

ВСТУП

Процеси розділення за крупністю сипких матеріалів за допомогою віброгрохочення широко поширені у гірничо-збагачувальній, будівельній, хімічній, харчовій та інших галузях промисловості. Причому існує необхідність відсіву досить великих шматків матеріалу (300 - 400 мм) з сипкого середовища, в інших випадках межа поділу може становити кілька десятків мікронів. Від ефективності цього процесу значною мірою залежать споживчі показники товарів класифікації, тому питання якості сипких матеріалів набувають особливої актуальності.

Використання процесу грохочення сипких матеріалів має давню історію, але наукові основи цієї технології стали предметом дослідження лише в попередньому столітті, що було спричинене зростання обсягів перероблюваних матеріалів, різноманітність їх видів. Зростаючі вимоги до обладнання призвели до того, що напрацьований протягом років експлуатації досвід, отриманий методом проб і помилок, перестав задовольняти запити виробництв, що розвиваються. Проте існуючі теоретичні моделі, що описують закономірності процесу грохочення що недостатньо добре описують ситуації, які виникають під час експлуатації і проектування віброгрохотів. Тому в умовах промислового виробництва технологічні параметри, як і раніше, визначаються в основному емпірично. При виборі устаткування недостатньо враховується те, що грохот конкретного сипкого матеріалу має особливості. Складність фізико-механічних властивостей сипких матеріалів і різноманітність режимів вібровпливу поверхонь, що просівають, на шар привели до того, що чіткі рівняння руху сипкого середовища в загальновизнаному вигляді дотепер не сформульовані. Тому узагальнення експериментальних даних експлуатації промислових машин часто залишається єдиною основою методів їх розрахунку та проектування. Проте, навіть незначні зміни технологічного режиму вимагають повторення всього обсягу експериментальних досліджень.

Актуальність роботи полягає у створенні математичних моделей, які можуть спрогнозувати зміну протікання процесу гуркотіння сипких середовищ при внесенні режимних чи конструктивних змін, що дозволить вести цілеспрямований пошук ефективних рішень у практиці експлуатації та проектування обладнання для віброгрохочення. На підставі вищевикладеного, мета роботи - розробка нових підходів до моделювання, розрахунку та оптимізації процесів гуркотіння сипучих матеріалів для їх використання у технологічних та проектних заходах щодо підвищення ефективності та продуктивності віброгуркотів.

Отже дослідження процесу грохочення сипких матеріалів інерційними грохотами та визначення раціональних параметрів процесу грохочення є **актуальним науково-технічним завданням.**

Метою роботи є покращення режиму роботи інерційних грохотів за рахунок обґрунтування раціональних експлуатаційних параметрів.

Об'єкт досліджень – процес грохочення сипких матеріалів інерційними грохотами.

Предмет дослідження – параметри інерційних грохотів.

1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПРОСІВАННЯ НА ІНЕРЦІЙНИХ ГРОХОТАХ

1.1. Аналіз інерційних грохотів

Розглянемо сучасні грохоти для розділення насипного матеріалу за крупністю.

Принци дії грохотів різних типів є аналогічним і полягає у просіюванні дрібних класів, яке відбувається при русі матеріалу просіваючої поверхнею. При цьому на грохочений матеріал діють сили тяжіння (при гравітаційному переміщенні), сили вібрацій сита (вібраційне переміщення), сили струменя води (гідравлічне переміщення) [9, 11, 17, 20].

У на сучасних гірничозбагачивальних підприємствах застосовуються грохоти наступних типів [9, 11, 17, 20]:

- нерухомі колосникові;
- валкові;
- барабанні обертові;
- пласкі, що гойдаються;
- напіввібраційні (гіраційні);
- вібраційні з круговими вібраціями (інерційні з дебалансним вібратором та такі, що самоцентруються);
- вібраційні з прямолінійними вібраціями (з самобалансним вібратором, електровібраційні та резонансні);
- дугові сита.

Серійно випускаються грохоти легкого, середнього та важкого типів, які маркуються наступним чином [9, 11, 17, 20]:

- Г – грохот;
- І – інерційний;
- С – самобалансний;
- Р – резонансний;
- Л – легкого типу;
- С – середнього типу;

Т – важкого типу.

Легкі грохоти застосовують для розсівання матеріалу з насипною масою 1.0 т/м^3 , середні – 1.6 , важкі – 2.7 . За літерами йдуть цифри: перша цифра за літерами позначає ширину грохоту (3 – 1250 мм, 4 – 1500, 5 – 1750, 6 – 2000, 7 – 2500, 8 – 3000), друга цифра – число сит [9, 11, 17, 20].

Розглянемо конструкцію грохотів, що в основному застосовуються для грохочення рудних матеріалів.

Грохот інерційний (рис 1.1, а) складається з короба, встановленого на пружних елементах, в якому закріплено просіююче сито, що встановлене з певним нахилом. Вібратор закріплений на корпусі грохоту з боку подачі матеріалу, а електродвигун на рамі грохоту.

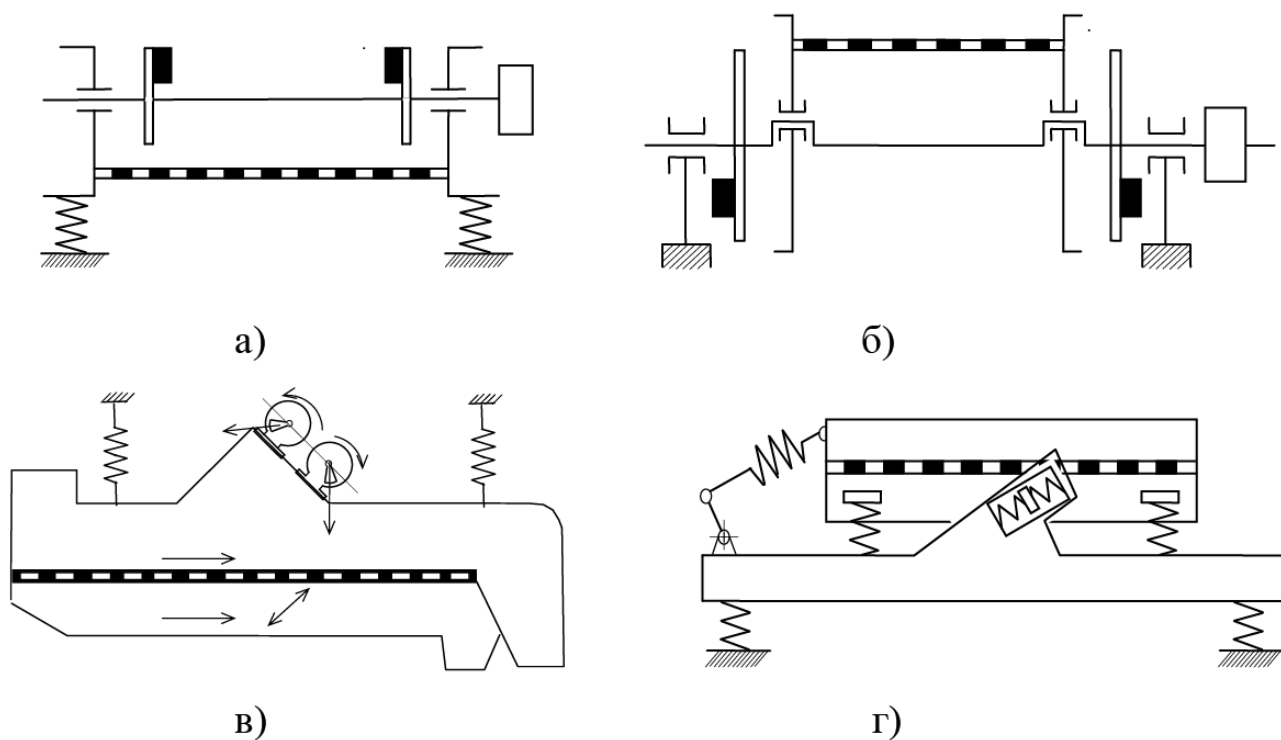


Рис 1.1 - Вібраційні грохоти, на яких сипуче середовище піддається віброзрідженню [9, 11, 17, 20]: а) інерційний грохот; б) гіраційний грохот; в) самобалансний грохот; г) резонансний грохот

Передача обертання від електродвигуна до вібратора здійснюється через спеціальну пелюсткову еластичну муфту, що поглинає вібрації від короба. Похиле

розташування просіюючого сита і вертикальне розташування вібратора забезпечують параметри коливань сит, при яких вплив вібрації на грохочений матеріал створюють інтенсивне його підкидання над ситом. Усе це забезпечує високу ефективність грохочення. Інерційні грохоти у свою чергу поділяються на легкі (ГІЛ), середні (ГІС) і важкі (ГІТ) відповідно до маси грохоченого матеріалу [9, 11, 17, 20].

