. 3.6.



1 – грохот у вигляді труби; 2,3 – фланці; 4 – корпус підшипників;
5 – вібраційний вал; 6 – вал; 8 – півциліндр

Рисунок 3.6 – Повздовжній розріз захисного кожуха

При цьому трубу 1 виконано рознімною у вигляді двох півциліндрів 7 і 8, у місцях контакту яких може бути виконане ущільнення 9, зокрема замкове з'єднання, з'єднання типу "шип-паз" або "виступ-западина".

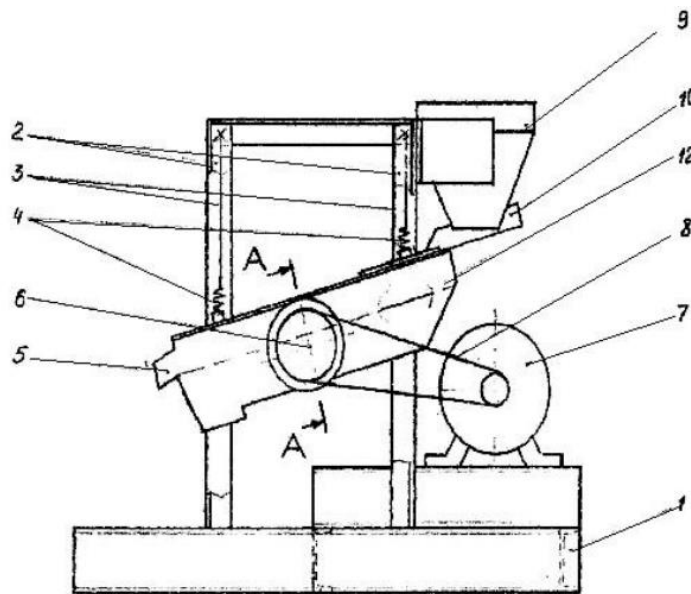


7 – півциліндр; 9 – ущільнення

Рисунок 3.7 – Окремий елемент захисного кожуха

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: виконання кожуха із зазначеними ознаками забезпечує його швидке складання за умови вже встановленого вібраційного вала або його швидке розбирання й знімання з корпусів підшипників вібраційного вала, що істотно спрощує огляд та обслуговування вібраційного вала або його підшипників без повного розбирання колосникового грохота.

У патенті [9] наведена конструкція грохота яка складається з рами 1, стійок 2, підвісок 3 з циліндричними пружинами 4, коробка 5 з дебалансним вібратором 6, електродвигуна 7 з клинопасовою передачею 8. Електродвигун встановлено на рамі 1. Завантажувальний бункер 9 закріплений на одній зі стійок 2, над яким розташований завантажувальний лоток 10 у верхній частині коробка 5 рис.3.8.

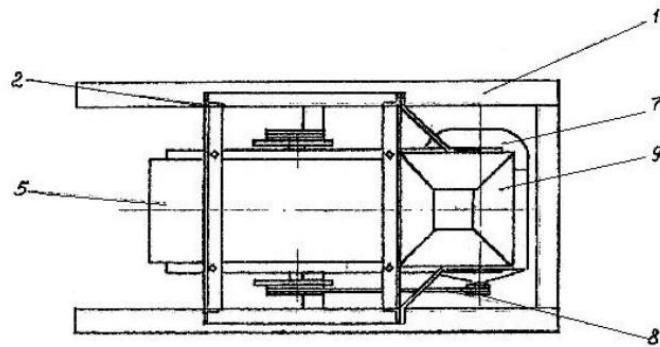


- 1 – рама; 2 – стійки; 3 – підвіски; 4 – циліндричні пружини; 5 – короб;
6 – дебалансний вібратор; 7 – електродвигун; 8 – клинопасова передача;
9 – завантажувальний бункер; 10 – завантажувальний лоток

Рисунок 3.8 – Загальний вигляд грохота

Секційні решета 12 встановлені всередині коробка 5 рис. 3.9. над захисним кожухом 11 дебалансного вібратора 6. Решета 12 мають прорізи, які утворюють розвантажувальні вертикальні щілини 16. Щілини 16 розташовані під кутом $\alpha=3-$

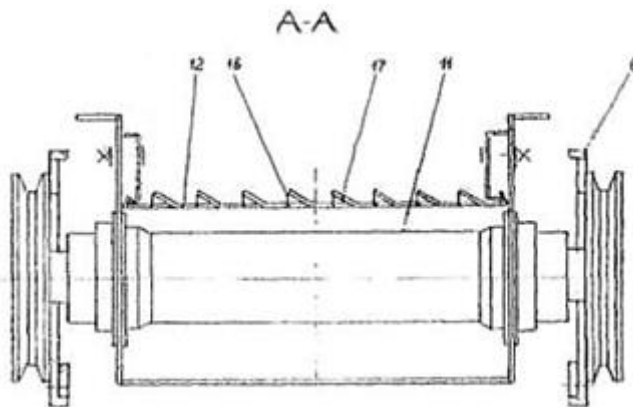
5° до подовжньої осі грохота та збільшуються висотою від розміру а до розміру b по ходу матеріалу.



1 – рама; 2 – стійки; 5 – короб; 7 – електродвигун;
8 – клинопасова передача; 9 – завантажувальний бункер

Рисунок 3.9 – Вид зверху

Щілини 16 зміщені на половину кроку між секціями 12, а також чергуються посекційно нахилом похилих ділянок решіт 17, утворюючи вертикальні щілини 16. Похилі ділянки 17 від секції до секції створюють доріжку для орієнтації довгастих часток уздовж щілин 16 рис. 3.10.



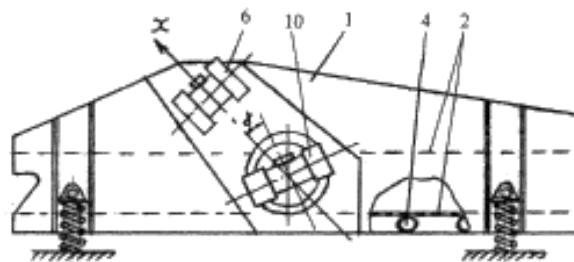
6 – дебалансний вібратор; 11 – захисний кожух; 12 – секційні решета;
16 – щілини; 17 – похилі ділянки

Рисунок 3.10 – Поперечний розріз грохота по дебалансному валу

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: застосування запропонованої форми вертикальних щілин на секціях

грохота дозволить витягати довгі частки із дрібними частками алюмінієвих сплавів і дрібною пластмасою в окремий продукт для збагачення, а великі округлі шматки алюмінієвих сплавів відправляти споживачу як кінцевий продукт.

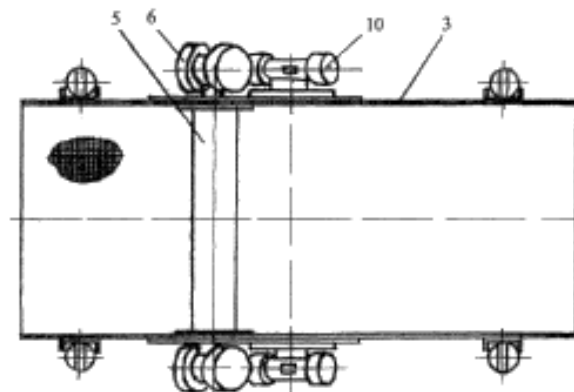
У патенті [10] наведено конструкцію інерційного грохота яка включає короб 1 із ситом 2, який складається з боковин 3, з'єднаних між собою поперечними зв'язуючими балками 4 і підвібраторною балкою 5.



1 – короб; 2 – сито; 3 – боковини; 4 – поперечні зв'язуючі балки;
5 – підвібраторна балка; 6,10 – вібробудники

Рисунок 3.11 – Загальний вигляд інерційного грохота

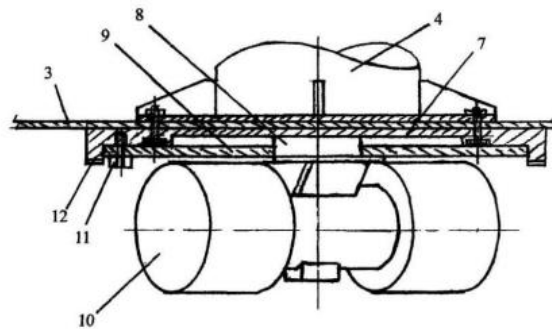
На протилежних сторонах підвібраторної балки 5 жорстко і фіксовано встановлена перша пара вібробудників 6.



3 – боковини; 5 – підвібраторна балка; 6,10 – вібробудники

Рисунок 3.12 – Інерційний грохот, вид зверху

В місцях кріплення середньої зв'язуючої балки 4 з боковинами 3 короба 1 закріплені пластини 7 з цапфою 8. На цапфі 8 установлена плита кріплення 9 другої пари віброзбудників 10 з можливістю її повороту відносно цапфи 8. Віброзбудники 6 і 10 виконані у вигляді мотор-вібраторів. Фіксація плити кріплення 9 відносно цапфи 8 виконана за допомогою фіксатора 11, а для контролю кута повороту плити кріплення 9 відносно цапфи 8 передбачена кутова шкала 12.



3 – боковини; 4 – поперечна зв'язуюча балка; 7 – пластини; 8 – цапфа;
9 – плита кріплення; 10 – віброзбудник; 11 – фіксатор; 12 – кутова шкала;

Рисунок 3.13 – Вузол кріплення рухомих віброзбудників

Технічний результат при реалізації запропонованого рішення полягає у наступному: конструкція забезпечує можливість оперативного регулювання динамічних характеристик грохоту, що дозволяє оперативно керувати переміщенням частинок матеріалу по сити для підвищення ефективності просіювання і зневоднення твердих матеріалів.

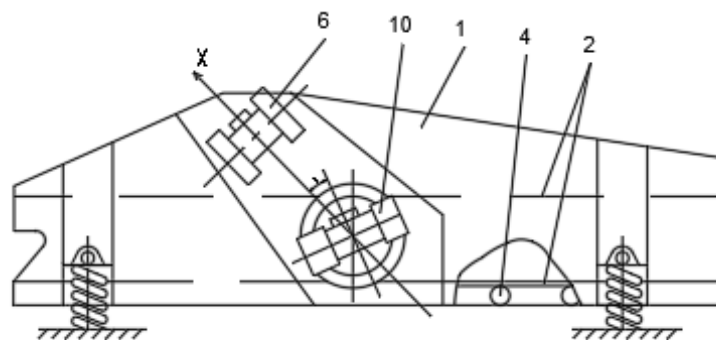
4 ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ВАРІАНТІВ МОДЕРНІЗАЦІЙ ІНЕРЦІЙНОГО ГРОХОТА

4.1. Обґрунтування вибору варіантів модернізації інерційного грохота

Під час вивчення патентної літератури за основу модернізації було обрано патент України UA86267C2 «Інерційний грохот».

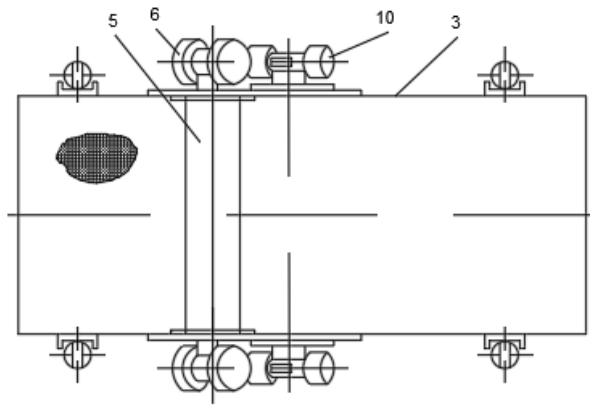
Для усунення недоліків колосникового грохота які полягають у низькій ефективності грохочення та схильності до забивання. Найдоцільніше обирати конструкцію колосникового грохота на основі прототипу [10]. Розглянемо його детальніше.

Інерційний грохот включає короб 1 із ситом 2 (рис. 4.1), який складається з боковин 3 (рис. 4.2.), з'єднаних між собою поперечними зв'язуючими балками і підвібраторною балкою 5. На протилежних сторонах підвібраторної балки 5 жорстко і фіксовано встановлена перша пара віброзбудників 6. В місцях кріплення середньої зв'язуючої балки 4 з боковинами 3 короба 1 закріплені пластини 7 з цапфою 8 (рис. 4.3).



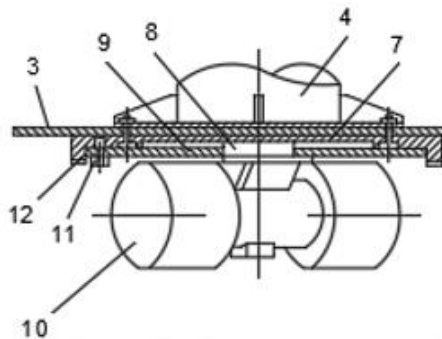
1 – короб; 2 – сито; 3 – боковини; 4 – поперечні зв'язуючі балки;
5 – підвібраторна балка; 6,10 – віброзбудники

Рисунок 4.1 – Загальний вигляд інерційного грохота



3 – боковини; 5 – підвібраторна балка; 6,10 – вібратори

Рисунок 4.2 – Інерційний грохот, вид зверху



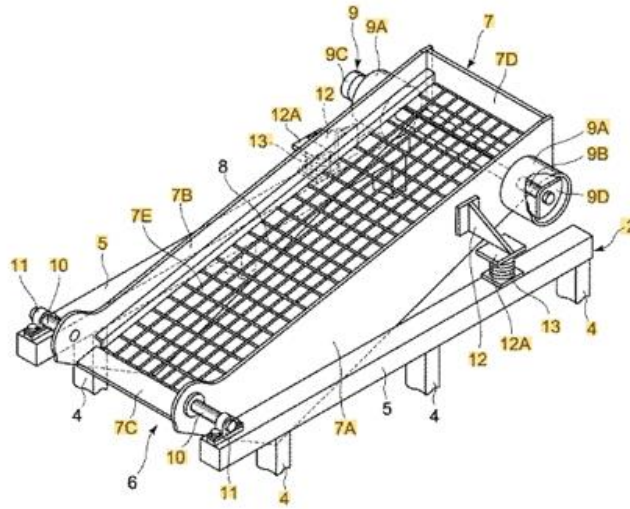
3 – боковини; 4 – поперечна зв'язуюча балка; 7 – пластини; 8 – цапфа;
9 – плита кріплення; 10 – вібратор; 11 – фіксатор; 12 – кутова шкала;

Рисунок 4.3 – Інерційний грохот, вузол кріплення рухомих вібраторів

На цапфі 8 встановлена плита кріплення 9 другої пари вібраторів 10 з можливістю її повороту відносно цапфи 8. Вібратори 6 і 10 виконані у вигляді мотор-вібраторів. Фіксація плити кріплення 9 відносно цапфи 8 виконана за допомогою фіксатора 11, а для контролю кута повороту плити кріплення 9 відносно цапфи 8 передбачена кутова шкала 12. Для регулювання частоти обертання вібраторів 6 і 10 встановлені частотні перетворювачі.

Застосування такої модернізації в першу чергу забезпечить можливість оперативного регулювання динамічних характеристик грохоту, що дозволяє оперативно керувати переміщенням частинок матеріалу по ситі для підвищення ефективності просіювання і зневоднювання твердих матеріалів.

Також в результаті патентного пошуку обрано другу модернізацію, яка може бути виконана разом з основною, а саме патент JP2008080239A (рис. 4.4).



2 – рама; 6 – сито; 7 – корпус; 7A, 7B – бічні пластини; 8 – елемент сита;
 9 – вібраційне тіло; 9B – обертовий вал; 9C – двигун; 9D – ексцентрики;
 10 – штифти; 11 – підшипники; 12 – пружинні кронштейни; 13 – пружини

Рисунок 4.4 – Вібраційний грохот, загальний вигляд

Вібраційний грохот містить раму 2, яка служить основою грохота, вона сформована за допомогою сталевих матеріалів. Крім того сито 6 прикріплено до верхньої частини 5 рами 2 і просіювальний пристрій 6. Корпус просіючої рами 7, який утворює зовнішню оболонку просівального пристрою 6 і корпус 7 прикріплений до верхньої частини 5 рами 2, яка прикріплена до верхньої кінцевої частини кожної з опорних колон 4, у нахиленому стані відносно горизонтального напрямку. Корпус 7 звернений до лівої та правої бічних пластин 7A та 7B. Передня пластина 7C, що з'єднує бічні сторони, і задня пластина 7D, що з'єднує задні торцеві сторони лівої та правої бічних пластин 7A та 7B, сформовані у формі прямокутника, що проходить у передньому та задньому напрямках як єдине ціле. Верхня торцева сторона рами 7 являє собою прямокутний вхідний отвір 7E, в який потрапляє об'єкт для обробки. Як показано на рис. 4.4. корпус 7 просіювальної рами розміщений на рамі 2 за допомогою підшипника 11 та еластичного корпусу 13.