Резонасні віброгрохоти (рис. 1.1, г) використовують у якості віброзбудника електромагнітні вібратори, у яких при протікання електричного струму через котушку електромагніт притягує якір, з'єднаний тягою з планками, між якими стиснуте сито. Під час руху вгору якір ударяється об упори, що викликає різкий поштовх, при цьому подача струму в котушку припиняється, і якір віджимається вниз. Амплітуда коливань такого віброзбудника змінюється шляхом зміни відстані між упорами та якорем за допомогою штурвала. За частоти електричного струму 50 Гц такий електромагнітний вібратор передає просіваючій поверхні 3000 коливань за секунду з амплітудою 0,3 мм [9, 11, 17, 20].

Перевагами грохотів з електромагнітними вібраторами є відсутність частин, що обертаються і труться, а також віброізоляція коробка грохоту. Основний недолік - нерівномірний розподіл амплітуди коливань поверхнею сита: велика - в середній частині і менша - по краях, а також складність конструкції (багато шарнірів, пружин, гумових пружних елементів) і більша металомісткість [9, 11, 17, 20].

Гіраційні грохоти є похилими, чотирипідшипниковими грохотами з ексцентриковим приводом (рис. 1.1 б), у яких може бути одне, два і більше сит. Кріпляться вони до рами грохоу паралельно: зверху сито з більшими отворами, під ним з більш дрібними. З кожного сита одержують певну фракцію сортованого матеріалу [9, 11, 17, 20].

Перевага таких грохотів є мала чутливість до коливань навантаження, але вони більш металомісткі і складніші конструктивно, ніж інерційні [9, 11, 17, 20].

Самобалансні грохоти (рис 1.1 в) є горизонтальними грохотами з прямолінійними (спрямованими) коливаннями з двовальним віброзбудником у якості приводу, які фазово врівноважені. Такі грохоти є подальшим розвитком

інерційних грохотів, оскільки прямолінійні гармонічні коливання короба генеруються силою інерції двох дебалансних вантажів, що протилежно обертаються. При чому вали віброзбудника можуть бути пов'язані між собою за допомогою зубчастої передачі або динамічно. Грохот із зубчастим віброзбудником називається самобалансним, а грохот без механічного зв'язку між дебалансами з зубчастих передач – самосинхронізованим. Такі грохоти усе частіше використовуються на усіх етапах грохочення у технологічних схемах середнього і дрібного дроблення [9, 11, 17, 20].

З досвіду експлуатації грохотів відомо існування низки технологічних проблем, які ще не розв'язані мають негативний вплив на ефективність грохочення. Однією з таких проблем є розділення вологого матеріалу. Підвищена вологість призводить до залипання отворів сита, а в результаті – зниження ефективності розсіву. Іншою проблемою є розділення класифікація важкогрохочених матеріалів, що мають значний відсотковий вміст зерен граничної крупності. Потрапляючи в комірку сита, вони відчують сильне тертя з боку стінок отвору та заклинюють його [9, 11, 17, 20].

Дослідники розробили низку способів для усунення подібних проблем [9, 11, 17, 20]:

- передача просіваючій поверхні великих прискорень;
- механічний вплив на просіваючі поверхні;
- застосування динамічно активних просіваючих поверхонь, які можуть здійснювати додаткові коливання відносно короба грохоту.

1.2. Аналіз закономірностей просіювання матеріалу крізь сито

У сучасній гірничо-збагачувальній галузі будівельній одним з важливих наукових напрямів досліджень при підготовці рудних матеріалів для збагачення є розробка нових та модернізація існуючих конструкцій грохотів для розділення рудного матеріалу за крупністю тобто грохотів. Аналізуючи сучасні тенденції розвитку цих машин можна виділити два основні напрями [11, 12, 18, 19]:

- поліпшення технологічних та конструкторських параметрів грохотів;
- підвищення якості розділення матеріалів за крупністю.

Слід зазначити, що найбільшого поширення в сучасній гірничозбагачувальній галузі набили саме інерційні грохоти [11, 12, 18, 19].

Дослідники відмічають, що на продуктивність цього класу грохотів впливає велика кількість факторів, визначуваних характеристиками самої машини і характеристиками грохоченого матеріалу [11, 12, 18, 19].

Практичний досвід експлуатації показує, що при подачі на грохот грохоченого матеріалу, найбільш завантаженою є початкова частина просіваючої поверхні сита. А практично біля 30% цієї поверхні використовується не повністю, що, у свою чергу, викликає нерівномірне та нераціональне зношування поверхні сита [11, 12, 18, 19].

Відповідно до такого досвіду, одне із актуальних питань, яке намагаються вирішити дослідники є більш раціональний розподіл грохоченого матеріалу просіваючою поверхнею сит [11, 12, 18, 19].

Іншим актуальним питанням є інтенсифікація першої стадії грохочення, тобто проходження частинок матеріалу нижнього класу до сита, оскільки з досвіду експлуатації ця стадія має найбільший вплив на продуктивність процесу грохочення [11, 12, 18, 19].

Як зазначають багато дослідників, істотний вплив на процес грохочення мають амплітуда і частота коливання грохотів. Але ці впливові чинники є не єдиними. Також на рух зерен грохоченого матеріалу впливає сила тяжіння, сила тертя, нормальна реакція опорної поверхні, сила тиску верхніх частинок, відцентрова сила інерції, та ін. Усі перелічені фактори ускладнюють переміщення частинки просіваючою поверхнею. Для компенсації негативного впливу цих факторів, доводиться збільшувати час знаходження зерен грохоченого матеріалу на поверхні сит та довжину сита, що зменшує продуктивність роботи грохоту в цілому [11, 12, 18, 19].

Одним зі шляхів прискорення процесу розподілу матеріалу просіваючою поверхнею є організація додаткового механічного впливу на масив матеріалу,

спрямованим уздовж поверхні сита. Такий вплив на частинки породи додаткової сили, спрямованої паралельно просіваючій поверхні, призведе до додаткового розпушення верхніх шарів матеріалу і більш раціональному розподілу матеріалу поверхню грохочення. При цьому таких конструктивних рішень, які забезпечують додатковий вплив на грохочений матеріал, може бути чимало [11, 12, 18, 19].

Процес грохочення оцінюється наступними показниками [11, 12, 18, 19]:

- продуктивність – кількість вихідного матеріалу, що надходить на грохот, в одиницю часу. У розрахунках продуктивності використовується параметр об'ємної продуктивності з вихідного харчування Q [11, 12, 18, 19]:

$$Q = q_0 \cdot F \quad (1.1)$$

де F – площа просіваючої поверхні грохоту, що просіває; q_0 – питома об'ємна продуктивність, яка залежить від ширини щілини (розміру комірок сита), необхідної ефективності грохочення;

- ефективність гуркотіння визначає якість процесу грохочення і характеризує ступінь вилучення підрешітного продукту або відношення маси матеріалу, що пройшов крізь отвори в грохоті, до повної маси матеріалу даної крупності, що містилася у вихідному продукті [11, 12, 18, 19]

$$E = \frac{100 \cdot m_{н1}}{m_n} \quad (1.2)$$

де $m_{н1}$ – маса частинок підрешітного (нижнього) класу, що пройшли крізь отвори сита; m_n – повна маса частинок підрешітного (нижнього) класу, що міститься у вихідному матеріалі.

- Засміченість характеризує якість одержуваного матеріалу при грохоченні і визначається відсотковим вмістом у ньому частинок, розмір яких виходить за граничні розміри товарної фракції. Фракцією вважається кожна з частин класифікованого (розсортованого) сипучого матеріалу, засмічена частинками інших класів [11, 12, 18, 19].

Зрозуміло, що у реальних умовах в наслідок обмеження часу знаходження зерен грохоченого матеріалу на ситі, неможливо досягти ідеальної 100% ефективності. Неідеальність процесу грохочення ($E < 100\%$) зумовлена низкою факторів, що зменшують ймовірність проходження частинок крізь поверхню, що просіває [11, 12, 18, 19]:

- утворення шару зерен, що налипають на просіваючу поверхню і перешкоджають проходженню через неї дрібніших зерен;
- наявність “важких” частинок діаметром $0,8 \div 1,0$ від діаметра отворів у просіваючих поверхнях, що забиваються і заклинюються в цих отворах;
- наявність вологих та липких матеріалів, що “замазують” отвори;
- наявність частинок з неізометричною формою.

Розглянемо відомі закономірності процесу грохочення.

Основний вплив на ефективність процесу грохочення має відношення діаметру зерен d матеріалу, що просівається і поперечного розміру комірок сітки [11, 12, 18, 19].

Наступними важливими параметрами, що також визначає ефективність розділення насипних матеріалів є [11, 12, 18, 19]:

- гранулометричний склад грохоченого матеріалу.
- швидкість руху грохоченого матеріалу ситом;
- суцільність потоку матеріалу (продуктивність живлення)
- довжина сита;

Дослідниками для деяких матеріалів визначені оптимальні співвідношення перерахованих вище параметрів [11, 12, 18, 19].

Загалом процес розділення матеріалу за крупністю на грохоті є імовірнісним процесом, який визначає велика кількість випадкових чинників і навіть добре визначена основна умова проходження одиничного зерна грохоченого матеріалу крізь отвір сита носить імовірнісний характер [11, 12, 18, 19].

Розглянемо ідеалізований варіант проходження сферичного зерна грохоченого матеріалу, яке падає вертикально униз, крізь квадратну комірку сита

(рис.1.1) [11, 12, 18, 19].

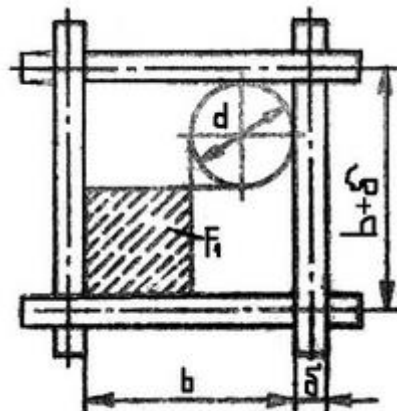


Рис. 1.2 - Схема проходження зерна через комірку сита [11, 12, 18, 19]

Площа, що забезпечує безперешкодне проходження зерна матеріалу крізь сито [11, 12, 18, 19]:

$$F_1 = (b - d)^2 \quad (1.1)$$

де d – поперечний розмір зерна грохоченого матеріалу; b – внутрішній розмір комірки сита.

Загальна площа комірки сита [11, 12, 18, 19]

$$F_2 = (b + \delta)^2 \quad (1.2)$$

де δ – товщина дротів сита.

Коефіцієнт світлового перетину комірки сита [11, 12, 18, 19]

$$z = \frac{b^2}{(b + \delta)^2} \quad (1.3)$$

Визначимо імовірність проходження зерна крізь таке сито [11, 12, 18, 19]:

$$P = z \cdot \left(1 - \frac{d}{b}\right)^2 \quad (1.4)$$

Відносний розмір зерен грохоченого матеріалу [11, 12, 18, 19]

$$\psi = \frac{d}{b} \quad (1.5)$$

Тоді імовірність проходження крізь сито зерна грохоченого матеріалу можна записати як [11, 12, 18, 19]

$$P = z \cdot (1 - \psi)^2 \quad (1.6)$$

Кількість отворів сита, які повинні зустріти зерна грохоченого матеріалу для повного проходження крізь сито під час процесу просіювання за певний час [11, 12, 18, 19]:

$$N = \frac{1}{P} = \frac{1}{z \cdot (1-\psi)^2} \quad (1.7)$$

Зустріч зерна з таким числом комірок сітки можлива за певної тривалості грохочення. Якщо час грохочення $t_1 < t$, то зерна певного класу зустрінуть число отворів $N_1 < N$ і крізь сито пройдуть усі зерна такого класу у повному обсязі [11, 12, 18, 19].

Ефективність грохочення матеріалу за певним класом визначається за формулою [11, 12, 18, 19]:

$$E_\psi = \frac{N_1}{N_2} = \frac{t_1}{t_2} = \frac{N_1}{\frac{1}{z \cdot (1-\psi)^2}} = c \cdot (1-\psi)^2 \quad (1.8)$$

де c – коефіцієнт пропорційності, характерний для даного режиму грохочення.

Відповідно ефективність грохочення матеріалу збільшується по мірі зменшення відносного розміру зерен. Слід зазначити, що за умови рівності розмірів зерен та отворів, коли $\psi=1$, та ефективність грохочення наближається до нуля [11, 12, 18, 19].

Із відомої залежності (рис 1.3) випливає, що зерна розміром $d \geq 0,75b$ є важкосорттованими, внаслідок чого доводиться збільшувати довжину сит, щоб забезпечити їх проходження.

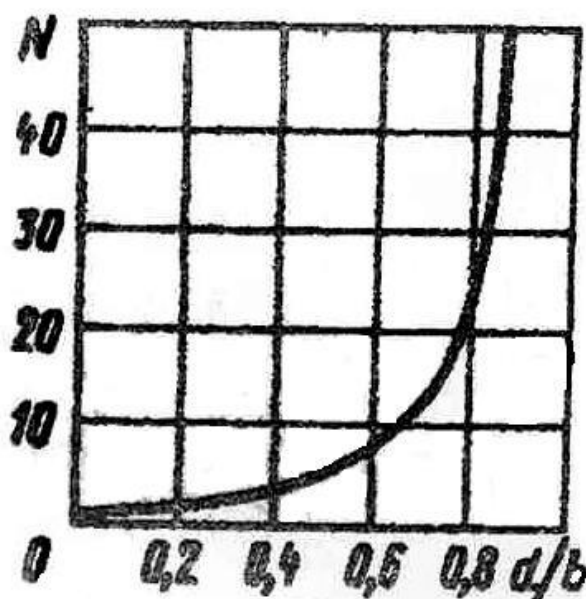


Рис.1.3 - Залежність необхідного числа контактів зерна із ситом для проходження його крізь отвір від відношення d/b [11, 12, 18, 19].

Зважаючи на те, що ймовірність просіювання не залежить від абсолютних розмірів як самого зерна, так і комірки сита, можна вважати, що через кожен комірку сита проходить певна кількість зерен матеріалу в одиницю часу під час сортування як великого матеріалу на ситах з великими отворами, так і дрібного на ситах з дрібними отворами. Але слід зазначити, що зі збільшенням крупності зерен матеріалу, кількість зерен в одиниці обсягу зменшуватиметься пропорційно до їх діаметру в третьому ступені, а кількість комірок на одиниці площі сита – пропорційно розміру комірок у другому ступені. Отже, для певного об'єму матеріалу краще використовувати відносно більше отворів, що забезпечить зростання продуктивності грохоту пропорційно розміру комірок сит. Таж важливо брати до уваги і можливу засміченість кожного класу частинками інших класів [11, 12, 18, 19].

Що одним з факторів, який впливає на ймовірність проходження зерен матеріалу і, відповідно, на ефективність грохочення є кут нахилу самого сита α до горизонту, який, у свою чергу, впливає на можливість вільного проходження зерен крізь сито [11, 12, 18, 19].

Встановлено, що при похилому розташуванні сита ймовірність вільного

проходження зерна крізь комірки сито суттєво знижується зі зростанням кута нахилу (рис 1.4) [11, 12, 18, 19].

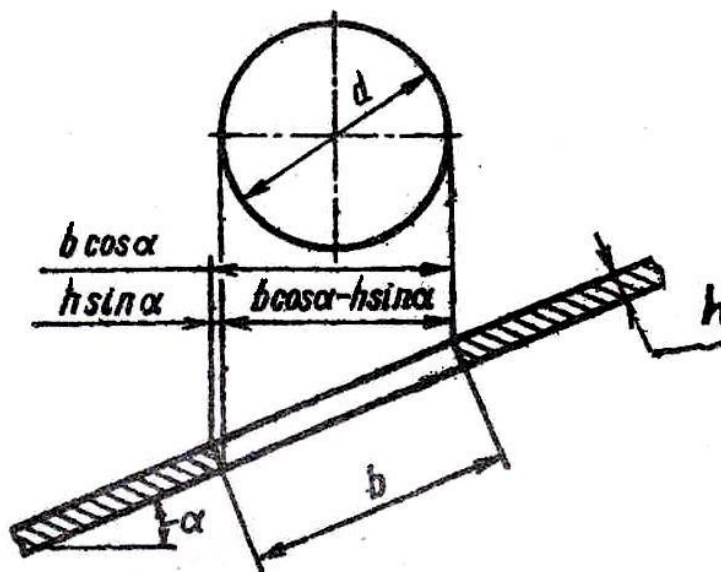


Рис. 1.4 - Схема проходження зерна крізь похиле сито [11, 12, 18, 19].