Вібраційне тіло 9, розташоване на рамі 7 сита, застосовує вібрацію до елемента 8 сита через раму 7 сита. Вібруючий корпус 9 містить закритий циліндричний кожух 9А, 9А, прикріплений до лівої та правої бічних пластин 7А, 7В просіювальної рами 7, а також до лівої та правої сторін.

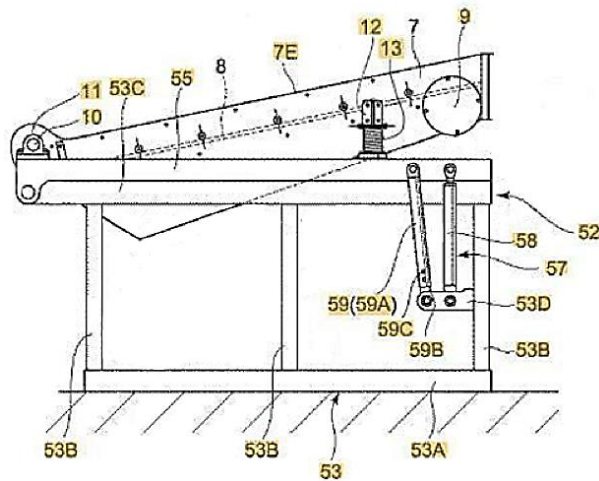
Лицьові пластини 7А і 7В підтримуються з можливістю обертання за допомогою підшипників, а лівий і правий кінці прикріплені до обертового валу 9В, розташованого в кожному корпусі 9А і корпусі 9А з правого боку лицьової пластини 7В. Двигун 9С, який приводить в рух обертовий вал 9В, і валоподібні лівий і правий ексцентрики 9D прикріплені до обох кінців обертового вала 9В і розташовані в корпусі 9А. Обертовий вал 9В розташований під ситовим елементом 8.

Лівий і правий штифти 10 рис. 4.3, розташовані на стороні переднього кінця лівої і правої бічних пластин 7А і 7В, що утворюють раму 7 сита.

Лівий і правий підшипники 11 рис. 4.4 , прикріплені до верхньої поверхні переднього кінця верхньої частини 5 рами, що становить раму 2, і кожен із підшипників 11 складається, наприклад, з опори типу подушки.

12 - це лівий і правий пружинні кронштейни, прикріплені до задніх кінців лівої і правої бічних пластин 7А і 7В, що утворюють раму 7 сита, і кожен з пружинних кронштейнів 12 з'єднаний з кожною бічною пластиною 7А, він закріплений на зовнішню поверхню 7В і виступає ліворуч і праворуч назовні рами 7 сита. Крім того, на виступаючому торцевому боці кожного кронштейна 12 пружини розташована плоска пластинчаста пластина 12А, яка приймає пружину, звернена до верхньої частини 5 рами. 2 у верхньому та нижньому напрямках .Пружне тіло 13, описане нижче, встановлено між пластиною 12А пружини кожного кронштейна 12 пружини та верхньою частиною 5 рами 2.

Цифра 52 позначає раму грохота (рис.4.5). Рама 52 містить нерухому раму 53, яка служить основою, і рухому раму 55, яка підтримується таким чином, щоб мати можливість обертатися вгору та вниз навколо опорного валу відносно нерухомої рами 53.



- 7 – корпус; 8 – ситовий елемент; 9 – вібраційне тіло; 10 – штифти;
 11 – підшипник; 12 – кронштейн; 13 – пружне тіло; 52 – рама;
 53 – нерухома рама; 53С – верхня частина рами; 53В – стоячі рами;
 53А – основна рама; 55 – рухома рама;
 57 – місце для приєднання засобу регулювання кута;
 58 – підйомний циліндр; 59(59А) – труба великого діаметру;
 59В – труба малого діаметру; 59С – фіксована труба
 Рисунок 4.5 – Загальний вигляд вібраційного грохота

Сито виконано з можливістю прикріплення до рухомої рами 55 через підшипник 11 і пружне тіло 13. Фіксована рама 53 в основі якої рама 53А має 3 стоячі рами 53В та верхню частину 53С. Крім того опора 53В, яка розташована на стороні заднього кінця фіксованої рами 53, забезпечена кронштейном 53D для приєднання засобу 57 регулювання кута. 58 є підйомним циліндром, встановленим між кронштейном нерухомої рами 53 і задньою стороною рухомої рами 55. Підйомний циліндр 58 складається, наприклад, з гідравлічного циліндра, а сторона труби з'єднана штифтом з кронштейн 53D таким чином, щоб він міг обертатися.

Труба 59В малого діаметра і труба 59С фіксованого діаметра вставляються в трубу 59А великого діаметра і штифтовий отвір труби 59В малого діаметра.

Застосування такої модернізації призведе до суттєвих покращень грохота. Наявність гідроциліндрів дає можливість регулювати кут нахилу та вносить гнучкість і налаштованість в процес сортування матеріалів, що призводить до підвищення ефективності сортування. Наявність технічно надійних компонентів,

таких як підшипники та пружини, гарантує стійкість та тривалу службу грохота, сприяючи зниженню витрат на обслуговування та підтримуючи безперебійну роботу обладнання.

5 РОЗРАХУНКИ

5.1 Параметричні розрахунки

Частота обертання вала вібратора:

$$n \geq \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{g \cdot \cos \alpha}{\pi^2 \cdot r}} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\frac{9,81 \cdot \cos 5^\circ}{3,14^2 \cdot 0,010}} = 4,96 \text{ с}^{-1},$$

де r – амплітуда вібрації, $r = 0,003$ м. Приймаємо $n = 10 \text{ с}^{-1}$ (600 хв.-1)

Визначення конструктивних параметрів решітки грохоту:

$$\text{Ширина : } B = \frac{\Pi_\rho}{7200 \cdot D'_{\text{сер}} \cdot r \cdot n \cdot \rho \cdot \tan \alpha} = \frac{35}{7200 \cdot 0,08 \cdot 0,003 \cdot 10 \cdot 2,3 \cdot 0,4 \cdot \tan 5^\circ} = 2,22 \text{ м.}$$

$$\text{довжина: } L = 2 \cdot B = 2 \cdot 2,22 = 4,440 \text{ м.}$$

Вібрувальні маси грохота і матеріалу:

$$m = B^2 \cdot D'_{\text{сер}} \cdot \rho \cdot \mu = 2,2^2 \cdot 0,08 \cdot 2,3 \cdot 0,4 = 0,356 \text{ т.}$$

Маса дебалансу:

$$m_\partial = \frac{m \cdot r}{r_\partial} = \frac{0,356 \cdot 0,010}{0,25} = 0,014 \text{ т.}$$

Для визначення конструктивних розмірів шківів вибраний радіус обертання маси дебалансу: $r_\partial = 0,25$ м.

Вібрувальні маса, що діє на одну пружинну опору:

$$m_0 = \frac{m}{z} = \frac{0,356}{4} = 0,089 \text{ т.}$$

5.2 Розрахунки основних характеристик колосникового грохота

Кінематичні розрахунки проводяться згідно методики, викладеної у [11]

Вибір двигуна

Потужність приводу:

$$N = \frac{4 \cdot \pi^3 \cdot n^3 \cdot m_{\partial} \cdot r_{\partial} \cdot d_{\partial} \cdot f}{\eta_y} = \frac{4 \cdot 3,14^3 \cdot 10^3 \cdot 0,014 \cdot 0,25 \cdot 0,16 \cdot 0,03}{0,8} = 2,60 \text{ кВт},$$

де η_y – ККД урухомника, $\eta_y = 0,8$; f – приведений коефіцієнт тертя, $f = 0,3$;

d_{∂} – діаметр вала в місці встановлення підшипників, $d_{\partial} = 0,28 \text{ м}$. [1,9]

Обираємо двигун 4А100S 4У3, асинхронний.

Потужність $N_{\partial} = 3 \text{ кВт}$.

Частота обертів $n_{\partial} = 1435 \text{ хв.}^{-1}$

Розрахунок клинопасової передачі

Передаточне число пасової передачі:

$$u = \frac{n_{\partial}}{n} = \frac{1435}{600} = 2,39.$$

Потужність на веденому шківу:

$$N_{шк.} = N_{\partial} \cdot \eta_y = 3 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ кВт}.$$

Крутний момент на валу електродвигуна:

$$T_{\partial} = 9550 \cdot \frac{N_{\partial}}{n_{\partial}} = 9550 \cdot \frac{3}{1435} = 19,96 \text{ Н·м}.$$

Крутний момент на валу веденого шківа:

$$T_{шк.} = T_{\partial} \cdot \eta_y \cdot u = 19,96 \cdot 0,8 \cdot 2,39 = 38,16 \text{ Н·м}.$$

Вибираємо переріз паса за номограмою ГОСТ 1284.3-80 залежно від споживчої потужності на валу ведучого шківа і частоти його обертання категорії

Б Рис. 5.1.[13]

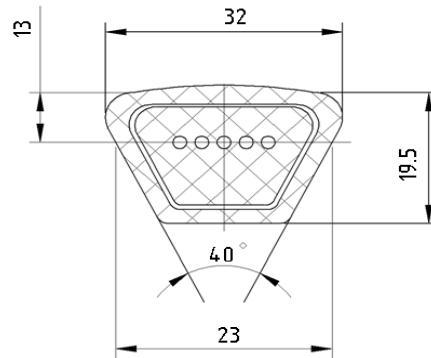


Рисунок. 5.1 – Переріз клинового паса категорії Б

Для прийнятого перерізу паса визначаємо діаметр d_1 ведучого шківа. При цьому користуємось рекомендацією $d_1 \geq d_{1\min}$ з метою підвищення строку служби паса. Приймаємо $d_1 = 250$ мм.

Визначаємо колову швидкість (м/с) та порівнюємо її з допустимою для цього типу паса

$$V = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n}{1000 \cdot 60} = \frac{3,14 \cdot 250 \cdot 1435}{1000 \cdot 60} = 18,77 < [V_{\text{дон}}], (\text{м/с}),$$

де d_1 – діаметр ведучого шківа, мм; n – частота обертання ведучого шківа, хв.⁻¹

Визначаємо діаметр веденого шківа d_2 (коефіцієнтом пружного ковзання паса нехтуємо в міру його малої величини, яка не впливає суттєво на знаходження діаметра веденого шківа):

$$d_2 = d_1 \cdot u = 250 \cdot 2,39 = 597 \text{ мм},$$

де d_2 – діаметр веденого шківа.[14,15,16]

Визначаємо орієнтовну міжосьову відстань:

$$a' = k \cdot d_2 = 1,4 \cdot 597 = 835 \text{ мм},$$

де k – коефіцієнт, що залежить від передаточного числа.

Визначаємо розрахункову довжину паса:

$$L_p = 2 \cdot a' + \frac{\pi \cdot (d_2 + d_1)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'} = 2 \cdot 835 + \frac{\pi \cdot (597 + 250)}{2} + \frac{(597 - 250)^2}{4 \cdot 835} = 3035 \text{ мм}.$$

Розраховане значення округляємо до найближчого стандартного L згідно з ГОСТ 1284.1-89: $L = 3150$ мм.

Визначаємо число пробігів паса:

$$U = \frac{V}{L} = \frac{18,77}{3,15} = 5,958 \text{ с}^{-1} \leq [U] = 15 \text{ с}^{-1}.$$

Уточнюємо міжосьову відстань відповідно до прийнятої довжини паса:

$$\begin{aligned} a &= 0,125 \cdot \left\{ 2 \cdot L - \pi \cdot (d_2 + d_1) \right. \\ &+ \left. \sqrt{[2 \cdot L - \pi \cdot (d_2 + d_1)]^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2} \right\} = \\ &0,125 \cdot \left\{ 2 \cdot 3150 - \pi \cdot (597 + 250) \right. \\ &+ \left. \sqrt{[2 \cdot 3150 - \pi \cdot (597 + 250)]^2 - 8 \cdot (597 - 250)^2} \right\} \\ &= 892.91 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначаємо кут обхвату ведучого шківів:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57,3^\circ \cdot \frac{597 - 250}{892.91} = 157.7^\circ \geq [\alpha_{min} [^\circ]].$$

Визначаємо потрібну кількість пасів:

$$z' = \frac{N_1}{N_0 \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot C_L \cdot C_z} \leq 6(8),$$

де N_1 – потужність на ведучому шківі, $N_1 = N_0 = 3$ кВт; P_0 – допустима потужність для одного клинового паса залежно від перерізу, діаметра ведучого шківів d_1 та V ; C_p – коефіцієнт динамічності, $C_p = 0,67$; C_α – коефіцієнт кута обхвату, $C_\alpha = 1,37 \cdot (1 - e^{-\alpha/135}) = 1,37 \cdot (1 - e^{-157,7/135}) = 0,943$; C_L – коефіцієнт, що враховує вплив на довговічність довжини паса залежно від відношення розрахункової довжини паса L до базової L_0 :

$$C_L = \sqrt[6]{\frac{L}{L_0}} = \sqrt[6]{\frac{3150}{3150}} = 1;$$

C_z – коефіцієнт, що враховує кількість пасів у комплекті клинопасової передачі, $C_z = 0,95$.

$$z' = \frac{3}{5 \cdot 0,67 \cdot 0,943 \cdot 1 \cdot 0,95} = 0,999,$$

приймаємо $z = 2$.

Визначаємо колову силу:

$$F_t = \frac{10^3 \cdot N_\partial}{V} = \frac{10^3 \cdot 3}{18,77} = 159,82 \text{ Н},$$

де N_∂ – потужність, що передається шківом, кВт; V – швидкість паса, м/с.

Визначаємо силу початкового натягу одного паса:

$$F_0 = \frac{780 \cdot N_\partial}{V \cdot C_p \cdot C_\alpha \cdot z} + q \cdot V^2 = \frac{780 \cdot 3}{18,77 \cdot 0,67 \cdot 0,943 \cdot 2} + 0,18 \cdot 18,77^2 = 162,07 \text{ Н},$$

де q – маса одного метра паса, кг/м.

Знаходимо сили, що діють на вал та підшипники:

$$F_r = 2 \cdot F_0 \cdot z \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 162,07 \cdot 2 \cdot \sin \frac{157,7^\circ}{2} = 635,76 \text{ Н}$$

Визначаємо напруження у ведучій гілці паса:

$$\sigma_1 = \sigma_0 + \frac{F_t}{2 \cdot z \cdot A},$$

де σ_0 – напруження від початкового натягу паса; для клинових пасів беруть середнє значення $\sigma_0 = 1,2$ МПа; z – прийнята кількість пасів; A – площа перерізу паса.

$$\sigma_1 = 1,2 + \frac{159,82}{2 \cdot 2 \cdot 138} = 1,489 \text{ МПа}.$$

Визначаємо напруження згину у пасі на дузі обхвату ведучого шківа:

$$\sigma_{32} = E_\kappa \cdot \frac{2 \cdot y_0}{d_1},$$

де E_κ – модуль пружності для корд-тканинні пасів, беремо $E_\kappa = 65$ МПа; y_0 – відстань від нейтральної лінії до найбільш напружених волокон.

$$\sigma_{3z} = 65 \cdot \frac{2 \cdot 4}{250} = 2,08 \text{ МПа.}$$

Розрахуємо напруження, які виникають у пасі від дії відцентрових сил:

$$\sigma_V = \rho_n \cdot V^2 \cdot 10^{-6},$$

де ρ_n – питома маса паса, беремо $\rho_n = 1325 \text{ кг/м}^3$; V – швидкість паса, м/с.

$$\sigma_V = 1325 \cdot 18.77^2 \cdot 10^{-6} = 0,466 \text{ МПа.}$$

Знаходимо максимальні напруження у перерізі ведучої гілки паса в місці набігання його на ведучий шків:

$$\sigma_{max} = \sigma_1 + \sigma_{3z} + \sigma_V = 1,489 + 2,08 + 0,466 = 4,035 \text{ МПа}$$

Розрахункова довговічність :

$$T = \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{max}} \right)^m \cdot \frac{10^7 \cdot C_u \cdot C_H}{2 \cdot 3600 \cdot U}$$

де σ_y – границя витривалості, беремо $\sigma_y = 9,6 \text{ МПа}$; m – показник степеня (для клинових пасів $m = 8$); C_u – коефіцієнт, що враховує вплив передатного числа, для $u = 1,6$ $C_u = 1,4$; C_H – коефіцієнт, що враховує непостійність навантаження, $C_H = 1$; U – число пробігів паса за секунду.

$$T = \left(\frac{9,6}{4,03} \right)^8 \cdot \frac{10^7 \cdot 1,4 \cdot 1}{2 \cdot 3600 \cdot 9,6} = 210 \text{ тис. год}$$

5.3. Розрахунок на міцність та жорсткість деталей машини

Розрахунок вала вібратора

Розрахунки проведені за методикою, наведеною у [17] та [18].

На рисунку 5.2. представлено розрахункову схему навантаження валу та епюри моментів.