Діаметр зерна, що вільно проходить крізь отвір похилого сита [11, 12, 18, 19]

$$d = b \cdot \cos(\alpha) - h \cdot \sin(\alpha) \quad (1.9)$$

де α – кут нахилу сита до горизонту, b – ширина отвору, h – товщина сита.

Встановлено, що на похилому ситі грохоту одержують нижній клас тієї ж крупності, що і на горизонтальному ситі, але при більшому розмірі отворів комірок похилого сита порівняно з отворами комірок горизонтального сита. Так відомо при нахилі сита при $\alpha=20^\circ$, розмір комірок потрібно збільшити у 1,15 рази, а при куті $\alpha=25^\circ$, розмір комірок потрібно збільшити у 1,25 рази [11, 12, 18, 19].

Розглянемо особливості руху сипучого матеріалу по похилій поверхні сита (рис 1.5).

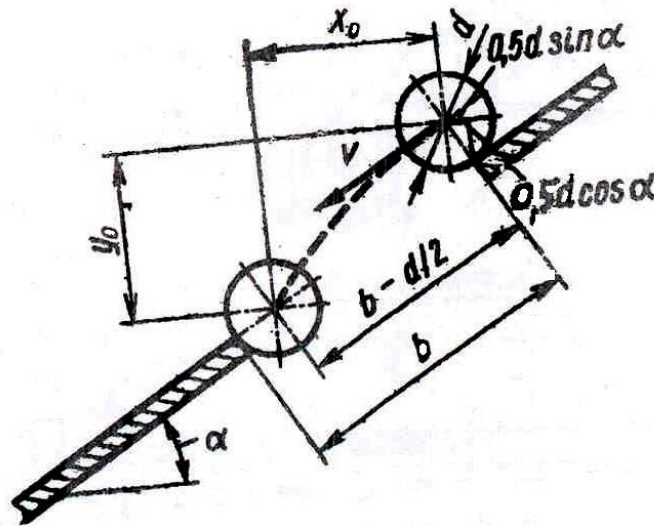


Рис.1.5 - Схема руху шматка похилим ситом: α - кут нахилу сит; d - діаметр зерна; b - ширина комірки [11, 12, 18, 19].

Переміщення зерна грохоченого матеріалу за певний час в горизонтальному (x) та вертикальному (y) напрямках [11, 12, 18, 19]

$$\begin{cases} x = v \cdot t \cdot \cos(\alpha) \\ y = v \cdot t \cdot \sin(\alpha) + \frac{g \cdot t^2}{2} \end{cases} \quad (1.10)$$

де v - швидкість руху шматка.

Звідки [11, 12, 18, 19]

$$\begin{aligned} t &= \frac{x}{v \cdot \cos(\alpha)}, \\ y &= \frac{v \cdot x \cdot \sin(\alpha)}{v \cdot \cos(\alpha)} + \frac{0,5 \cdot g \cdot x^2}{v^2 \cdot \cos^2(\alpha)} \end{aligned} \quad (1.11)$$

Граничний випадок, коли зерно матеріалу стикається з нижнім ребром комірки отвору [11, 12, 18, 19]:

$$\begin{cases} x_0 = (b - 0,5 \cdot d) \cdot \cos(\alpha) - 0,5 \cdot d \cdot \sin(\alpha) \\ y_0 = (b - 0,5 \cdot d) \cdot \sin(\alpha) + 0,5 \cdot d \cdot \cos(\alpha) \end{cases} \quad (1.12)$$

Отже, швидкість зерна на момент зіткнення [11, 12, 18, 19]:

$$v_0 = \frac{(b - 0,5 \cdot d) \cdot \cos(\alpha) - 0,5 \cdot d \cdot \sin(\alpha)}{\cos(\alpha)} \cdot \sqrt{\frac{g}{d \cdot (\cos(\alpha) + \sin(\alpha) \cdot \tan(\alpha))}} \quad (1.13)$$

При горизонтальній поверхні сита ($\alpha=0$) рівняння (1.13) спрощується [11, 12, 18, 19]:

$$v_0 = (b - 0,5 \cdot d) \cdot \sqrt{\frac{g}{d}} \quad (1.14)$$

Встановлено, що при відносно близьких розмірах шматків, які просіваються, і отворів, гранична швидкість руху матеріалу дуже малу. Але її можна збільшити до 4-10 м/с, якщо збільшити розмір отворів таким чином, щоб діаметр зерен перевищував розмір комірок у 6-8 разів [11, 12, 18, 19].

З іншого боку експлуатація грохотів із високою швидкістю руху матеріалу доцільні при проміжній класифікації у процесі багатостадійного дроблення. Але ефективність за такого методу класифікації невисока [11, 12, 18, 19].

1.3. Мета, об'єкт, предмет, завдання та методи дослідження

Метою роботи є покращення режиму роботи інерційних грохотів за рахунок обґрунтування раціональних експлуатаційних параметрів.

Об'єкт досліджень – процес грохочення сипких матеріалів інерційними грохотами.

Предмет дослідження – параметри інерційних грохотів.

Завдання дослідження

1. Аналіз шляхів підвищення ефективності грохочення;
2. Розробка математичної моделі коливання короби інерційного грохоту;
3. Дослідження процесу грохочення матеріалу на різних ситах;
4. Розробка рекомендацій щодо режиму роботи інерційних грохотів.

Методи досліджень, що використовуються у роботі, включають патентний аналіз відомих інерційних грохотів; методи аналітичного моделювання; методи комп'ютерного моделювання.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПРОСІЮВАННЯ МАТЕРІАЛУ ІНЕРЦІЙНИМИ ГРОХОТАМИ

2.1. Загальна методика досліджень

Задля покращення режиму роботи інерційних грохотів за рахунок обґрунтування раціональних експлуатаційних параметрів планується проведення аналіз шляхів підвищення ефективності грохочення. Під час якого будуть розглянуті відомі результати дослідження та проведено огляд літературно-патентних джерел. У результаті такого аналізу визначаються шляхи покращення процесу грохочення та підвищення його ефективності.

На наступному етапі проводиться побудова математичної моделі коливання короби інерційного грохоту та дослідження процесу грохочення матеріалу на різних варіантах грохотів. Таким чином визначаються найкращі варіанти удосконалення процесу грохочення, та визначаються раціональні конструкції та режими роботи.

Наприкінці розробляться рекомендації щодо режиму роботи інерційних грохотів.

2.2. Аналіз шляхів підвищення ефективності просіювання матеріалу на ситі грохотів

За останні роки з'явився ряд нових конструкцій грохотів, в яких процес грохочення інтенсифікується за рахунок того, що різні ділянки одного сита або різні сита одного грохоту мають різні параметри коливань (амплітуда та частота коливань, а також кут нахилу вібрацій до ситу) або різний кут нахилу до горизонту. Процес грохочення на вібраційних грохотах, як відомо, можна умовно розділити на дві фази: фазу проникнення дрібної частинки крізь шар грохоченого матеріалу до ситу і фазу проходження цієї частинки крізь отвір, що просіває. Інтенсифікація процесу грохочення проводиться за рахунок форсування однієї або одразу обох фаз. Для цього застосовують ряд прийомів, що реалізуються в деяких конструкціях грохотів [15].

Характерним прикладом інтенсифікації першої фази грохочення є прийом, відомий під назвою «процес НСС» (літери латинські). Ця аббревіатура є першими літерами французького виразу, який перекладається як «зростаюча або постійна висота шару» [15].

Якщо на звичайних грохотах у процесі проходження грохочення матеріалу, але сити в міру відсіву дрібних частинок шар матеріалу зменшується, то при процесі НСС параметри коливань різних ділянок сита підбираються так, щоб відбувалося наростання висоти шару, незважаючи на відсівання дрібних частинок. Таким чином, для забезпечення виконання процесу НСС необхідно монотонне зниження швидкості вібраційного транспортування грохоченого матеріалу в міру просування його на ситі [15].