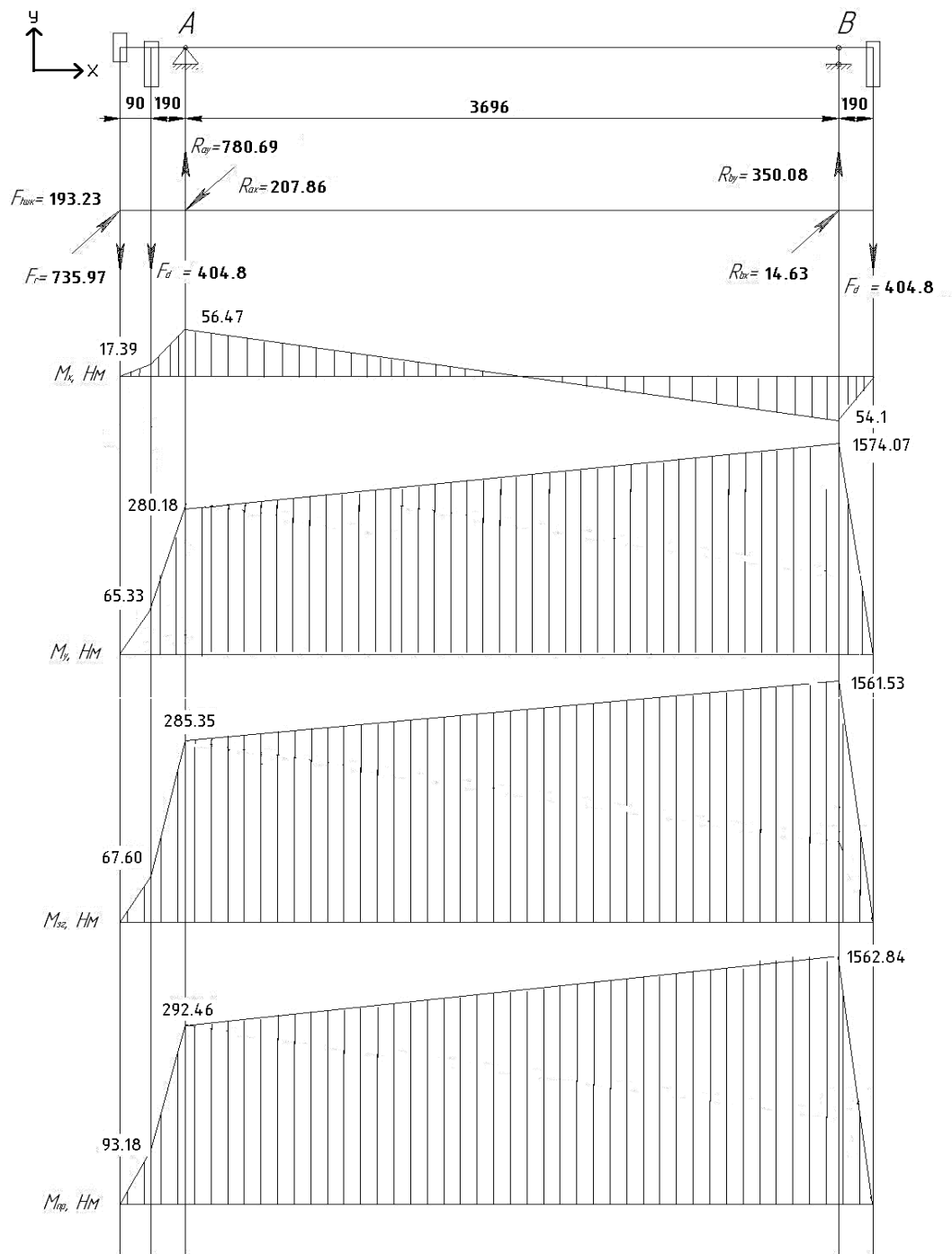


Рисунок 5.2 – Схема навантаження вала

На вал діють такі сили:

Колова сила шківа:

$$F_{t_{шк}} = \frac{10^3 \cdot N_{шк}}{V} = \frac{10^3 \cdot 2.4}{18.77} = 193.23 \text{ Н}$$

Відцентрова сила, яка виникає при обертанні дебалансів:

$$F_{\partial} = m_{\partial} \cdot (r + A) \cdot n^2 = 14 \cdot (0,25 - 0,005) \cdot 10^2 = 404.8 \text{ Н},$$

де r_{∂} – ексцентриситет дебалансів, м; r – амплітуда коливань, м.

В якості матеріалу для виготовлення вала призначаємо середньо вуглецеву сталь 45 по ГОСТ 1050-77. Механічні характеристики: $HB170$, $\sigma_B = 610$ МПа, $\sigma_T = 360$ МПа, $\sigma_{-1} = 250$ МПа, $\tau_{-1} = 150$ МПа.

Реакції опор R_{Bx} та R_{By} знаходимо з рівняння моментів відносно точки А:

$$\sum M_{Ax} = F_r \cdot 0,275 + \frac{F_{\partial}}{2} \cdot 0,145 + R_{by} \cdot 3,54 - \frac{F_{\partial}}{2} \cdot 3,685 = 0;$$

$$\sum M_{Ay} = -F_t \cdot 0,275 + R_{bx} \cdot 3,54 = 0;$$

$$R_{by} = \frac{\frac{F_{\partial}}{2} \cdot 3,685 - F_r \cdot 0,275 - \frac{F_{\partial}}{2} \cdot 0,145}{3,54} = \frac{\frac{357}{2} \cdot 3,685 - 526,1 \cdot 0,275 - \frac{357}{2} \cdot 0,145}{3,54} = 390.16 \text{ Н};$$

$$R_{bx} = \frac{F_{тук} \cdot 0,275}{3,54} = \frac{127,86 \cdot 0,275}{3,54} = 350.08 \text{ Н}.$$

Розрахунок шпонкових з'єднань

Розрахуємо міцність шпонки рис. 5.3. на кінці вала, на який насаджено ведений шків. [11]

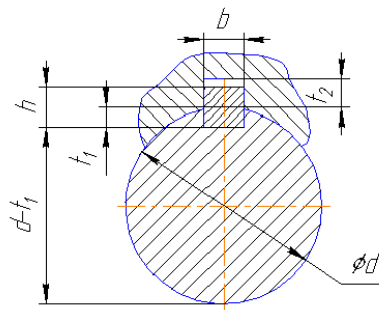


Рисунок 5.3 – Розміри шпонки

Для вала з $d = 100$ мм вибираємо шпонку за ГОСТ 23360-78 виконання 3 з параметрами $b \times h = 28 \times 16$ мм, $t_1 = 10$ мм, $l = 80$ мм.

Виконуємо розрахунок шпонки на зминання. Для шпонок зі сталі 45 за ГОСТ 1070-88 при середньому режимі роботи границя зминання $[\sigma_{зм}] = 100 \dots 120$ МПа.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l \cdot (h - t_1)} = \frac{2 \cdot 19,1 \cdot 10^3}{100 \cdot 80 \cdot (16 - 10)} = 0,8 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 100 \dots 120 \text{ МПа}.$$

Міцність шпонки забезпечена.

Границя витривалості сталі 45 на зріз становить $[\tau_{зр}] = 0,25 \cdot [\sigma_T] = 0,25 \cdot 360 = 90$ МПа. Виконуємо розрахунок шпонки на зріз:

$$\tau_{зр} = \frac{T}{0,5 \cdot (d+h-t_1) \cdot b \cdot l} = \frac{19,1 \cdot 10^3}{0,5 \cdot (100+16-10) \cdot 28 \cdot 80} = 0,16 \text{ МПа} < [\tau_{зр}].$$

Міцність шпонкового з'єднання забезпечено.

Розрахуємо міцність шпонки в місці вала, на який насаджено дебаланс.

Для вала з $d = 160$ мм вибираємо шпонку за ГОСТ Р 50536-93 з параметрами $b \times h = 22 \times 9$ мм, $l = 70$ мм.

Виконуємо розрахунок шпонки на зминання.

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l \cdot h} = \frac{2 \cdot 19,1 \cdot 10^3}{160 \cdot 70 \cdot 9} = 0,38 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 100 \dots 120 \text{ МПа}.$$

Міцність шпонки забезпечена.

Вибір підшипників

Згідно [12,17] та технологічних міркувань для опор де балансного валу приймаємо підшипники роликові дворядні (рис. 5.4) з закріплювальними втулками за ГОСТ 8545-75, номер 13632 середньої серії діаметрів:

$$d_1 = 160 \text{ мм}, D = 380 \text{ мм}, B = 126 \text{ мм}, r = 5 \text{ мм}, C = 53000.$$

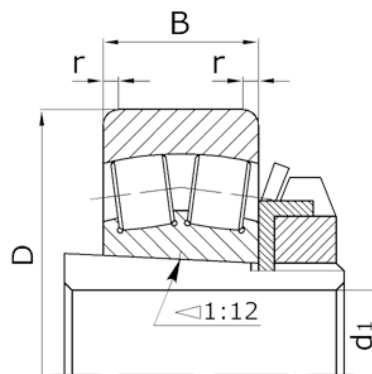


Рис. 5.4 – Параметри підшипника

Розрахунок пружин

Розрахунок проводимо за методикою, викладеною в [18]. Визначимо максимальне зусилля, яке діє на одну пружину.

На пружину діє навантаження від дії сили тяжіння вібрувальних мас m та інерція дебалансу.

Вібрувальна маса:

$$m = \frac{m_{\partial} \cdot r_{\partial}}{r} = \frac{14 \cdot 0,25}{0,005} = 1109 \text{ кг.}$$

Загальна сила, що діє на пружини:

$$F_{\text{заг.}} = F_{\partial} + m \cdot g = 357 + 1109 \cdot 9,81 = 576.43 \text{ Н.}$$

Сила, яка діє на одну пружину:

$$F_1 = \frac{F_{\text{заг.}}}{z} = \frac{576.43}{12} = 48.04 \text{ Н.}$$

З конструктивного погляду обираємо матеріал пружини 50ХФА, який використовується для виготовлення пружин великих розмірів, клас II, $[\tau_K] = 800 \text{ МПа}$, $G = 8 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$. Індекс пружини, що характеризує кривизну $c = 5$.

Коефіцієнт, що враховує кривизну витків та форму перерізу:

$$k = 1 + \frac{3}{2 \cdot c} = 1 + \frac{3}{2 \cdot 5} = 1,3.$$

Діаметр проволочки знаходимо з умови міцності:

$$d \geq 1,6 \cdot \sqrt{\frac{k \cdot F_1 \cdot c}{[\tau_K]}} = 1,6 \cdot \sqrt{\frac{1,3 \cdot 48,04 \cdot 5}{8 \cdot 10^8}} = 1 \text{ мм,}$$

Приймаємо з конструктивних міркувань $d = 10 \text{ мм}$.

Середній діаметр:

$$D_0 = c \cdot d = 5 \cdot 10 = 50 \text{ мм.}$$

Визначаємо кількість витків:

$$\tilde{n} = \frac{G \cdot d \cdot r}{8 \cdot \Delta F \cdot c^3} = \frac{8 \cdot 10^{10} \cdot 0,01 \cdot 0,010}{8 \cdot 357 \cdot 5^3} \approx 7,$$

приймаємо $n = \tilde{n} + 2 = 7 + 2 = 9$ витків.

Крок пружини:

$$t = d + 1,16 \cdot \frac{[\tau_K] \cdot \pi \cdot D_0^2}{G \cdot k \cdot d} = 0,02 + 1,16 \cdot \frac{8 \cdot 10^8 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2}{8 \cdot 10^{10} \cdot 1,3 \cdot 0,01} = 17 \text{ мм.}$$

Повна довжина не навантаженої пружини:

$$H_0 = n \cdot t - 0,5 \cdot d = 9 \cdot 17 - 0,5 \cdot 10 = 148 \text{ мм.}$$

Довжина проволочи, необхідна для виготовлення пружини:

$$L_{np.} \approx 3,2 \cdot D_0 \cdot n = 3,2 \cdot 50 \cdot 9 = 1440 \text{ мм.}$$

6 СПЕЦІАЛЬНІ РОЗДІЛИ

6.1 Монтаж і експлуатація обладнання

У розділі буде розглядатися монтаж і експлуатація грохота для виробництва силікатної цегли та його вузла, а саме дебалансний вал.

Дебалансний вал - це механізм, який використовується для створення нерівноважності в системі, що впливає на рух частинок матеріалу під час їх просіювання або сортування на грохоті. Грохоти використовуються для відокремлення матеріалів різного розміру на основі їхніх фізичних властивостей.

Дебалансний вал може створювати нерівномірні коливання грохота. Це призводить до того, що матеріал на грохоті пересувається і просіюється через відсівні отвори, розташовані на поверхні грохота.

Дебалансні вали можуть бути налаштовані для створення різних типів руху грохота, залежно від вимог процесу сортування. Цей механізм дозволяє підтримувати ефективне розділення матеріалів за їхнім розміром, що робить його важливою складовою обладнання в гірничо-металургійній та будівельній промисловості. На рис 6.1 зображено креслення вібровалу, а на рис. 6.2 його блок-схема.