Зниження швидкості вібраційного переміщення по мірі проходження частинок по поверхні транспортування можливе тільки за умови, якщо одні або кілька з перерахованих вище чотирьох параметрів, що визначають характер вібраційного переміщення, будуть мати різні значення в різних точках поверхні, що просіває [15].

Часто застосовується найпростіший спосіб - повільне зменшення кута нахилу сита. У крупних установках це легко здійснюється шляхом створення агрегату з декількох послідовно розташованих грохотів, причому кожен наступний грохот має менший нахил сита, чим попередній [15].

Однак у межах одного грохоту доцільно використовувати неоднорідне вібраційне поле, при якому різні точки сита мають різні параметри вібрацій [15].

Наприклад, грохот з одним вібратором, розташованим таким чином, що у середній частині сита траєкторії, близькі до колових, а на кінцях сита еліптичні. Причому нахил еліпсів такий, що у зоні завантаження грохочений матеріал рухається швидше, а у розвантажувальній зоні повільніше, чим у середній зоні. Завдяки цьому забезпечується збільшення продуктивності [15].

При поступовому наростанні шару частинок на ситі, що викликається зниженням швидкості їх транспортування, відбувається інтенсифікація сегрегації в результаті чого дрібні частинки виявляються розташованими в нижній зоні шару, а

більш крупні - у верхній. Це і призводить до форсування першої фази грохочення [15].

На графіку (рис 2.1) наведено зміну висоти шару матеріалу на ситі грохота по його дослідженні. Суцільною лінією відмічено розподіл матеріалу при способі НСС, штриховою – при звичайному грохоченні [15].

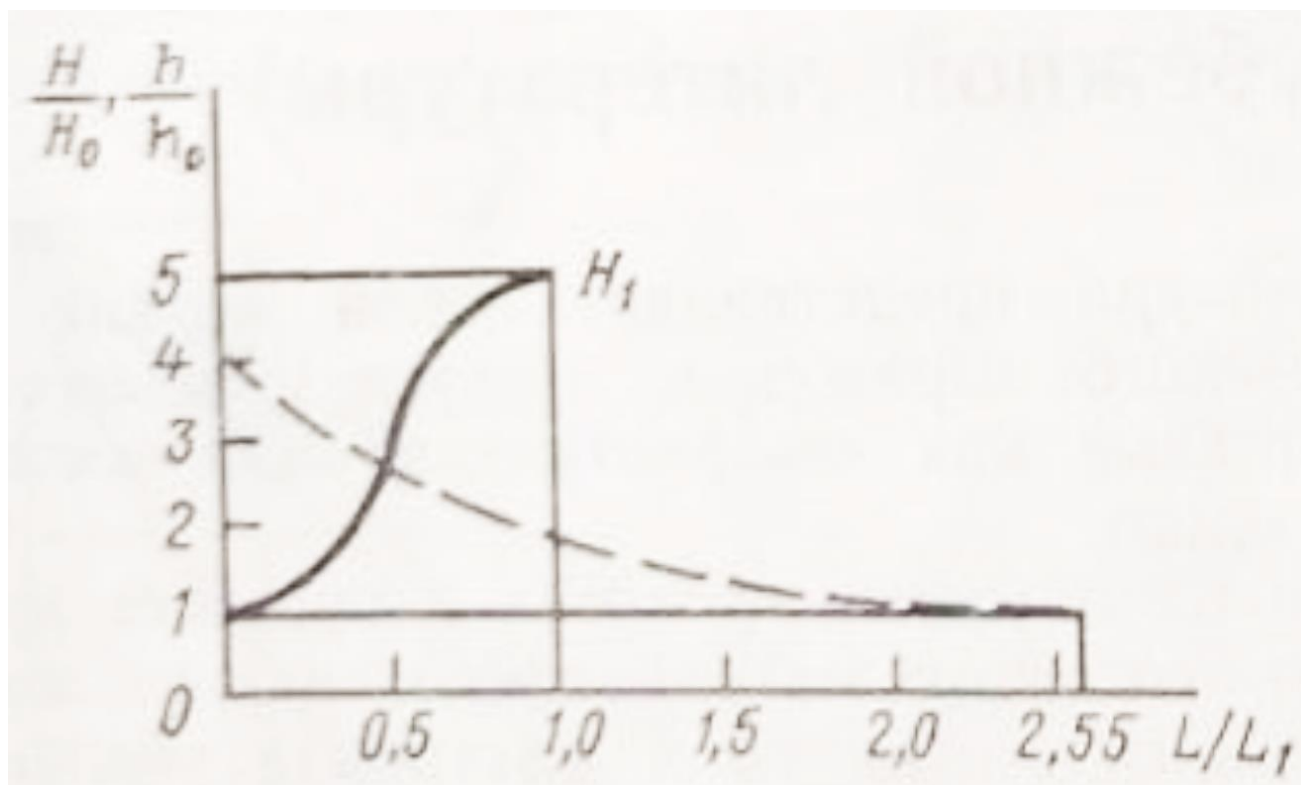


Рис 2.1 – Зміна висоти шару по довжині грохота [15]

Наведений графік показує зміну висоти шару матеріалу в межах довжини сита, необхідної для відсіву 95% дрібної фракції. По осі абсцис відкладено шлях матеріалу грохоту. Висота шару при процесі НСС змінюється від H_0 до значення H_1 , при звичайному процесі - від значення h_0 до значення h_1 . Криві (рис 2.2) характеризують процес відсіву по мірі руху грохоченого матеріалу ситом за способом НСС (суцільна лінія) та при звичайному способі (штрихова лінія). На горизонтальній осі означено шлях грохоченого матеріалу по довжині сита, по вертикальній осі – відсоток відсіву дрібної фракції [15].

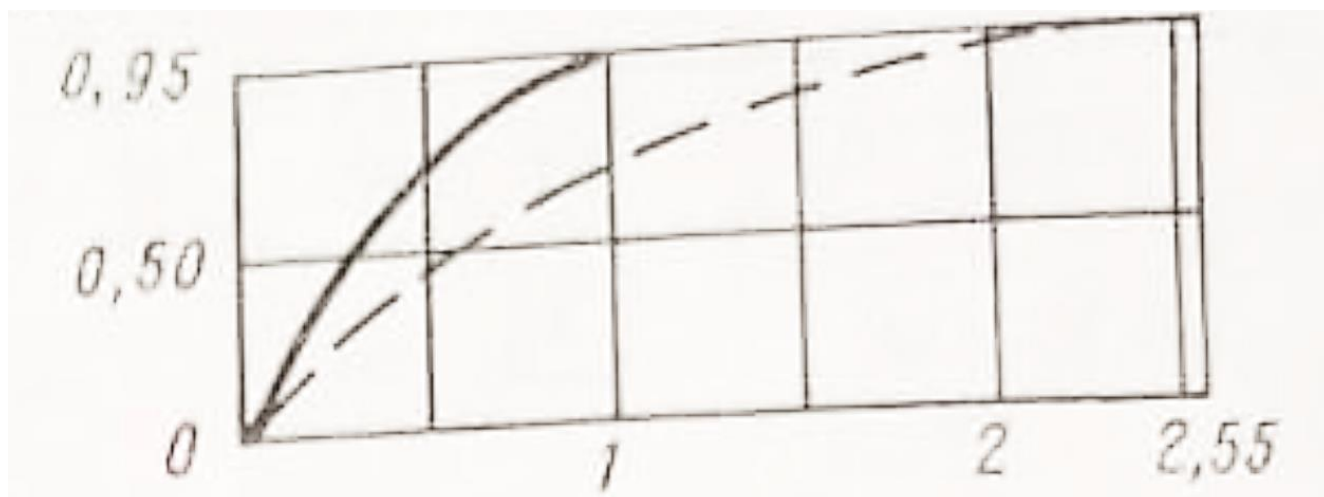


Рис 2.2 – Кількість відсіяної дрібної фракції при русі матеріалу грохотом [15]

З наведених графіків видно, що при оптимальному виборі кривої $H_0 H_1$ (рис 2.1) при грохоченні за способом НСС відсів 95% дрібної фракції поребує приблизно у 2,5 разів менша довжина сита, ніж при звичайному способі грохочення [15].

Застосування методу НСС дозволяє значно підвищити питому продуктивність грохотів без істотного ускладнення їх конструкції. При цьому у разі великих установок раціональніше використовувати декілька послідовно розташованих грохотів з пласким ситом але з різними кутами нахилу до горизонту, а за потреби малих потрібних площах грохочення – грохоти зі складним полем траєкторій робочого органу [15].