6.1.1. Техлогія збирання вібровалу

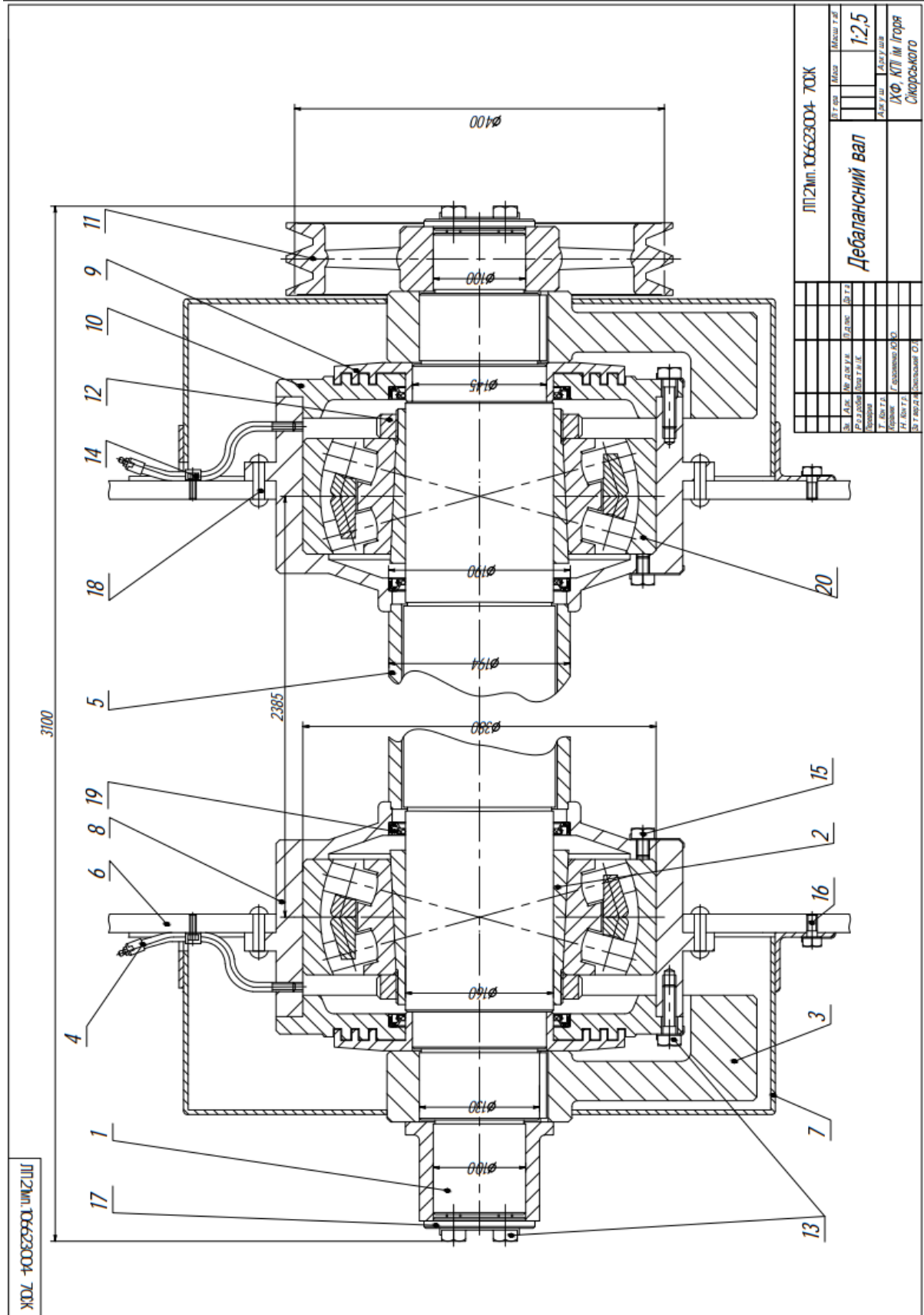


Рисунок 6.1 – Вібровал

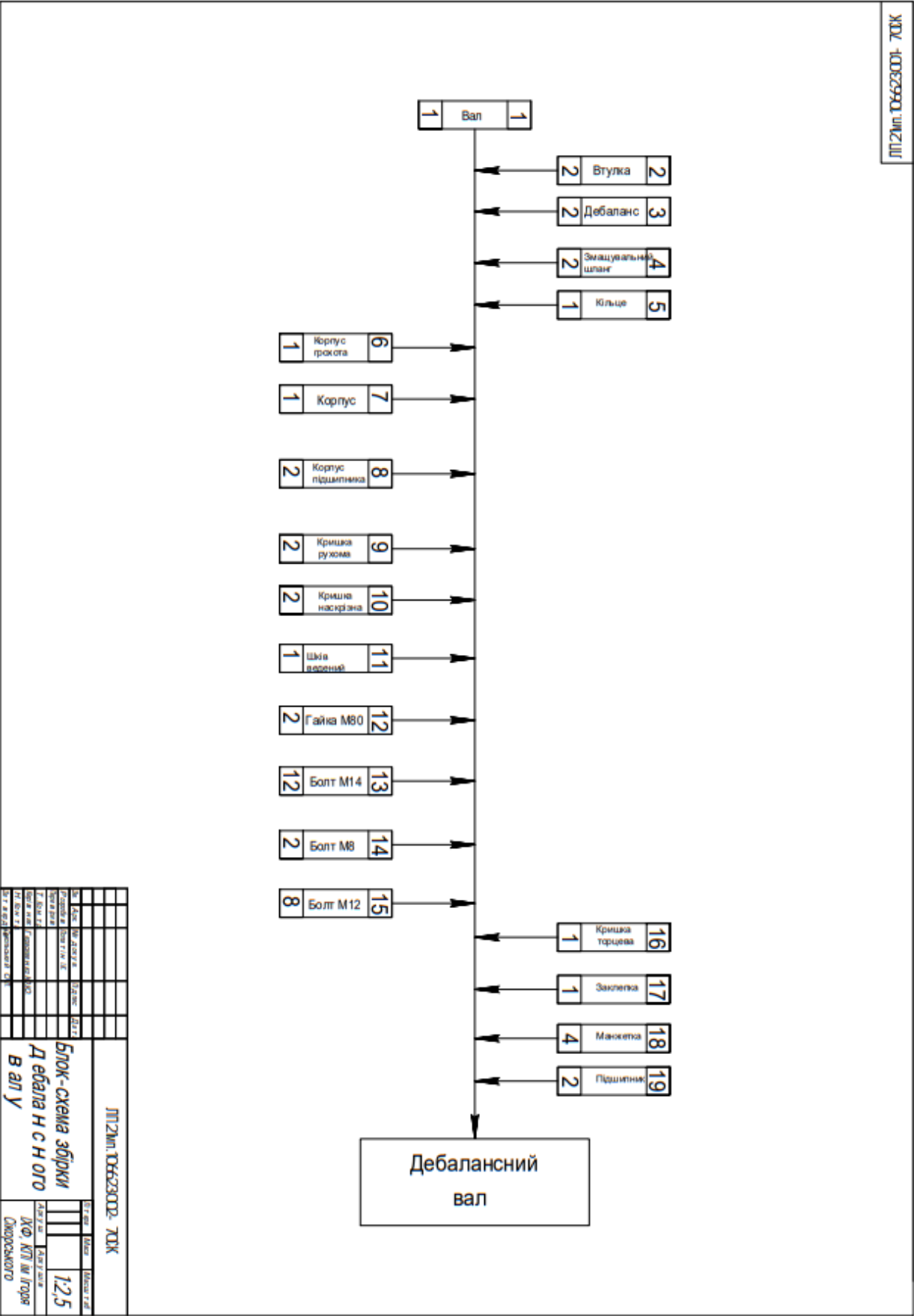


Рисунок 6.2 – Блок-схема віброролу

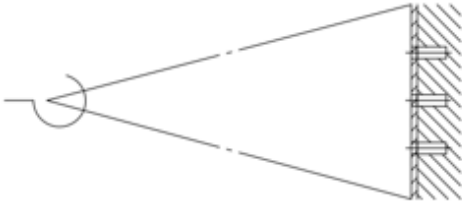
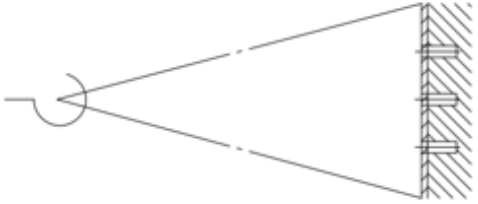
Інд. № ~~~~~	Підпис і дата	Взам. інв. № <u>006</u>	Інв. № дубл. <u>007</u>	Підпис і дата						
					Номер операції	ЛП21мп.106623.001-70TE				
Номер	Зміст переходу				Технологічний режим	Кіл.	Тригосування (код та найменування)	Інструмент (код та найменування)	T ₀	
10	Закрутити болти M14 13 для кріплення корпусу грохота 6 до основного корпусу 7				Болт M14 13	12		Гайковий ключ S=22	15	
11	Встановити болти M8 14 для кріплення кришок рухомих 9 та наскрізних кришок				Болт M8 14	2		Гайковий ключ S=13	20	
12	Замінити болти M14 13 та M12 16 для закріплення корпусу підшипників 8				Болт M12 16	8		Гайковий ключ S=19	25	
13	Додати кришку торцеву 17 до корпусу грохота 6				Кришка торцева 17	1			20	
14	Встановити заклепку 18 для додаткового кріплення кришки торцевої 17				Заклепка 18	1			30	
15	Додати манжети 19 на вал 1 та дебаланси 3 для ущільнення				Манжета 19	4			25	
									Арк.	
					Вим.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Н.ко

[illegible]

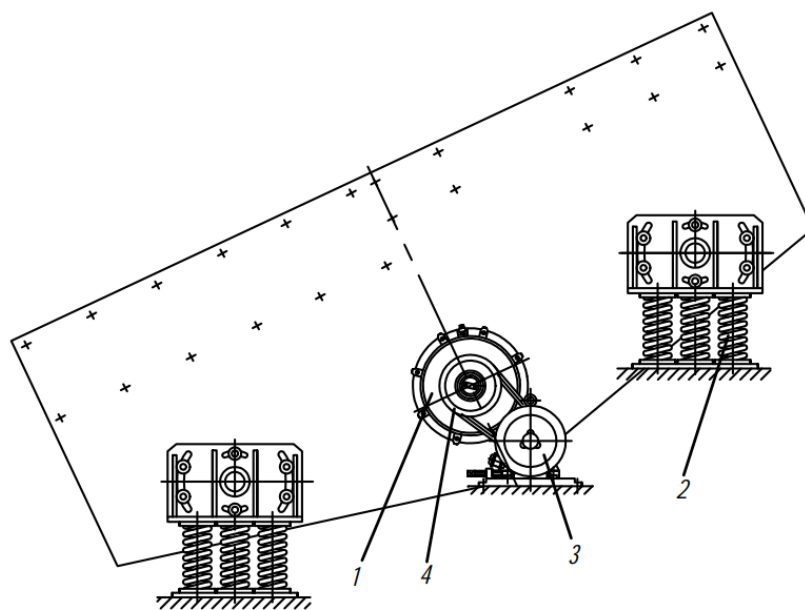
Рисунок 6.3 – операційна карта збирання вібровалу

6.1.2. Монтаж грохота

Рисунок 6.4 – План-схема розміщення фундаментних болтів

Номер операції		Карта ескізів														
2																
  																
												Розробив	Лист І.К.			Лист
												Перевірив				2
												Керівник				Листів
												Затвердив				3
												Н. контр.				
												Дата				
												Підпис				
												№ докум				
												Лист				
												Ізм				
												Дата				
												Підпис				
												№ докум				
												Лист				
												Ізм				

6.1.3. Змащення машини



1 – вібратор; 2 – пружина; 3 – електродвигун; 4 – шків

Рисунок 6.7 – Змащення грохота

Карта змащення

Таблиця 6.1. – Карта змащення

	Найменування і поз.виробу	Найменування змазочного матеріалу	Кількість точок	Спосіб нанесення змазочного матеріалу	Періодичність нанесення, год.
1	Вібратор	Мастило-циатін ГОСТ8773-79	2-3	Наповнення через масльонку	300-500
2	Пружина	Графітова змазка	2	Ручне змащення	400-700
3	Електродвигун 4А160М6УЗ ГОСТ 19523-74	Спеціальне електродвигунне масло	2-4	Наповнення через масльонку	800-1200
4	Шків ГОСТ 20889-80	Мастило індустриальне І-30А ГОСТ20799-79	1-2	Ручне змащення	500-1000

6.2. Автоматизація

Схемою технологічного процесу виробництва силікатної цегли передбачено добування і подача піску, подрібнення і помел вапна, змішування піску з меленим вапном і гашення отриманої суміші, пресування цегли і запарювання її в автоклавах. В прийомному відділенні із бункерів пісок стрічковим живильником і конвеєром подається для очистки від каменів, включень грудочок глини на грохот або вібраційне сито, а конвеєром пісок подається в бункер на сумісний помел з вапном і в бункер для підготовки силікатної суміші.

Для приготування вапна безпосередньо на заводі вапняковий камінь із кар'єру доставляють на завод, який оснащений піччю для випалу і помольним

відділом для тонкого помелу вапна. В помольному відділі і на транспортних комунікаціях, як і в відділах для прийому і складування сировини, використовують дробарки, конвеєри, трубні млини, живильники, пневмонасоси.

Щоб досягти правильного співвідношення всіх складових компонентів, застосовують спеціальні дозуючі пристрої. Через те, що приготування силікатної маси необхідної якості є однією з найбільш важливих операцій у технологічному процесі виробництва силікатної цегли.

Середній вміст активного вапна в силікатній масі дорівнює 6 – 8%. При використанні свіжевипаленого вапна без сторонніх домішок і недопалу кількість його може бути зменшено; якщо ж у вапні міститься велика кількість каменів і сторонніх домішок, а також якщо вапно довго зберігалось на повітрі, норма його в суміші повинна бути збільшена. Як недостатня, так і зайва кількість вапна в силікатній масі спричиняє небажані наслідки: недостатній вміст вапна знижує міцність цегли, підвищений вміст збільшує собівартість, але в той же час не робить позитивного впливу на якість. Активність вапна, що надходить у виробництво часто змінюється; тому для одержання маси з заданою активністю потрібно часто змінювати в ній кількість вапна.

Особливістю силосного способу – досконала підготовка суміші, яка передбачає її двохступінчате змішування в двохвалкових змішувачах неперервної дії 16. Підготовлені вапно і пісок безупинно подаються живильниками в заданому співвідношенні в одновальну мішалку безупинної дії 16 і зволожуються. Перемішана і зволожена маса надходить до силосів 18, де витримується від 4 до 10 годин, протягом яких вапно гаситься.

Силос являє собою циліндричну судину з листової сталі чи залізобетону; висота силосу 8 – 10 м, діаметр 3,5 – 4 м. У нижній частині силос має конусоподібну форму. Силос розвантажується за допомогою тарілчастого живильника на стрічковий транспортер, при цьому відбувається велике виділення пилу. При вилежуванні в силосах маса ущільнюється і частково

твердіє. Для кращого розвантаження силосу необхідно зберігати можливо меншу вологість маси .

Система автоматичного керування включає в себе первинний перетворювач споживаної потужності (2-1), типовий набір елементів САР. Як привод пластинчатого живильника прийнятий асинхронний електродвигун (2-5) з тиристорним управлінням, що дозволяє плавно змінювати продуктивність живильника.

Таблиця 6.2 Прилади місцеві та щит

№ позиції на схемі	Місце установки	Одиниці виміру допустимих значень	Найменування параметрів	Найменування і характеристика	Тип моделі	Кількість
1	2	3	4	5	6	7
1-1	Бункер	мм	Рівень матеріалу в бункері	Ємнісний рівнемір	ЭСУ-1	1
1-2	Щит	– II –	– II –	Вторинний вимірювальний прилад	КСМ-2	1
2-1	Дробарка	т/год	– II –	– II –	– II –	1
2-2	Щит	– II –	– II –	Система вимірювання ваги	Utilcell 420	1
2-5	Живильник	кг/м ³	– II –	Датчик рівня	Cbms-al	1
2-4	По місцю	– II –	Запуск двигуна	Кнопка керування	KS ATS 4/63H D	1

6.3. Стартап

6.3.1. Опис ідеї стартапу

Сьогодні одним з найпопулярніших напрямків розвитку промисловості України є сортування матеріалів у грохотах. Сучасні технології, що використовуються в цьому напрямку, революціонізують підходи до обробки сировини та виробництва будівельних матеріалів. Одним із ключових інноваційних рішень є Колосниковий грохот, який забезпечує ефективне сортування піску та його очищення від небажаних домішок. У цьому контексті, переваги використання грохотів виявляються як високим ступенем очищення матеріалів, так і розширеними можливостями виробництва силікатної цегли. Конструкція грохота дозволяє ефективно розділяти та видаляти часточки глини, камені та інші домішки, забезпечуючи високу якість сировини для будівельної індустрії. Такий підхід вирізняється не лише технологічною інноваційністю, а й сприяє досягненню цілей сталого розвитку, зменшуючи вплив виробництва на навколишнє середовище та підвищуючи якість будівельних матеріалів.

SilicaTech Innovations - це стартап, який пропонує революційний підхід до обробки сировини у будівельній та промисловій сферах. Наша унікальна конструкція грохотів дозволяє оптимізувати процес сортування та очищення матеріалів, забезпечуючи високоякісну силікатну цеглу для різноманітних галузей виробництва.

Переваги використання грохотів полягають в їхній здатності забезпечувати ефективне сортування та очищення сировини від небажаних домішок. Цей процес сприяє покращенню якості сировини, що використовується в промисловості матеріалознавства та будівництва.

Колосниковий грохот має спеціальну конструкцію, що забезпечує високоефективне сортування та очищення матеріалів. Його основні особливості

включають у себе спеціально розроблені сита та вібраційні механізми, які спільно працюють для ефективного видалення небажаних домішок, таких як глина, камені та інші часточки.

У таблиці 6.3. описано зміст ідеї стартап-проекту

Таблиця 6.3 - Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
SilicaTech Innovations впроваджує технологічний прорив у сфері обробки піску, що дозволяє забезпечити виробництво високоякісної силікатної цегли з винятковими характеристиками.	1. Будівельна галузь	Забезпечення високоякісної силікатної цегли для будівництва, яка володіє підвищеною міцністю та стабільністю, що робить будівельні конструкції надзвичайно довговічними.
	2. Промисловість	Забезпечення виробництва високоякісних матеріалів для промислових споруд та об'єктів, що підвищує ефективність та тривалість експлуатації промислових споруд.
	3. Інфраструктурні проекти	Забезпечення якісної силікатної цегли для інфраструктурних об'єктів, таких як мости та дороги, що гарантує їхню надійність та довговічність.
	4. Об'єкти комунальної інфраструктури	Використання силікатної цегли у будівництві об'єктів комунальної інфраструктури, таких як школи, лікарні та інші соціальні об'єкти, забезпечуючи їхню міцність та довговічність.

Стартап SilicaTech Innovations спрямований на оптимізацію та вдосконалення процесів обробки сировини в будівельній та промисловій сферах, зокрема за допомогою унікальної конструкції Колосникового грохоту. Наша діяльність відповідає численним цілям сталого розвитку, встановленим Організацією Об'єднаних Націй (ООН). З усіх цілей сталого розвитку найбільше підходять цілі: №7, №9, №12, №13, №17.

Ціль №7: Зменшення енерговитрат у виробництві силікатної цегли завдяки ефективній технології грохоту, спрямованій на оптимізацію та раціоналізацію процесів.

Ціль №9: Запровадження інноваційного підходу до обробки сировини у будівельній та промисловій сферах через унікальну конструкцію колосникового грохоту.

Ціль №12: Мінімізація втрат сировини, раціональне використання ресурсів та виробництво високоякісних матеріалів для підтримки відповідального виробництва.

Ціль №13: Зменшення викидів CO₂ завдяки вдосконаленому виробництву силікатної цегли та оптимізації енергоефективності виробничих процесів.

Ціль №17: Співпраця з іншими підприємствами та галузями для впровадження технології у сфери будівництва та промисловості, сприяючи взаємному розвитку та досягненню спільних цілей сталого розвитку.

Цілі сталого розвитку відображають глобальні зусилля спрямовані на створення більш стійкого, прозорого та відповідального світу. За допомогою інноваційних рішень у виробництві силікатної цегли, стартап SilicaTech Innovations може активно сприяти досягненню цих цілей.

Стартап базується на взаємодії декількох ринків:

Будівельна індустрія:

Експорт силікатної цегли для будівництва різноманітних об'єктів, від житлових комплексів до комерційних та інфраструктурних проектів.

Інфраструктурні проекти:

Постачання силікатної цегли для інфраструктурних будівель, таких як дороги, мости, аеропорти, що підвищить якість та тривалість споруд.

Співпраця з міжнародними партнерами:

Встановлення стратегічних партнерств із будівельними компаніями, підрядниками та іншими гравцями на міжнародному ринку для спільного впровадження технологій та розширення експортних можливостей.

Введення технології на ринок охоплює кілька етапів:

1.Аналіз ринкових умов:

Здійснення комплексного аналізу ринкових тенденцій, конкурентного середовища та потреб споживачів для визначення можливостей та перешкод впровадження технології на ринок.

2.Розробка маркетингової стратегії:

Визначення цільової аудиторії, формулювання унікального пропозиційного принципу (USP) та розробка стратегій маркетингу та бренду для ефективного впровадження технології.

3.Технологічна підготовка:

Розробка та вдосконалення технічної сторони продукту, визначення оптимальних технологічних процесів та забезпечення відповідності стандартам та вимогам безпеки.

4.Логістичне планування:

Розробка оптимальної системи постачання сировини та поширення готової продукції, встановлення ефективних логістичних процесів та оптимізація виробничого ланцюга.

5.Створення продажних каналів:

Визначення оптимальних каналів збуту, встановлення партнерських відносин та створення мережі дистриб'юторів або точок продажу.

6.Тестовий запуск:

Проведення тестового етапу впровадження технології на обмеженому ринку для збору відгуків, виявлення слабких місць та вирішення проблем перед повним введенням на ринок.

7.Масштабування:

Розгортання технології на широкому ринку, розширення виробництва та підтримка попиту через рекламні та маркетингові заходи.

8.Супровід та підтримка:

Забезпечення надійної та швидкої технічної підтримки, розвиток програм підтримки клієнтів та постійний моніторинг якості та задоволення клієнтів.

9.Еволюція та інновації:

Неперервний розвиток технології, впровадження інновацій та адаптація до змін у вимогах ринку та технологічних тенденцій.

У цьому дослідженні ми порівняли техніко-економічні характеристики нашої ідеї колосникового грохота з аналогічними рішеннями конкурентів на ринку. Також проаналізували екологічну чистоту, якість, ефективність, рівень інновацій та підтримку для замовників.

У таблиці 6.4. містяться результати порівняльного аналізу.

Таблиця 6.4 - Визначення характеристик ідеї проекту

№ п/ п	Техніко- економічні харак- теристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів			
		Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3
1	Екологічна чистота	S	N	W	S
2	Висока якість	S	N	S	W
3	Ефективність	S	W	S	N
4	Інновації	S	N	W	S
5	Підтримка для замовників	S	S	N	W

Примітка: * W (слабка сторона), N (нейтральна сторона), S (сильна сторона)

Ця таблиця відображає оцінку різних характеристик нашого колосникового грохота в порівнянні з конкурентами з точки зору екологічної чистоти, якості, ефективності, рівня інновацій та підтримки для замовників.

6.3.2. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Оцінка ринкових можливостей є важливим етапом визначення того, наскільки перспективним є проект стартапу. Ми надали попередню оцінку потенційного ринку для нашого проекту колосникового грохоту, яку можна знайти в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Попередня характеристика потенційного ринку стартапу

№ п/п	Показники стану ринку	Характеристика
1	Кількість головних гравців	10
2	Загальний обсяг продаж	Станом на 2023 рік в Україні близько 50 млрд. грн/р
3	Динаміка ринку	Ріст зберігається тільки при сприятливих умовах у економіці
4	Наявність обмежень для входу	Дуже високі вартості входу на ринок, комплексний процес сертифікації
5	Специфічні вимоги до стандартизації	Обов'язкова сертифікація продуктів для відповідності
6	Середня норма рентабельності по ринку, %	У середньому близько 20%

Аналіз цих показників дає можливість зробити висновок щодо привабливості

ринку для входу стартапу. Ринок, з одного боку, відзначає стабільний ріст та збільшений попит виробництво будівельних матеріалів. Однак високі витрати на вхід та складнощі сертифікації потребують аналізу та розробки відповідних стратегій успішного введення продукту на ринок.

Ключовим етапом у розгляді можливостей стартап-проекту є аналіз потенційних клієнтів та їхніх вимог до продукту. У таблиці 6.6. наведені характеристики цільової аудиторії та вимоги різних груп клієнтів, що

визначають специфіку їхньої поведінки на ринку та відмінності у сприйнятті продукту.

Таблиця 6.6 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія	Відмінності у поведінці потенційних цільових груп клієнти	Вимоги споживачів до товару
1	Будівельні матеріали	Будівельні компанії, Девелоперські компанії	Різна специфікація проектів, терміни та обсяги замовлень	Висока якість, стабільність постачання, конкурентоспроможна ціна
2	Виробництво бетонних виробів	Промислові підприємства	Специфікації для конкретних типів виробів, обсяги замовлень	Висока якість, надійність, відповідність стандартам
3	Оптова та роздрібна торгівля будматеріалами	Дистриб'ютори та постачальники	Сезонність попиту, регіональні відмінності	Широкий асортимент, надійність постачальника, гнучкість умов
4	Інфраструктурні проекти	Муніципальні структури, державні органи	Бюджетні обмеження, довгострокові контракти	Довгостроковість постачання, специфікації, якість
5	Експорт	Міжнародні партнери	Міжнародні стандарти, митні та логістичні вимоги	Відповідність міжнародним стандартам, логістична підтримка, конкурентоспроможність

Ця таблиця може допомогти стартапу зрозуміти своїх потенційних клієнтів, їхні вимоги та специфіку поведінки на ринку, що, в свою чергу, допоможе в розробці стратегії продажів та маркетингу. Аналіз вказує на Стартап має можливість працювати з різними секторами ринку – від будівельної сфери до промислового виробництва. Це відкриває перед ним широкі перспективи для

розширення та стабільної роботи. Різні клієнти мають різні вимоги до продукції, що вимагає гнучкості виробництва та можливості швидко адаптуватися до змінних умов ринку. Високі вимоги до якості продукції від різних клієнтів свідчать про необхідність створення надійної системи контролю якості та стандартизації.

Для конкурентоздатності на ринку проект повинен мати унікальність продукту та стратегію, що відповідає вимогам та уподобанням споживачів. Це означає створення продукції з ключовими конкурентними перевагами, такими як екологічна чистота, висока якість, інновації, гнучкість та адаптивність та інше.

На основі аналізу конкуренції, характеристик ідеї проекту (з таблиці 6.2.) та вимог споживачів (з таблиці 6.3.) визначено та обґрунтовано фактори конкурентоспроможності у таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування
1	Інноваційність технології	Використання колосникового грохота дозволяє ефективно очищати пісок від глини, каменів та інших включень, що може покращити якість та чистоту матеріалу для виробництва силікатної цегли. Зменшення втрат матеріалу і ресурсів.
2	Екологічна чистота	Використання колосникового грохота безпечне для довкілля, оскільки він дозволяє ефективно відокремлювати непотрібні частки без викидів шкідливих речовин. Сприяє створенню екологічно чистого продукту та позитивному іміджу компанії.
3	Енергоефективність	Колосниковий грохот дозволяє здійснювати ефективне сортування матеріалів з меншим споживанням енергії, що може призвести до

		економії ресурсів та зниження витрат на виробництво силікатної цегли.
4	Гнучкість виробництва	Колосниковий грохот може адаптуватися до різних типів сировини та різних умов виробництва, надаючи можливість стартапу надавати індивідуальні рішення для клієнтів та виробників силікатної цегли.
5	Висока якість продукції	Використання колосникового грохота забезпечує ефективне сортування матеріалів, що впливає на якість виробленої силікатної цегли. Сприяє високому стандарту та надійності продукції.
6	Конкурентоспроможна вартість	Оптимізація процесів сортування та ефективне використання ресурсів можуть дозволити стартапу пропонувати конкурентоспроможні ціни на свою продукцію силікатної цегли.
7	Партнерства та розповсюдження	Співпраця з будівельними компаніями, дистриб'юторами та іншими гравцями галузі для розширення ринкового покриття та підтримки розповсюдження продукції.
8	Регуляторні стандарти	Відповідність стандартам та нормативам будівельної галузі забезпечить довіру споживачів та клієнтів до продукції, сприяючи успішному входу на ринок.

Аналіз факторів конкурентоспроможності визначив ключові аспекти, що визначають успішність підприємства на ринку. Технологічна перевага, екологічна відповідальність, ефективність виробництв, гнучкість та адаптивність, адаптоване післяпродажне обслуговування, стабільність якості та взаємодія з клієнтами — всі ці аспекти мають значення для здобуття лояльності та конкурентоспроможності на ринку. Порівняльний аналіз зазначений у таблиці 6.8.

Таблиця 6.8 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін «SilicaTech Innovations»

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів –конкурентів у порівнянні з TechPro Solutions						
			-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
1	Унікальність продукту або послуги	15			▼	■	—		
2	Надійність продукту або послуги	14				— ▼	■		
3	Цінова конкуренто спроможність	15			—	▼	■		
4	Маркетинг та брендінг	19			▼ ■		—		
5	Доступність на ринку	19			▼	—	▼		
6	Обслуговування та підтримка	14		—	▼	■			
7	Ефективність операцій	14				—	▼	—	
8	Взаємодія з клієнтами	16				▼	—	■	

Примітка: — - конкурент А, ▼ - конкурент В, ■ - конкурент С

Відповідно до скоригованої таблиці, аналіз показує, що «SilicaTech Innovations» має сильні сторони у надійності продукту аобо послуги порівняно з конкурентами, отримуючи високі оцінки в цих аспектах. Також обслуговування та підтримка з клієнтами є сильними сторонами «SilicaTech Innovations». Однак оцінки для інших параметрів, наприклад, маркетинг та брендінг, можуть бути середніми. Цей аналіз надає важливі відомості для підвищення конкурентоспроможності «SilicaTech Innovations», покладаючи увагу на аспекти, де можливі покращення та розвиток.

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) (табл. 6.5.) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, сильних та слабких сторін (табл. 6.9.)

Таблиця 6.9 – SWOT-аналіз EcoModuBrick

СИЛЬНІ СТОРОНИ 1. Інноваційні технології 2. Екологічна чистота 3. Гнучкість виробництва 4. Висока якість продукції	СЛАБКІ СТОРОНИ 1. Високі початкові витрати 2. Залежність від постачальників 3. Новизна технології
МОЖЛИВОСТІ 1. Ринкові можливості 2. Партнерства з будівельними компаніями 3. Екологічні тренди	ПРОБЛЕМИ 1. Економічні коливання 2. Технологічні зміни 3. Конкуренція на ринку

Аналіз SWOT допомагає визначити стратегічні напрямки розвитку «», зосереджуючи увагу на максимізації сильних сторін, вирішенні слабкостей, використанні можливостей та зменшенні впливу можливих загроз на продукт.

6.3.3. Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 6.10).[19]

Таблиця 6.10 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит	Інтенсивність конкуренції	Простота входу у сегмент
1	Будівельні розробники та підприємстві	Висока	Великий	Висока	Середня
2	Архітектори та дизайнери	Висока	Великий	Висока	Середня
3	Розвивальні проекти сталого розвитку	Висока	Середній	Середня	Складна
4	Індивідуальні замовники	Середня	Середній	Середня	Складна
5	Урбаністичні проекти та муніципалітети	Середня	Середній	Середня	Складна

Аналізуючи чотири визначених груп потенційних споживачів, було відокремлено дві, які мають потенціал для стратегічного входу на ринок, при використанні стратегії диференційованого маркетингу:

1. Будівельні розробники та підприємства:

Постачання колосникового грохоту забезпечить будівельним розробникам та підприємствам ефективне очищення сировини для виробництва силікатної цегли. Це гарантує високу якість будівельних матеріалів та ефективність будівництва.

2. Виробництво будівельних матеріалів:

Виробники будівельних матеріалів отримають можливість використовувати очищену сировину, завдяки колосниковому грохоту. Це позитивно позначиться на якості та екологічній стійкості їхніх продуктів.

3. Дистриб'ютори будівельних матеріалів:

Дистриб'ютори матеріалів для будівництва зможуть забезпечити своїх клієнтів високоякісною очищеною сировиною, отриманою за допомогою колосникового грохоту. Це робить їх асортимент більш конкурентоспроможним та сприяє збільшенню попиту на їхні будівельні матеріали.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку (табл. 6.11).

Таблиця 6.11 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції	Базова стратегія розвитку
1	Розширення асортименту продукції для різних сегментів	Глобальна мережа дистрибуції, партнерства з лідерами галузі, маркетингові кампанії для кожного сегмента	Інноваційні технології, екологічно чисті продукти, висока якість, гнучкість виробництва	Створення універсальної лінійки продукції, яка може задовольнити потреби різних

	ринку			сегментів ринку, з фокусом на якість, ефективність та екологічну відповідальність.
--	-------	--	--	--

Ця стратегія орієнтована на розширення асортименту продукції таким чином, щоб задовольняти потреби різних сегментів ринку. Це дозволяє стартапу захопити більшу частину ринку і виявити нові можливості для зростання. Зосередження на інноваційних технологіях, якості та екологічній відповідальності робить продукцію стартапу більш привабливою для клієнтів порівняно з конкурентами. Стратегія передбачає гнучкість у виробництві, що дозволяє швидко адаптуватися до змінних вимог ринку та індивідуальних потреб клієнтів.

Ця стратегія розвитку спрямована на забезпечення стабільного зростання стартапу, збільшення його ринкової частки, підвищення конкурентоспроможності та реалізацію стратегічних переваг на ринку.

6.3.4. Висновки

Стартап "SilicaTech Innovations", що спеціалізується на виробництві та впровадженні унікальних грохотів для очищення сировини від домішок у виробництві силікатної цегли, проявляє великий потенціал для успішного виходу на ринок будівельних матеріалів. Його інноваційні підходи та технології, спрямовані на створення ефективного та екологічно чистого процесу виробництва, надають конкурентні переваги на ринку.

SWOT-аналіз вказує на визначені сильні сторони, такі як інноваційні технології та екологічна чистота продукції, але також визначає потенційні слабкі сторони, такі як високі початкові витрати та залежність від постачальників.

Стратегія розвитку передбачає розширення асортименту продукції, акцент на високу якість та екологічну відповідальність, а також партнерства з ключовими учасниками ринку будівельних матеріалів.

Загалом, стартап "SilicaTech Innovations" має потенціал стати лідером у своїй галузі завдяки інноваційним підходам, високій якості продукції та стратегічному розвитку бізнесу.

6.4. Охорона праці

Охорона праці спрямована на виявлення та аналіз можливих причин нещасних випадків, професійних захворювань, аварій, вибухів та пожеж. Розробляючи комплекс заходів і визначаючи потреби, ми маємо на меті усунення цих факторів і створення безпечних умов праці для персоналу.

У рамках дипломного проекту "Колосниковий грохот з модернізацією вібробудника", на етапі виробництва розробляються конкретні заходи для забезпечення безпечних умов праці. Управління грохотом відбувається дистанційно, а аварійна зупинка та запуск для ремонтних робіт проводяться локально. Пульт дистанційного керування розташований в звуко-віброізованому приміщенні, яке обслуговує оператор. Площа цього приміщення складає $S=8\text{м}^2$, а об'єм $V=32\text{м}^3$.

Під час експлуатації колосникових грохотів люди піддаються впливу різних шкідливих та небезпечних виробничих факторів, таких як виробничий шум і вібрація, якість повітря в робочій зоні, ризик ураження електричним струмом, забезпечення пожежної безпеки та налагодження виробничого освітлення.

6.4.1 Виробничий шум та вібрація

Під час функціонування грохоту у робочій зоні фіксується рівень звуку на величині 80-85 децибелів, в той час як рівень вібрацій становить 90-92 децибелі. Продовжений вплив вібрацій може призвести до професійних захворювань, що супроводжуються порушеннями нервової та серцево-судинної систем, підвищенням кров'яного тиску та розладами опорнорухового апарату. Коли маємо справу з шумними технологічними процесами або особливо шумним обладнанням, рекомендується встановлювати кабінки для спостереження та дистанційного керування.

Якщо оператор повинен бути присутній безпосередньо, то санітарні норми встановлюють гранично допустимі амплітуди, швидкості і прискорення коливальних рухів для виробничих вібрацій на робочому місці. Зменшення вібрацій досягається, встановлюючи машини, що викликають вібрації, на спеціальні віброізолювані фундаменти, які не пов'язані з будівлею.

Для віброізоляції використовують прокладки з гуми, повсті, пробки, дерева та пружини. Фактичний рівень вібрацій відповідає нормам ДСН 3.3.6.039-99. Для індивідуального захисту від шуму можна використовувати протишумові вкладиші, навушники і шоломи.