Інтенсифікація першої фази грохочення з допомогою неоднорідності вібраційного поля робочого органу досягається у грохотах із двома робочими частотами, або грохотами з неоднорідним полем бігармонійних коливань. Такі грохоти забезпечені двома дебалансним вібраторами з неоднаковими статичними моментами та неоднаковими числами оборотів. Вібратор з великим статичним моментом і порівняно малим числом обертів встановлюється ближче до завантажувального кінця грохоту, а вібратор з меншим статичним моментом і більш високим числом обертів - ближче до розвантажувального кінця грохоту. Вібратори зазвичай розташовуються таким чином, щоб створювані ними коливання були максимальними на ближньому кінці грохоту і зменшувалися до

нуля на протилежному кінці грохоту. У результаті буде отримано поле коливань, показане на рис 2.3 [15].

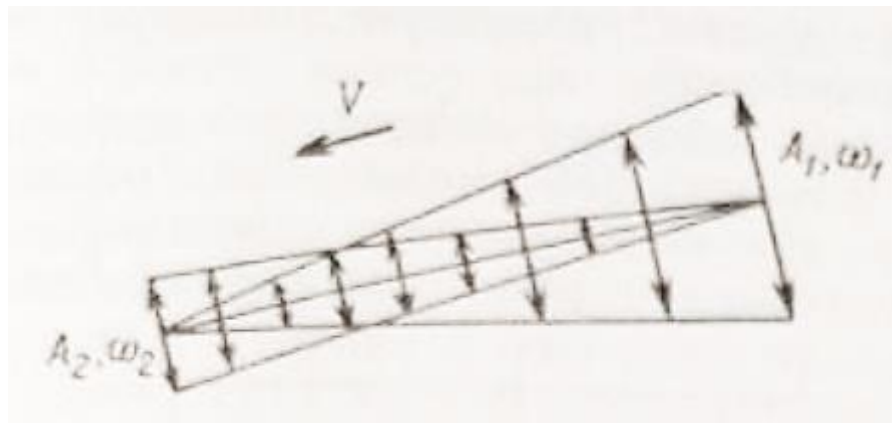


Рис 2.3 – Розподіл амплітуд низькочастотних та високочастотних коливань по довжині грохота [15]

На завантажувальному кінці мають місце тільки коливання низької частоти, на розвантажувальному кінці – тільки високої частоти, а у середній частині грохота отримуються накладення одних коливань на інші [15].

Таким чином, у такому грохоті змінними по довжині грохота є амплітуда та частота коливань. Такий характер зміни параметрів коливань забезпечує інтенсивне встрявання грохоченого матеріалу у зоні завантаження, де шар матеріалу більший и добрий відсів дрібної фракції на розвантажувальному кінці грохоту, де шар грохоченого матеріалу має меншу висоту [15].

Розглянемо інші варіанти інтенсифікації роботи грохотів.

Метою винаходу [1] є підвищення продуктивності та якості поділу.

Поставлена мета досягається тим, що відповідні осередки верхнього та нижнього листів пов'язані з'єднувальними елементами, верхній лист виконаний з додатковими отворами та утворює порожнину з нижнім листом, яка з'єднана з джерелом стисненого повітря. Крім того, сполучні елементи виконані у вигляді розсіченого до нижнього листа зрізаного конуса.

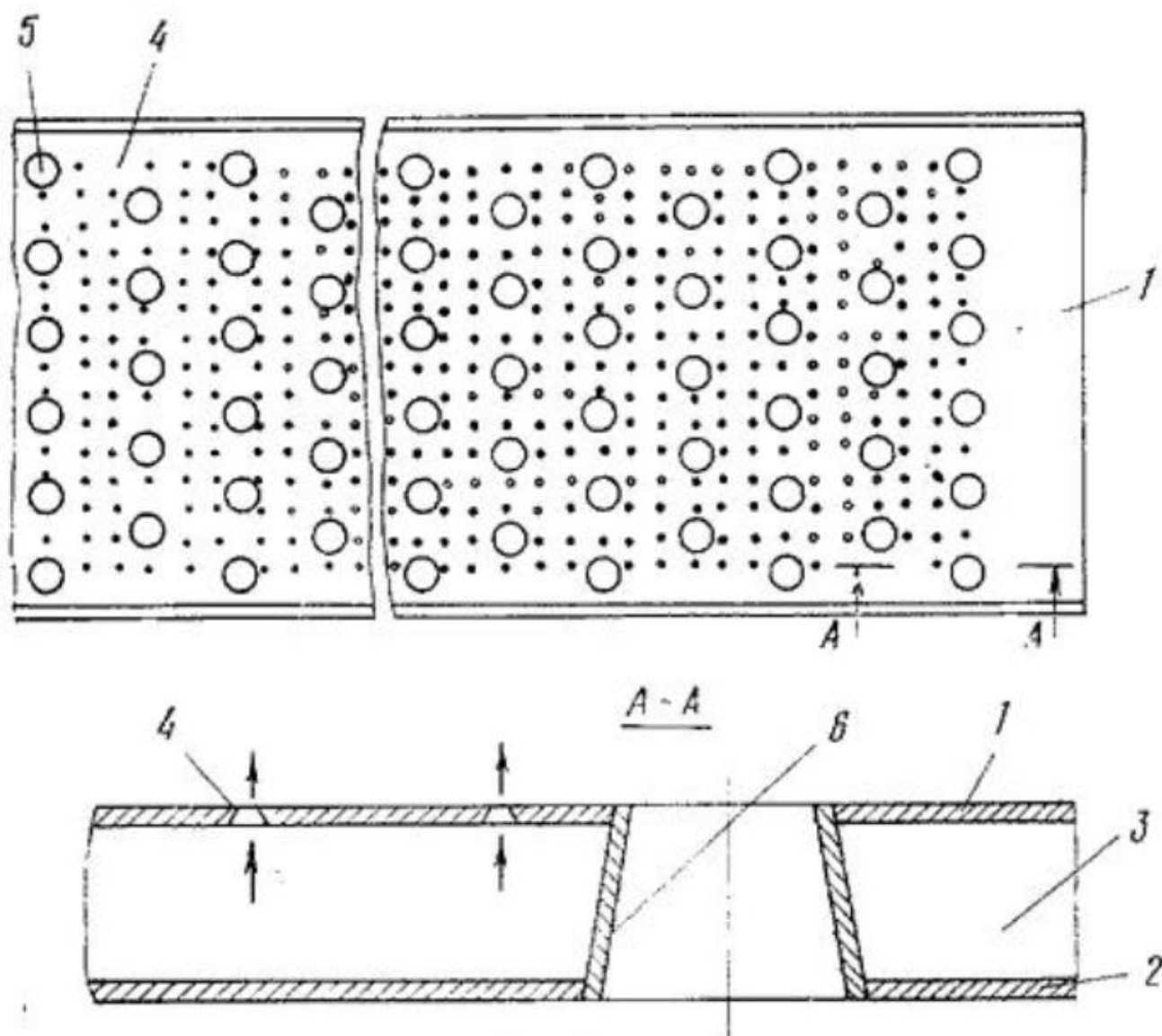


Рис 2.4 – До патенту [1]

Решето складається з верхнього 1 і нижнього листів 2, що утворюють порожнину 3. У верхньому решеті виконані додаткові отвори 4. Відповідні осередки 5 верхнього і нижнього листів пов'язані з'єднувальними елементами 6, виконаними у вигляді зрізаних конусів. Стиснене повітря, що подається в порожнину 3, через отвори 4 впливає на матеріал, що розділяється, зменшуючи його опір руху і покращуючи перемішування. Дрібні фракції, потрапляючи в комірки 5, відсіваються. Форма цих отворів, виконана у вигляді зрізаного конуса, виключає можливість їх заклинювання. Аналогічна форма отворів 4 для виходу стисненого повітря збільшує силу струменя та зменшує можливість їхнього заклинювання.

Розглянувши патент можна зазначити можливість засмічення малих отворів пилом та наддрібними фракціями.

Мета винаходу [2] - інтенсифікація процесу грохочення за рахунок найбільш повного використання живого перерізу поверхні, що просіває.

Поставлена мета досягається тим, що інша частина отворів виконана круглими і трикутними, при цьому отвори різної форми розміщені з чергуванням, причому поверхня, що просіває, може бути виконана штампованою.