6.4.2 Повітря робочої зони

Праця включає важку фізичну працю, оскільки обладнання розташоване в умовах шуму та підвищеної вологості, працює в трьох змінах цілодобово, протягом будь-якого сезону. На заводі, де використовується колосниковий грохот для сортування піску, створюється значний обсяг пилу. Припустимий рівень пилу в повітрі промислового приміщення залежить від кількості кварцевого пилу.

Пил у цехах сортування утворюється під час завантаження та вивантаження продукції з грохоту. Щоб відповідати нормам щодо пилу, всі ці місця герметизуються, а пил, висмоктаний з укриттів, очищується та викидається в атмосферу через трубопроводи.

Ефективним засобом регулювання мікроклімату виробничих приміщень є вентиляція, яка створює належні санітарно-гігієнічні та метеорологічні умови відповідно до ДСН 3.3.6.042–99. Вентиляція - це організований та регульований обмін повітрям, спрямований на вилучення з повітря виробничих приміщень газів та пилу, що можуть призвести до отруєння, вибуху або пожежі, а також на створення нормальних метеорологічних умов, таких як температура, вологість та швидкість руху повітря.

Параметри повітря в робочій зоні відповідають встановленим нормам, забезпечення яких здійснюється взимку за допомогою водяного опалення з теплоносієм температурою 70–90 °С, а влітку - через витяжну вентиляцію.

6.4.3 Небезпека враження електричним струмом

При роботі з електроустаткуванням, основна увага повинна бути приділена унікальному униканню безпосереднього контакту з будь-якими елементами, що проводять струм, частинами обладнання та металевими конструкціями, які можуть бути під напругою через порушення ізоляції в різних електроустановках.

Більшість приміщень з технологічним обладнанням для хімічного виробництва вологі, сири та містять хімічно активні середовища. Згідно з ПУЕ, такі приміщення відносяться до категорії високого ризику або навіть особливо небезпечних, що вимагає спеціальних вимог до електроустаткування, допустимих напруг, систем захисту та заходів для забезпечення безпеки експлуатації.

У сухих виробничих приміщеннях напруга до 40 В вважається безпечною, але у вологих, сиротливих приміщеннях з земляним або бетонним покриттям

безпечна напруга обмежується до 12 В. Проводи високої напруги повинні бути розміщені в недосяжних місцях.

Електричне обладнання на проєктованій установці живиться від 3-х фазової мережі з напругою 220/380 В та частотою 50 Гц, яка має глухо заземлену нейтраль.

Основні причини ураження електричним струмом включають в себе появу напруги на відключених струмопровідних частинах через помилкове включення, крокову напругу на поверхні землі внаслідок замикання на землю, появу напруги на металевих частинах через ушкодження або старіння ізоляції, а також випадковий дотик чи наближення до струмоведучих частин, які перебувають під напругою.

Обслуговуючий персонал може бути піддано ризику через помилкове включення установки, пробій на корпус, дотик до відкритих струмопровідних частин, старіння ізоляції та втрата ізоляційних властивостей, а також дотик до частин установки у випадку короткого замикання.

Для забезпечення безпеки при таких ушкодженнях електроустановок, як замикання на землю, зниження опору ізоляції, несправності в системах заземлення та занулення, використовується захисне відключення - швидкодіючий захист, який автоматично відключає електроустановку при небезпеці ураження струмом. Для зменшення ризику ураження електричним струмом передбачено використання малих напруг, таких як 12, 36 і 42 В, у виробничих переносних електроустановках. Джерелами такої напруги є знижувальні трансформатори, які повинні бути заземлені або занулені. Автотрансформатори не дозволяються як джерело малої напруги. Ізоляція перевіряється на випробувальну напругу 200 В з частотою 50 Гц протягом 1 хвилини, з опором ізоляції не менше 0,5 МОм. Ступінь захисту електричної апаратури всередині приміщень контролюється відповідно до ГОСТ 14254–80.

6.4.4 Пожежна безпека

Оператор перебуває в робочій зоні, що відповідає категорії А відповідно до НАПБ Б.07.005. Можливі причини виникнення пожежі включають:

- коротке замикання через пошкодження електричної мережі;
- використання відкритого вогню біля легкозаймистих матеріалів;
- іскріння електричного обладнання;
- прямий удар блискавки в будівлю.

Заходи для попередження загоряння включають дотримання технологічних норм і правил експлуатації, обмеження використання відкритого вогню, куріння лише у відведених місцях, регулярний інструктаж з охорони праці для обслуговуючого персоналу, наявність засобів сигналізації, зокрема системи електричної пожежної сигналізації (ЕПС), та засобів оперативного зв'язку з пожежною частиною, а також наявність засобів пожежогасіння в безпосередній близькості до установки, таких як пісок, ковдри, вогнегасники ОУ-2, ОХП-10.

Пожежні гідранти в приміщенні, де розташована установка, повинні бути розташовані на відстані 30 метрів один від одного, з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу не повинна перевищувати 40 метрів, і їх кількість повинна бути не менше двох. Ширина прорізу дверей для евакуації повинна становити 2 метри. Відповідно до СНиП 2.09.02–85 двері для евакуації повинні відкриватися назовні.

6.4.5 Освітлення

90% інформації людина отримує завдяки своїм очам. Світло впливає на обмін речовин, роботу серцево-судинної системи та нервову систему позитивно. Оптимальне освітлення сприяє підвищенню продуктивності та забезпечує безпеку праці. При недостатньому та низькоякісному освітленні відбувається

швидке втомлення зорових аналізаторів і збільшується ризик травматизації. Занадто яскраве світло може призвести до осліплення та порушення функцій очей.

Відповідно до ДБНВ2.5.28-2006, робота та обслуговування обладнання відноситься до VI розряду підрозряду «а», що передбачає загальне спостереження за процесом виробництва. Робоче місце оператора повинно мати освітленість робочої зони $E_{нор}=150$ лк.

Обираючи світлодіодний світильник потужністю 110 Вт та світловим потоком $F=6600$ лм при напрузі 220 В, фактична освітленість становитиме $E_f=200$ лм, що відповідає вимогам ДБНВ2.5.28-2006.

Отже, у цьому розділі розглянуті питання безпеки праці, усунення травматичних ситуацій, попередження професійних захворювань та аварій на виробництві. Аналіз фактичних та нормованих показників показав перевищення рівнів шуму та вібрацій, тому необхідні додаткові заходи безпеки при роботі з колосниковим грохотом: створення кабін спостереження із віброізоляторами, а також забезпечення працівників захисними вкладишами, навушниками та шоломами.

7. МОДЕРНІЗАЦІЯ

7.1. Розробка 3D-моделі модернізованої частини установки

В системі Solidworks було розроблено 3D модель кронштейна рис. 7.1.

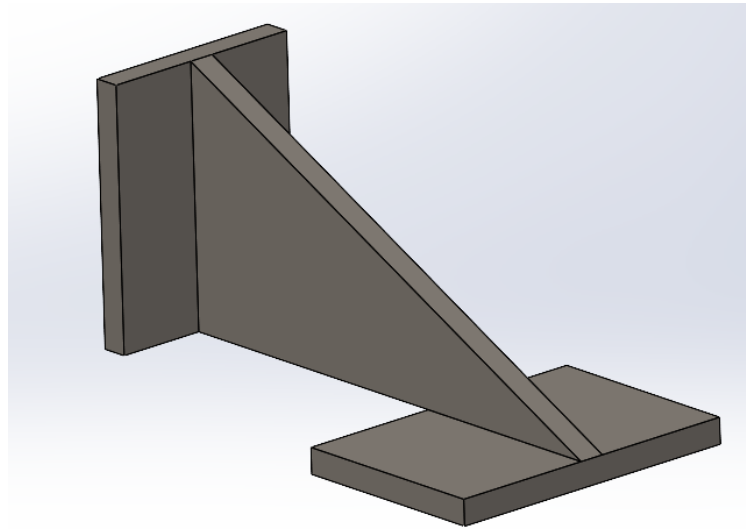


Рисунок 7.1 – 3D модель кронштейна

7.2. Розрахунок 3D-моделі модернізованої частини установки

Наступним кроком потрібно згенерувати сітку нескінченних елементів, яка показана на рисунку 7.2. Матеріал- конструкційна сталь ($E=200\text{ГПа}$, $\sigma_T=600\text{МПа}$, $\sigma_B=800\text{МПа}$).

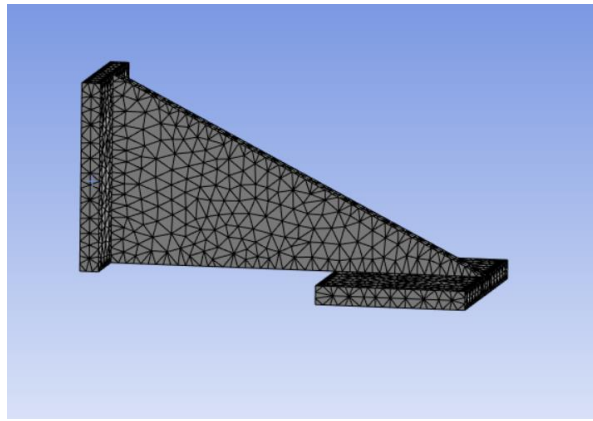


Рисунок 7.2 – Згенерована сітка нескінченних елементів

На конструкцію діють силові навантаження. В якості силових навантажень було використано: гравітаційну силу (Standard Earth Gravity), навантаження (force). В якості закріплень було використано: зміщення (displacement). Схеми силових навантажень та закріплень зображені на рисунку 7.3.

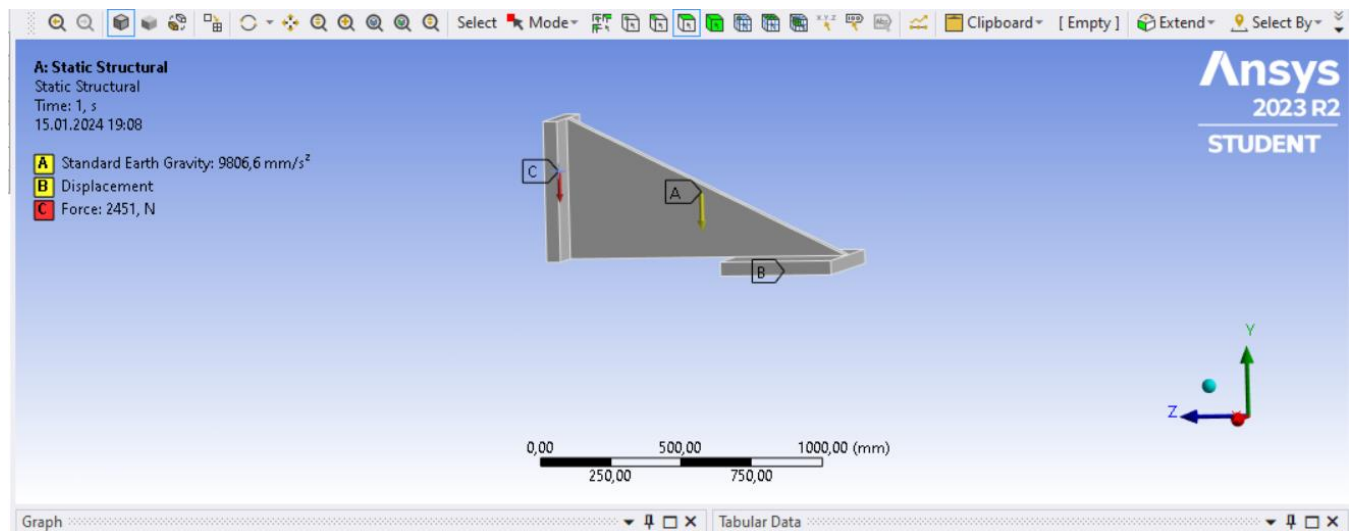


Рисунок 7.3 – Схема силових навантажень та закріплень у модулі «Static Structural».

Виконано розрахунок переміщень та еквівалентних напружень від навантаження $F_1 = 2,451$ кН (рис.7.4 та рис.7.5), $F_2 = 75$ кН (рис.7.6 та рис.7.7).

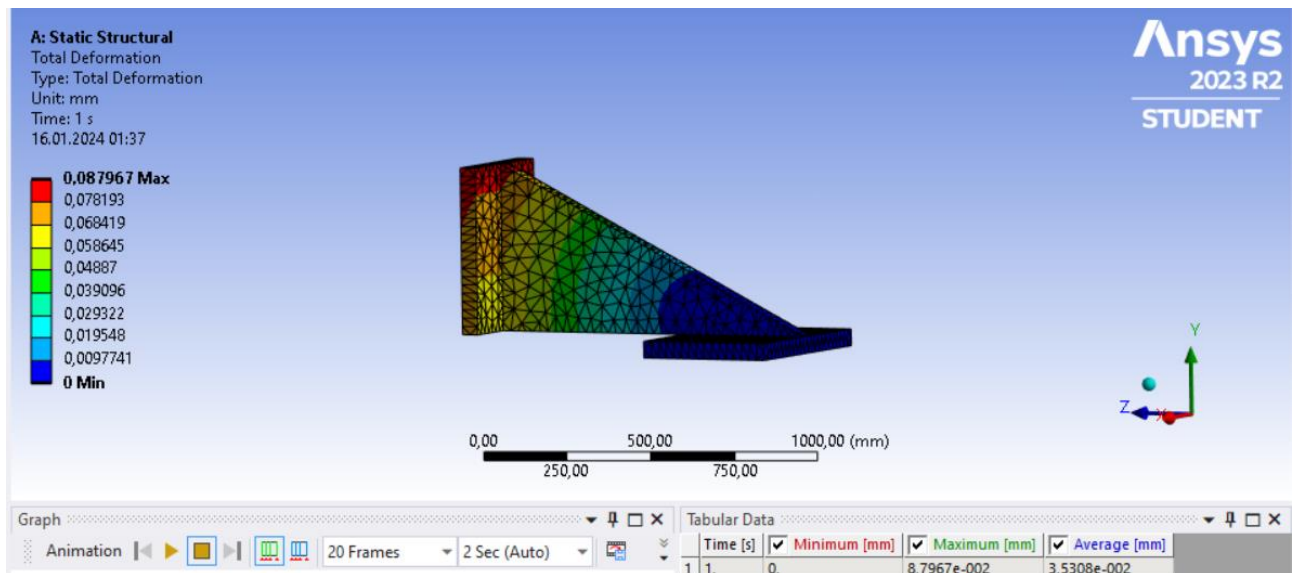


Рисунок 7.4 – Розподіл переміщень при навантаженні 2,451 кН.

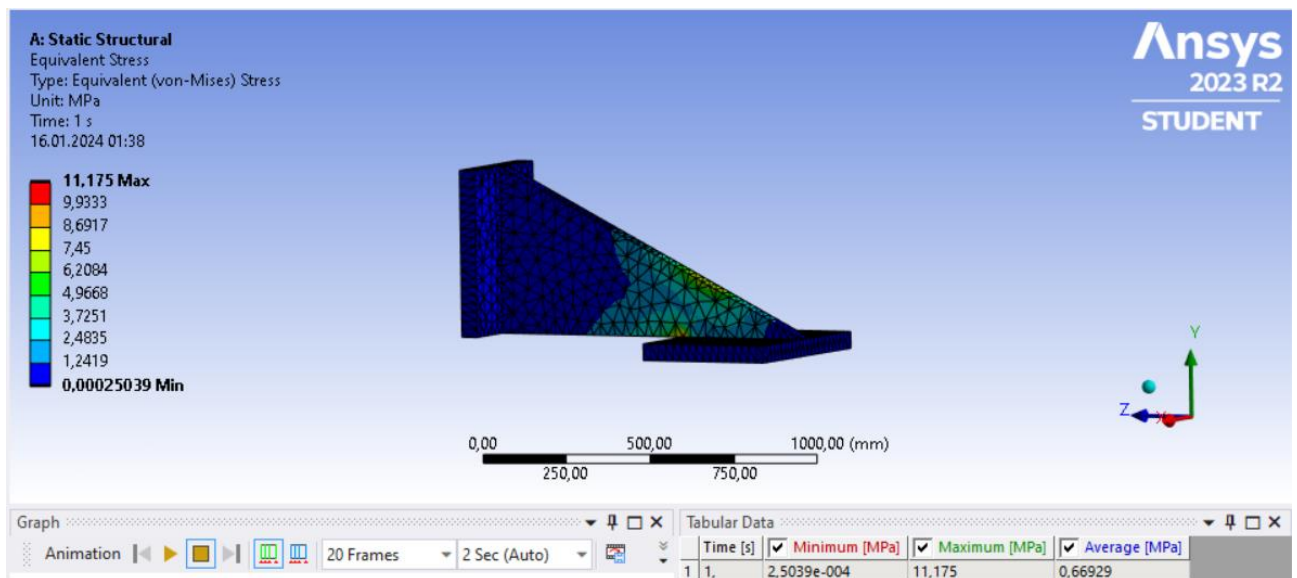


Рисунок.7.5 – Еквівалентні навантаження при 2,451 кН.

$$(\sigma_{\max} = 11,175 \text{ МПа} \leq \sigma_T = 600 \text{ МПа})$$

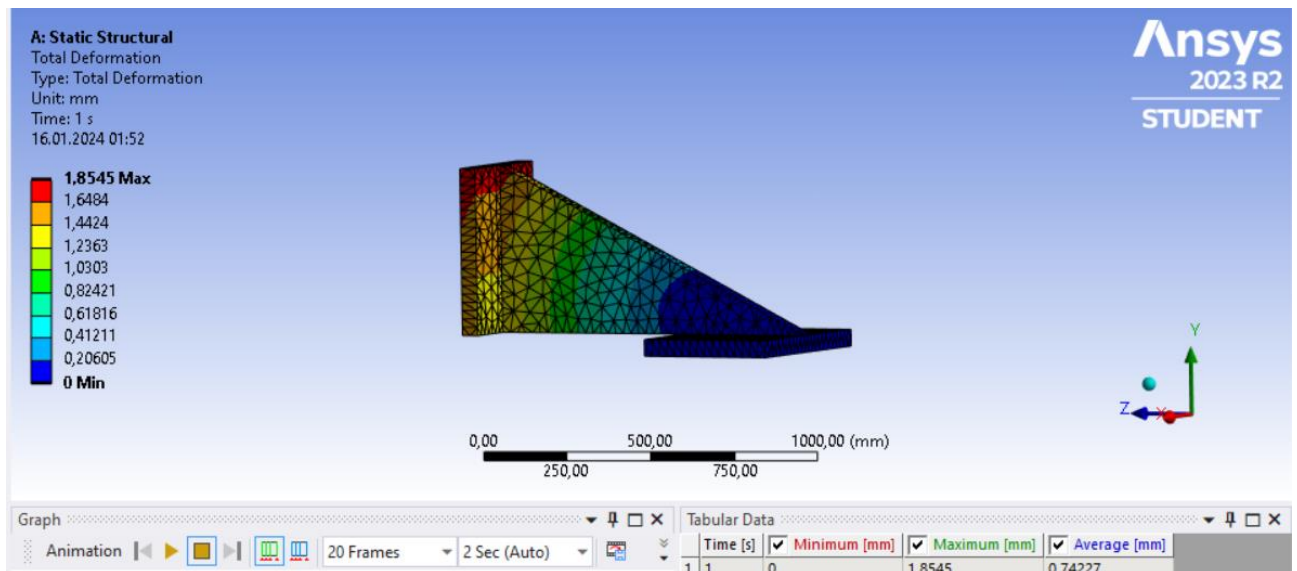


Рис.7.6 – Розподіл переміщень при навантаженні 75 кН.

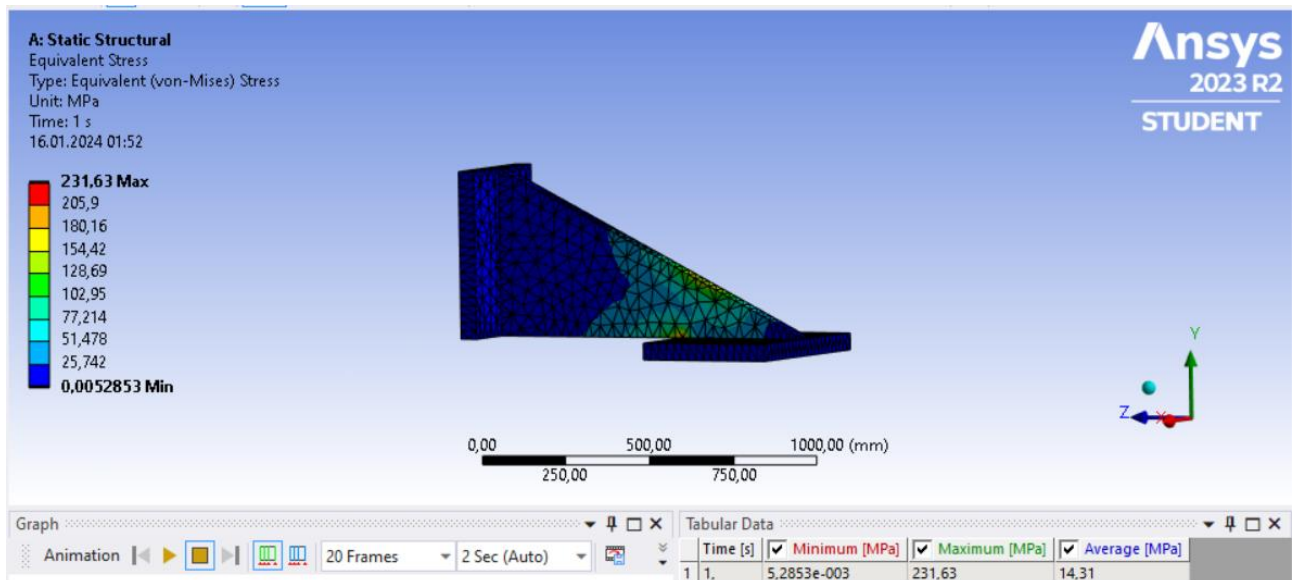


Рис.7.7 – Еквівалентні навантаження при 75 кН.

$$(\sigma_{\max} = 231 \leq \sigma_T = 600 \text{ МПа})$$

За отриманими даними побудовано графік (рис. 7.8) залежності еквівалентних напружень від навантаження.

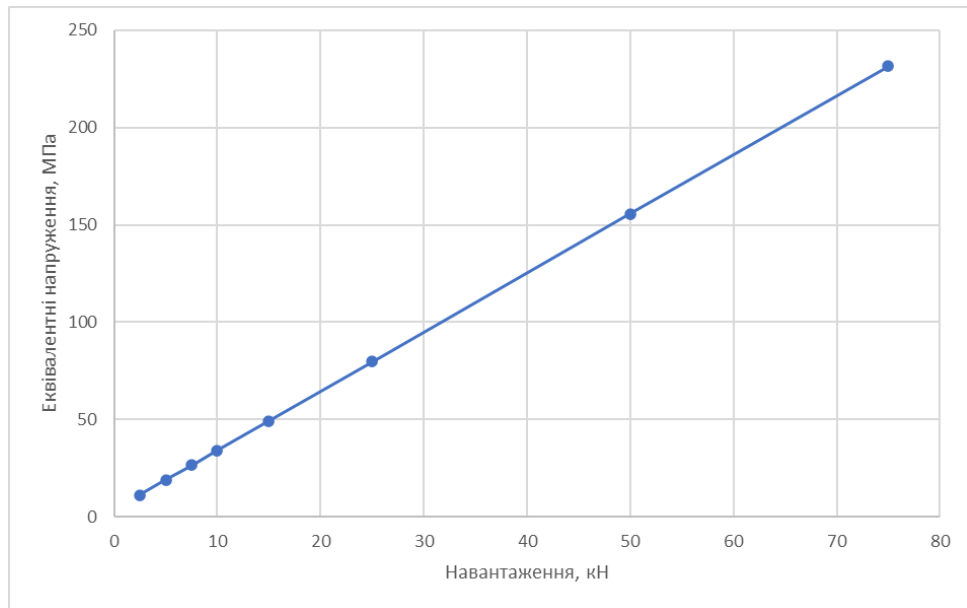


Рисунок 7.8 – Залежність еквівалентних напружень від навантаження

Отримані дані навантажень та еквівалентних напружень не перевищують граничних допустимих навантажень матеріалу. Максимальна допустиме напруження на конструкцію буде 194,275 кН.

8. ОЧІКУВАНІ МЕХАНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ

З метою поліпшення роботи грохота було проведено літературно-патентний огляд, в ході якого знайдено 3 патентів.

В результаті літературно-патентного огляду для модернізації була обрана конструкція інерційного грохота з двома парами віброзбудників, характеристики яких можна підлаштовувати для ефективного просіювання різних матеріалів.

Модернізована конструкція містить короб із ситом, підвібраторну балку та дві пари віброзбудників, де одна пара фіксована, а інша може обертатися, контролюючись фіксатором та кутовою шкалою.

Особливістю модернізованої конструкції є можливість регулювання кута повороту віброзбудників, що сприяє більш гнучкому та ефективному сортуванню матеріалів.

Таким чином запропонована конструкція інерційного грохота, що містить короб із ситом, підвібраторну балку та дві пари віброзбудників, забезпечує можливість оперативного регулювання динамічних характеристик грохоту, що дозволяє оперативно керувати переміщенням частинок матеріалу по сити для підвищення ефективності просіювання і зневоднювання твердих матеріалів.

Також було виконано другу модернізацію конструкції інерційного грохота. Було проведено літературно-патентний огляд та знайдено 4 патенти. Обрано конструкцію грохота зі сталлюю рамою, гідроциліндрами, підшипниками, та двома кронштейнами.

В результаті літературно-патентного огляду для модернізації обрана конструкція грохота з метою регулювання кута нахилу грохота та покращення ефективності та продуктивності процесу сортування та просіювання матеріалів.

Модернізована конструкція грохота має гідравлічні циліндри, за допомогою яких можна змінювати кут нахилу машини, також пару кронштейнів на пружинах, які зафіксовані на рухомій сталій рамі. З іншого боку

конструкція тримається на штивтах з підшипниками зафіксованими також на рухомій рамі, яка в свою чергу прикріплена до нерухомої рами.

Запропонована конструкція оптимізує процес сортування та підвищує надійність та продуктивності вібраційного грохота.

ВИСНОВКИ

Під час виконання магістерської дисертації на тему «Лінія для виготовлення силікатної цегли з модернізацією колосникового грохота» було обрано та виконано технологічну лінію для виробництва силікатної цегли.

Відповідно до завдання магістерської дисертації було розглянуто призначення, конструкцію та принцип дії колосникового грохота СМД-25. Також було виявлено переваги та недоліки грохота. Для усунення недоліків базової конструкції грохота було проведено літературно-патентний огляд та обрано два варіанти модернізації

Обрано конструкцію грохота для виробництва силікатної цегли, яка містить короб із ситом, підвібраторну балку та дві пари віброзбудників, надає можливість миттєвого регулювання динамічних параметрів грохоту. Це дозволяє оперативно керувати переміщенням частинок матеріалу через сито з метою підвищення ефективності процесу просіювання та зневоднення твердих матеріалів.

Також була виконана ще одна модернізація конструкції грохота, що включає в себе раму, стійки, кронштейни з циліндричними пружинами та пару підшипників з штифтами. Модернізована конструкція ефективно сортує матеріали за різним розміром, завдяки можливості регулювати кут нахилу грохоту, полегшуючи їхню обробку та використання в різних промислових галузях.

В магістерській дисертації було проведено розрахунки конструкції грохота. Також було розроблено твердотільну модель віброзбудника, та проведено розрахунок на міцність та еквівалентні напруження кронштейна модернізованої конструкції, який витримує прикладені навантаження по запасу міцності та може використовуватися у виробництві.

Також у магістерській дисертації виконані розділи: монтаж і експлуатація, автоматична система керування, стартап-проект та охорона праці, які підтверджують доцільність розробки та використання модернізованого грохота.

За темою магістерської дисертації підготовлено та опубліковано 1 тезу у збірнику XVIII Всеукраїнської науково-практичної конференції «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки», 20-21 грудня 2023 р. у КПІ ім. Ігоря Сікорського м. Києва [20].

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Колосниковий грохот URL: <http://www.mining-enc.ru/k/kolosnikovyj-groxot/> (дата звернення 30.10.2023)
2. Силікатна цегла URL: <https://studfile.net/preview/9173958/> (дата звернення 10.11. 2023)
3. Класифікація грохотів URL: <https://studfile.net/preview/4508479/page:15/> (дата звернення 15.11.2023)
4. Щербина В.Ю., Сівецький В.І., Гондляр О.В. Механічні процеси і обладнання виробництва полімерних та будівельних матеріалів і виробів. Підготовка сировинних матеріалів і устаткування для змішування та формування [Електронний ресурс] / КПП ім. Ігоря Сікорського. Київ, 2022. – 131с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/45734>
5. Shcherbina V. Yu., Shvachko D. G., Donghu Zeng, Bogatyrev V. V «Increase of energy efficiency of the rotary kiln based on the refractory lining with the thermal insulation» Modern science: innovations and prospects. Proceedings of the 14th International scientific and practical conference. SSPG Publish. Stockholm, Sweden. 2022. Pp. 91-98.
6. Patent Japan 3614494. Vibrating rumble/Ono Takeo №0820660. Application date 06.02.1995. Publication date 26.01.2005.
7. Patent South Korea 101340565. The grate rumble/ Hyun Seok Ho №1020110113923. Application date 3.11. 2011; Publication date 11.12.2013.
8. Patent Japan 2008080239. Vibrating rumble/ Takahisa Hasebe №2006262623. Application date 27.09.2006. Publication date 04.10.2008.
9. Патент 90812 Україна, МПК В07В1/00. Колосникова секція грохота / Мікульонок І.О. ; замовник: «» - №201400285; заявлений: 14.01.2014; опублікований: 10.06.2014. Бюлет. №11.

10. Патент 90811 Україна, МПК В07В1/28. Захисний кожух вібраційного вала колосникового грохота / Мікульонок І.О. ; замовник: «» - №201400284; заявлений: 14.01.2014 ; опублікований: 10.06.2014. Бюлет. №11
11. Патент 88085 Україна, МПК В07В1/00. Інерційний грохот / Козловський К. П. ; замовник: «Донецький державний науково-дослідний та проектний інститут кольорових металів» - №200714293; заявлений: 19.12.2007 ; опублікований: 25.06.2009. Бюлет. №17.
12. Патент 86267 Україна, МПК В07В1/40. Інерційний грохот / Букін С. Л. ; замовник: «» - №200704711; заявлений: 27.04.2007; опублікований: 27.10.2008. Бюлет. №7
13. Киркач, Н.Ф., Баласанян, Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Основа, 1991. – 273 с.
14. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Том 2. – М.: Машиностроение, 1982. – 584 с.
15. Бауман, В.А., Клушанцев, Б.В., Мартынов, А.К. Механическое оборудование предприятий строительных материалов. – М.: Машгиз, 1970. – 376 с.
16. Сапожников М.Я. Механическое оборудование предприятий строительных материалов, изделий и конструкций.- М.: Высшая школа, 1971. 381 с.
17. Сапожников М.Я. Справочник по оборудованию заводов строительных материалов. – М.: 1970. 487с.
18. Сапожников М.Я. Машины и аппараты промышленности строительных материалов: Атлас конструкций.- М.: Машгиз, 1979. 112 с.
19. Shvachko D.G., Shcherbina V. Yu., & Borshchik S. A. (2021). Thermal protection insulation in the lining of the rotary kilns. Modern engineering and innovative technologies. (16-01), 18–23. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2021-16-01-033>
20. Розрахунок та конструювання валів. Вибір підшипників кочення за динамічною вантажопідйомністю. Методичні вказівки до виконання

розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Деталі машин» для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / Уклад.: В.А. Стадник, - К.: ІВЦ «Видавництво «Політехніка», 2004. 108 с.

21. Биргер И. А. и др. Расчет на прочность деталей машин: Справочник/ И. А. Биргер, Б. Ф. Шорр, Г. Б. Иосилевич. — 4-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1993. 640 с.
22. Щербина В.Ю., Швачко Д.Г. "Вплив теплоізоляції футерівки на теплообмін обертових апаратів". Вісник НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського». Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження. 2022. №2(21). с. 22-33. DOI: <https://doi.org/10.20535/2617-9741.2.2022.260342>
23. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
24. Лопатін І.К., Герасименко Ю.Ю. Модернізація віброзбудника інерційного грохота // Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки зб. наук. праць за матеріалами XVIII Всеукр. наук.-практ. конф. ІХФ (Київ, 20-21 грудня 2023р.) – К: НТУУ «КПІ імені Ігоря Сікорського», 2023. – С. 48-49.