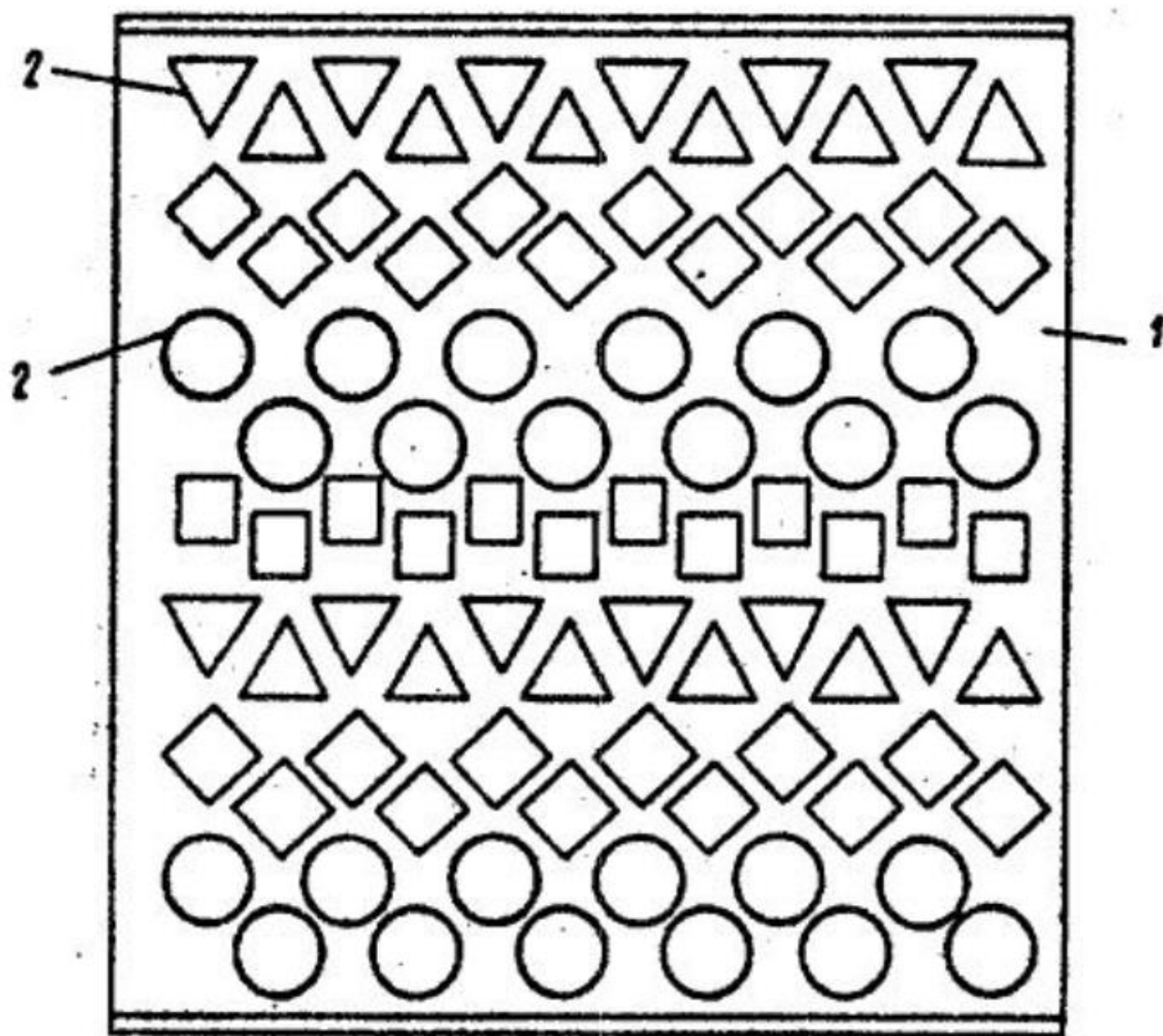


Рис 2.5 – До патенту [2]

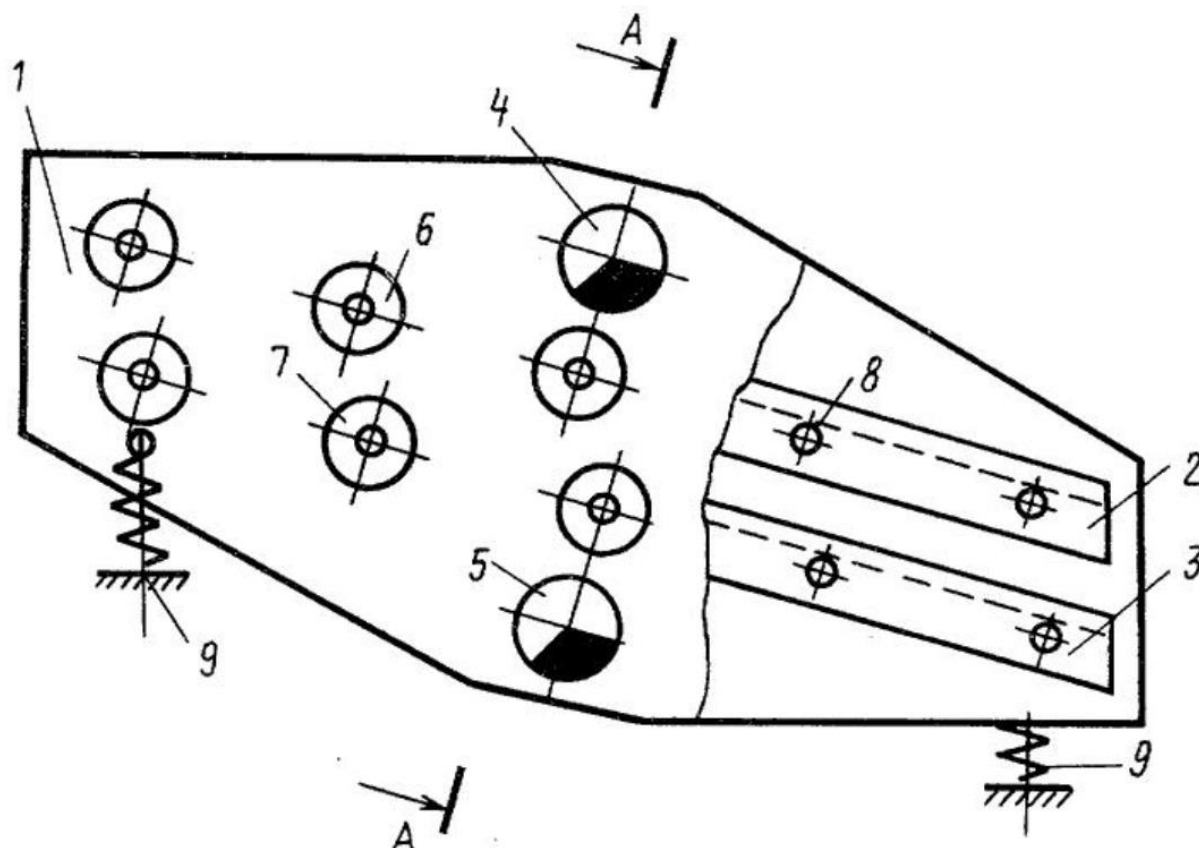
Сито грохоту включає поверхню, що просіває 1 з отворами 2 різної форми, ряди яких чергуються в напрямку руху матеріалу. Найбільший розмір отворів будь-