ДОДАТКИ

Додаток А. Таблиця огляду патентів

№ п/п	Предмет пошуку	Країна видачі, вид і номер документа, рік	Ціль створення і сутність заявленого технологічного рішення, і технічний результат
1	2	3	4
1	Вібраційний грохот	Patent JP3614494B2 Japan, IPC B07B1/12; B07B1/34; B07B1/46; Vibrating rumble / Ono Takeo ; customer: SHINKO ELECTRIC CO LTD - JP4235595A; declared on 06.02.1995; published on January 26, 2005.	В основу користої моделі поставлена задача розв'язати проблему транспортного засмічення під час обробки матеріалів. Поставлена задача вирішується тим, що використовується вібраційний жолоб грохоту з вивантажувальними отворами в задній пластині та бічній стінці. Ці отвори спеціально спроектовані таким чином, щоб дозволяти вивантаження лише малогабаритних компонентів через бічну стінку. Коли утворюється відкладення, просіювальний компонент, який передає силу через лінійну вібрацію, створює зворотній тиск від відкладення за рахунок сили виштовхування. Це призводить до розрядження відкладень

			через задню та бічну пластини, уникаючи транспортного засмічення та покращуючи ефективність обробки матеріалів.
2	Колосниковий грохот	Patent KR101340565B1 South Korea, IPC B07B1/34; The grate rumble / Hyun Seok Ho ; customer: S&NC Co., Ltd. - KR1020110113923A; declared on November 3, 2011; published on 11.12.2013.	В основу корисної моделі поставлено задачу оптимізації установок для обробки матеріалів в гірництві та важкій промисловості. Технічним результатом розглянутої конструкції є підвищення ефективності відсіювання матеріалів, зменшення ударів в конструкції та покращення робочих умов в гірництві та важкій промисловості.
3	Вібраційний грохот	Patent JP2008080239A Japan, IPC B07B1/28; B07B1/42; Vibrating rumble / Masamichi Tanaka, Takahisa Hasebe ; customer: Hitachi Construction Machinery Co Ltd - JP2008080239A; declared on 27.09.2006; published on 04/10/2008.	В основу корисної моделі поставлено задачу покращення ефективності сортування тонкодиспергованих матеріалів за допомогою колосникового пристрою. Технічним результатом розглянутої конструкції є вдосконалення процесу сортування тонкодиспергованих матеріалів з використанням грохота.

4	Колосникова секція грохота	Патент 90812 Україна, МПК B07B1/00. Колосникова секція грохота / Мікульонок І.О. ; замовник: «» - №201400285; заявлений: 14.01.2014; опублікований: 10.06.2014. Бюлет. №11.	В основу корисної моделі поставлено задачу вдосконалення колосникової секції грохота, яка включає опорні балки 1 і 2 з отворами 3, а також похилі колосники, закріплені в наскрізних отворах 3 обома кінцями. Колосники у цій конструкції представлені стрижнями 4 круглого поперечного перерізу, і їх нижні торці взаємодіють з упорною балкою 5. З метою запобігання поздовжньому переміщенню стрижні 4 обладнані фіксаторами у вигляді шплінтів 6. Технічним результатом розглянутої конструкції є значне полегшення обслуговування й ремонту грохота в цілому завдяки новому виконанню колосникової секції.
5	Захисний кожух вібраційного вала колосникового грохота	Патент 90811 Україна, МПК B07B1/28. Захисний кожух вібраційного вала колосникового грохота / Мікульонок І.О. ; замовник: «» - №201400284; заявлений:	В основу корисної моделі поставлено задачу забезпечення швидкого складання та розбирання захисного кожуха вібраційного вала колосникового грохота, який має форму труби з фланцями для кріплення

		14.01.2014 ; опублікований: 10.06.2014. Бюлет. №11	до корпусів підшипників вібраційного вала. Технічним результатом такої конструкції є можливість швидкого складання кожуха при вже встановленому вібраційному валу або швидке розбирання та знімання з корпусів підшипників вібраційного вала.
6	Інерційний грохот	Патент 88085 Україна, МПК B07B1/00. Інерційний грохот / Козловський К. П. ; замовник: «Донецький державний науково-дослідний та проектний інститут кольорових металів» - №200714293; заявлений: 19.12.2007 ; опублікований: 25.06.2009. Бюлет. №17.	В основу корисної моделі поставлено задачу подальшого вдосконалення грохота з метою вдосконалення процесу сортування матеріалів. Технічним результатом розглянутої конструкції є те, що вона дозволяє ефективно розділяти матеріали за їхніми розмірами та фізичними характеристиками.
7	Інерційний грохот	Патент 86267 Україна, МПК B07B1/40. Інерційний грохот / Букін С. Л. ; замовник: «» - №200704711; заявлений: 27.04.2007; опублікований: 27.10.2008. Бюлет. №7	В основу корисної моделі поставлено задачу оперативного регулювання динамічних характеристик грохоту для підвищення ефективності просіювання і зневоднювання твердих матеріалів. Технічним результатом розглянутої конструкції є

			можливість ефективного керування переміщенням частинок матеріалу по сити для підвищення ефективності просіювання і зневоднювання твердих матеріалів.
--	--	--	--

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра хімічного, полімерного та силікатного машинобудування
Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України
Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля НАН України
Академія будівництва України
Громадська організація «Клуб пакувальників»

**ЗБІРНИК ДОПОВІДЕЙ
XVIII Всеукраїнської
науково-практичної конференції**

**ЕФЕКТИВНІ ПРОЦЕСИ ТА
ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ
ТА ПАКУВАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ**

Київ, 20-21 грудня 2023 року

2023

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ І РОЗРАХУНКІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ТА ПРОЦЕСІВ	Стор.
Козінчук Д.О., Витвицький В.М. Дослідження модернізованого корпусу одночерв'ячного екструдера	5
Омельчук І.В., Карвацький А.Я. Числове моделювання фізичних властивостей зразків полімеру та полімерного нанокompозиту молекулярного масштабу методами молекулярної динаміки.....	8
Травков Р.В., Чемерис А.О. Модернізація головки екструдера для виготовлення полімерних труб.....	12
Лук'яненко О.А., Швачко Д.Г. Удосконалення конструкції трубного кульового млина	15
Шапіро А.О., Швачко Д.Г. Модернізація валків у валковій машині.....	18
Горянова Д.Б., Гур'єва Л.Н. Вплив зміни геометрії черв'яка на продуктивність черв'ячної машини.....	21
Максютов О.С., Шилович І.Л. Розробка системи каландрів для формування полілактидних пакувальних матеріалів.....	25
Петров І.Р., Шилович І.Л. Визначення кута природного відкосу для коксової теплогенеруючої пересипки печі графітації Ачесона.....	28
Цехмейструк Д.В. Піч обертова для виготовлення цементу сухим способом з модернізацією бандажу	31
Цехмейструк Д.В. Піч обертова для виготовлення цементу сухим способом з модернізацією бандажу	33
Нестеренко Д.О. Теоретичні дослідження ефективності системи охолодження ТПА	35
 СЕКЦІЯ МАШИНИ І ТЕХНОЛОГІЇ ПАКУВАННЯ	
Шилович Т.Б., Ковтонюк О.В. Інноваційні рішення у виготовленні біорозкладного пластику	38
Шилович Т.Б., Кривенко Н.Р. Інтелектуальна функція упаковки як одне з рішень завдання збереження продовольства	40
Шилович Т.Б., Гришук І.О. Інновації в екологічно чистій упаковці: переробка відходів та екологічно чисті рішення в пакувальній галузі	42
 СЕКЦІЯ ОБЛАДНАННЯ ХІМІЧНИХ ВИРОБНИЦТВ І ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ	
Ільїн А.С., Герасименко Ю.Ю. Модернізація вузла завантаження кульового млина	44
Кліменчук Д.О., Герасименко Ю.Ю. Удосконалення конструкції бігунів шляхом модернізації котків	46
Лопатін І.К., Герасименко Ю.Ю. Модернізація вібробудника інерційного грохота	48
Травков Р.В., Чемерис А.О. Модернізація головки екструдера для виготовлення полімерних труб	50
Новік А.В., Казак І.О. Модернізація конструкції рухомої щопи щокрової дробарки з метою підвищення якості подрібнення матеріалу.....	51
Новік А.В., Казак І.О. Спосіб модернізації ексцентрикового валу щокрової дробарки з метою підвищення його надійності	53
Прокопенко Є.П., Казак І.О. Модернізація ексцентрикового валу щокрової дробарки з метою покращення дроблення матеріалів	55
Прокопенко Є.П., Казак І.О. Модернізація щокрової дробарки з метою підвищення надійності обслуговування під час монтажу і демонтажу дробильних плит.....	57

XVIII Всеукраїнська конференція «Ефективні процеси та обладнання хімічних виробництв та пакувальної техніки»

Хоменко А.М., Казак І.О. Удосконалення конструкції головки екструдера для виготовлення плівки з метою запобігання заміни дорнів.....	60
Хоменко А.М., Казак І.О. Модернізація конструкції черв'яка екструдера з метою зниження енергоємності виробів з полімерів.....	62
Пилипенко В. М., Витвицький В.М. Лінія для виробництва плитки з модернізацією преса.....	64
Витвицький В.М., Витвицький В.М., Звізда М.С., Мікульонок І.О. Світильник малої потужності.....	67
Витвицький В.М., Витвицький В.М., Козінчук Д.О., Мікульонок І.О. Модернізація циклона.....	69
Тараненко М.Г., Шилович Т.Б. Модернізація черв'яка екструдера для виготовлення пластикових труб	71
Тараненко М.Г., Шилович Т.Б. Модернізація екструзійної головки для виготовлення пластикових труб	72
Ярош М.О., Шилович Т.Б. Модернізація конструкції головки екструдера для виготовлення поліпропіленових листів з метою стабілізації перепаду тиску.....	74
Нестеренко Д.О. Підвищення надійності елемента з'єднання живильних та приймальних труб системи охолодження ТПА	76
Тимофіюк І.О. Лінія для виробництва цементу з модернізацією футерівки барабанного млина.....	77
Тимофіюк І.О. Лінія для виробництва цементу з модернізацією розвантажувальної решітки барабанного млина	79
Северенчук Д.П. Удосконалення конструкції пристрою регулювання перерізу формуючої щілини головки	81
Северенчук Д.П. Модернізація формуючої головки для виробництва високоякісної плівки та листових виробів з використанням оригінальної розрізної втулки	83
Петров А.В. Конусна дробарка з модернізацією втулок	85
Петров А.В. Конусна дробарка з модернізацією спіральної канавки	86

Модернізація вібробудівника інерційного грохота

Лопатін І.К., студ., Герасименко Ю.Ю., ас.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ

Розглянуто варіант модернізації конструкції інерційного грохота з використанням вібробудівників для передачі коливань корпуса грохоту. Основна конструкційна особливість включає можливість регулювання частоти обертання вібробудівників та кута їх розвороту для адаптації до різних характеристик оброблюваного матеріалу.

Ключові слова: інерційний грохот, вібробудівник, динамічні характеристики, продуктивність

Вступ. Грохот вібраційний – це машина яка використовується на фабриках для попереднього і перевірного грохочення, зневоднення і знешамлювання. у якому збудження коливань здійснюється дебалансним вібробудівником (вібратором). Переважна більшість віброгрохотів, які випускаються у світі, є одномасовими резонансними машинами. При застосуванні одновального вібробудівника одержують кругові і близькі до них траєкторії коливань. Такі грохоти встановлюють під кутом нахилу $15...25^\circ$ до горизонту і використовують для попереднього, допоміжного і завершального грохочення в основному сухим способом [1].

Грохот забезпечує високу ефективність просіювання за рахунок сильної вібрації сита, легкості заміни поверхні та економії електроенергії. Однак він неефективний при високій вологості через клейкі матеріали, має високе енергоспоживання, робочий шум, а також відсутність можливості оперативного регулювання динамічних характеристик [2].

Для усунення наведених недоліків здійснено патентний пошук, в результаті якого обрано технічне рішення (рис.1) [3].

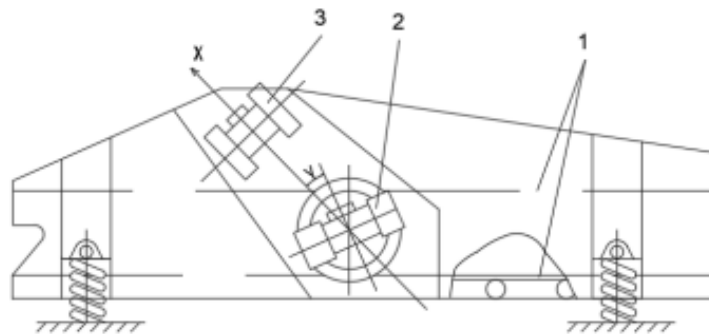


Рисунок 1 – Конструкція модернізованого інерційного грохота: 1 – сито; 2, 3 – вібробудівники

Ключовою перевагою модернізованого вузла є можливість оперативно регулювати динамічні характеристики. Вбудована можливість налаштування кута вібробудівників при зміні технологічних характеристик матеріалу, що переробляється, дає змогу налаштувати машину на кожний матеріал індивідуально та з максимальною продуктивністю. Для цього вібробудівник 2 на рис. 2 розвертають на кут γ що до осі x , виконуючи наступні операції: звільняють фіксатор 6, повертають плити кріплення 5 на цапгах 4 із закріпленими на плитах 5 вібробудівниками 2 на необхідний кут γ , після чого затягують фіксатори 6.

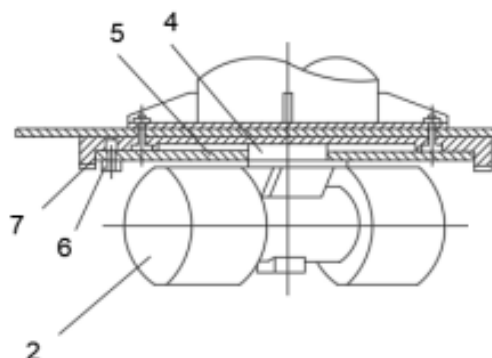


Рисунок 2 – Вузол кріплення рухомих віброзбудників: 4 – цапфи; 5 – плити; 6 – фіксатори; 7 – шкала кута повороту

Кут повороту контролюють по шкалі 7. Змінювання кута розвороту віброзбудників 2 дозволяє змінювати кут дії і модуль сумарної збудливої сили від віброзбудників 2 і 3, а отже, регулювати швидкість переміщення матеріалу по сити 1 і його розпушеність. Можливість вільного доступу до фіксаторів 6, добра оглядовість шкали 7 при нескладності операцій по замінюванню кута повороту віброзбудників 2 дозволяють оперативно виконувати налаштування грохоту на оптимальний в залежності від характеристик вихідного матеріалу режим роботи. Змінюючи співвідношення частот обертання віброзбудників 2 та 3, величин статичних моментів мас кожної пари віброзбудників і кут γ зсуву фази між ними, можна одержувати різноманітні бігармонічні коливання короба грохоту, оптимізуючи їх для рішення конкретних технологічних задач.

Висновки. Можливість регулювання частоти коливання віброзбудників та кута їх розвороту відкриває широкі можливості для оптимізації процесів просіювання та зневоднювання. Це сприяє підвищенню продуктивності, зменшенню енергоспоживання та поліпшенню якості обробки матеріалів.

Перелік посилань

1. Техніка та технологія збагачення корисних копалин Частина I. Підготовчі процеси: підручник. Білецький В.С., Олійник Т.А., Смирнов В.О., Скляр Л.В.; Чернявський Д.О., 2019. 200 с.
2. Вібраційні грохоти принцип роботи, конструкція, види, переваги, URL:<https://jak.koshachek.com/articles/vibracijni-grohoti-princip-roboti-konstrukcija.html> (дата звернення: 13.12.2023)
3. Патент №200704711 Україна, МПК B07B1/40. Інерційний грохот / Букін С. Л. – а200704711; заявл. 27.04.2007; опубл. 27.10.2008, Бюл. №7.

Додаток В. Специфікації

Форм.	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			ЛП21мп.106623.001-70ТС	Технологічна схема		
				<u>Складальні одиниці</u>		
	1		ЛП21мп.106623.000.01	Піч випалу вапна	1	
	2		ЛП21мп.106623.000.02	Скребковий конвеєр	1	
	3		ЛП21мп.106623.000.03	Дробарка	1	
	4		ЛП21мп.106623.000.04	Вертикальний квішовий конвеєр	1	
	5		ЛП21мп.106623.000.05	Бункер комового вапна	1	
	6		ЛП21мп.106623.000.06	Стрічковий конвеєр	1	
	7		ЛП21мп.106623.000.07	Дозатор	1	
	8		ЛП21мп.106623.000.08	Трубний млин для помелу вапна з піском	1	
	9		ЛП21мп.106623.000.09	Гвинтовий живильник	1	
	10		ЛП21мп.106623.000.10	Двокамерний пневмонасос	1	
	11		ЛП21мп.106623.000.11	Бункер пісчаної суміші	1	
	12		ЛП21мп.106623.000.12	Гуркіт	1	
	13		ЛП21мп.106623.000.13	Стрічковий конвеєр	1	
	14		ЛП21мп.106623.000.14	Змішувач	1	
	15		ЛП21мп.106623.000.15	Бункер комового вапна	1	
	16		ЛП21мп.106623.000.16	Силоси	1	
	17		ЛП21мп.106623.000.17	Стрижневий змішувач	1	
	18		ЛП21мп.106623.000.18	Прес	1	
	19		ЛП21мп.106623.000.19	Дозатор	1	
	20		ЛП21мп.106623.000.20	Стрічковий конвеєр	1	
Зміл.	Лист	Недакум.	Підп.	Дата	ЛП21мп.106623.000-70ТС	
Разраб.	Лопатін І.К.					
Перев.	Герасименю Ю.Ю.					
Н.контр.						
Утв.	Совальський О.Д.					
					Технологічна лінія з виробництва силікатної цегли	
					Лист.	Лист
						1
					Листов	
					2	
					НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», ІХФ	

[illegible]

[illegible]

[illegible]

[illegible]