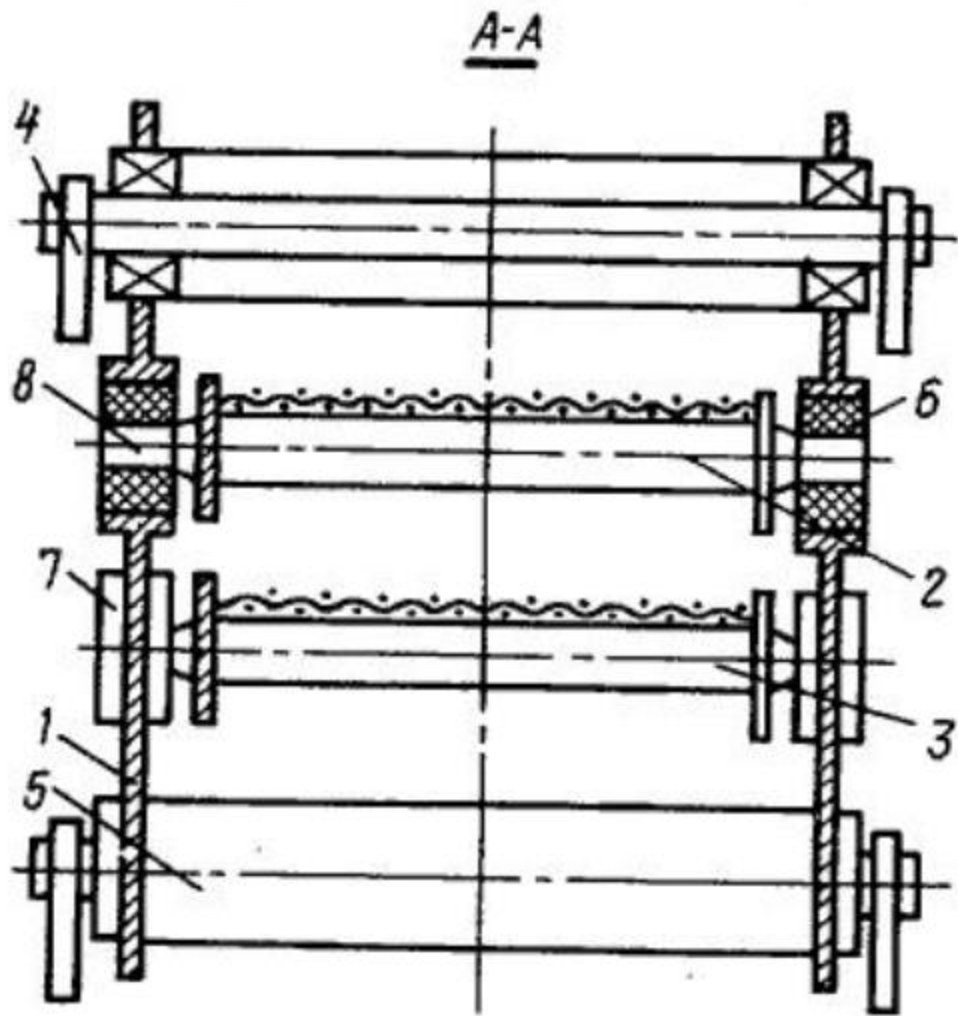
якої форми (сторона трикутника, діагональ квадрата, діаметр кола) приймається рівним розміру класу крупності класифікованого матеріалу, що виділяється.

При роботі сита потік класифікованого матеріалу подають на сито з поверхнею, що просіває, і розподіляють рівномірно по всій ширині сита. Частоту та амплітуду коливань сита забезпечують та регулюють відомими прийомами. За рахунок кута нахилу ($10-40^\circ$) і коливальних рухів сита класифікований матеріал рухається вздовж поверхні, що просіває 1, перетинаючи при цьому ряди чергуються отворів 2 різної форми. При відповідності розмірів і форми шматків матеріалу розмірам і формі отворів 2 поверхні, що просіває, 1 шматок перетинає поверхню, що просіває, у вертикальному напрямку і потрапляє в підрешітний продукт.

Пропонована конструкція сита грохоту дозволяє інтенсифікувати процес грохочення шляхом найбільш повного використання живого перерізу поверхні, що просіває.

Мета винаходу [3] підвищення продуктивності грохота та покращення якості класифікації важкогрохочених матеріалів за рахунок порушення коливань різної інтенсивності на ситових рамках.





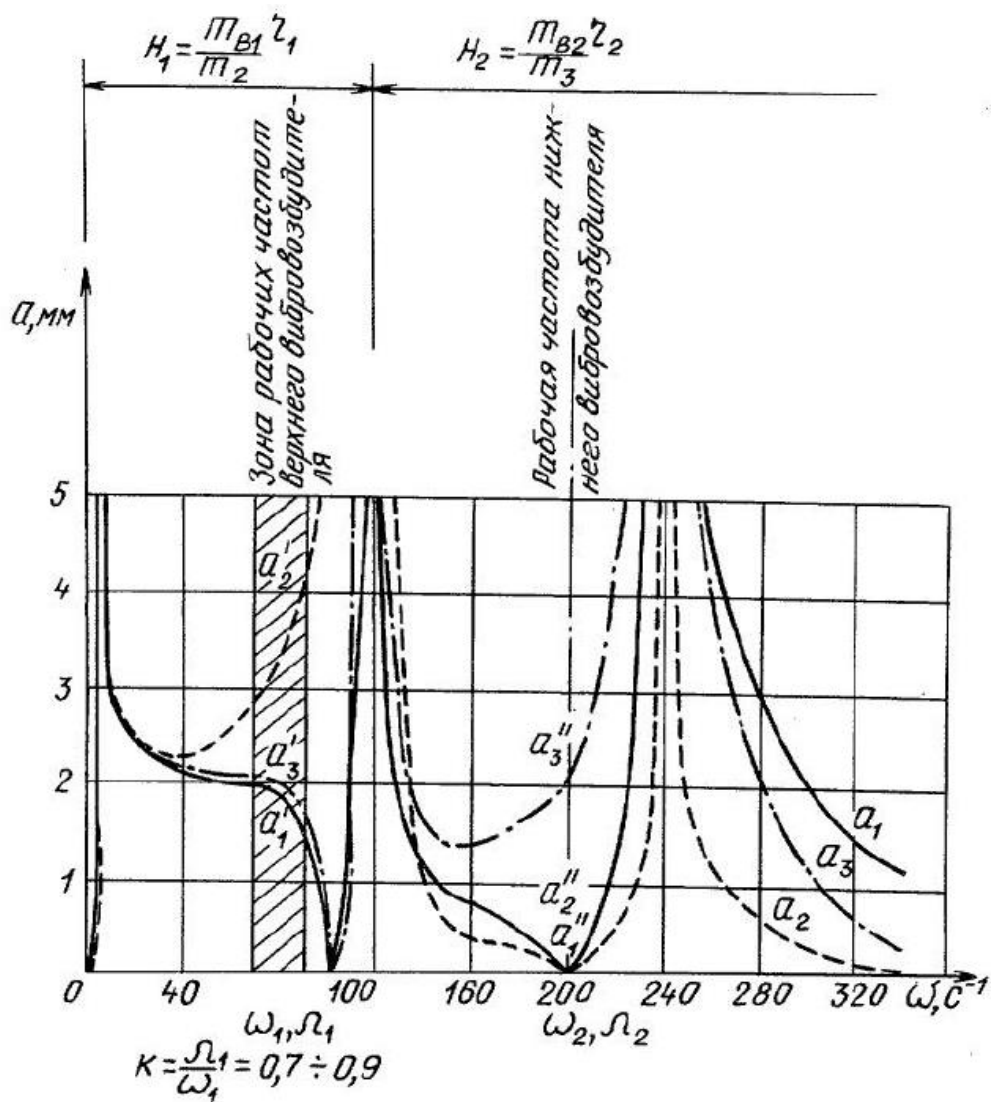


Рис 2.6 – До патенту [3]

Вібраційний грохот складається з короба, забезпеченого верхньою 2 і нижньою 3 ситовими рамками, на яких закріплені поверхні, що просівають, двох дебалансних збудників коливань 4 і 5, підшипники яких жорстко закріплені на боковинах короба 1. Ситові рамки 2 і 3 з'єднані коробом та 7 через цапфи 8. Короб 1 встановлюється на фундамент за допомогою віброізоляторів.

При роботі грохот у передача збудливих сил від віброзбудників, що обертаються з різною частотою 4 і 5 до ситових рамок 2 і 3 здійснюється через короб 1, цапфи і пружні елементи 6 і 7. Збудники коливань 4 і 5 розміщені на коробі відповідно вище верхньої і нижче нижньої ситових рамок 2 і 3 на перпендикулярах площині поверхні, що просіває відповідних ситових рамок 2 і 3, що проходять через

центри їх мас. Таке розташування віброзбудників 4 і 5 викликає галопування короба 1 і рамок ситів 2 і 3.

Жорсткість верхніх пружних елементів 6 вибирають такий, щоб власна частота коливань верхньої ситової рамки 2 щодо короба 1 була більша за частоту обертання верхнього віброзбудника 4 на 10 - 15%. Власна частота коливань верхньої ситової рамки 2 визначається із співвідношення

$$\Omega_1 = K \sqrt{\frac{C_1}{m_1}} \quad (2.1)$$

де K - коефіцієнт відбудови; C_1 - сумарна жорсткість пружних елементів; m_1 - маса верхньої ситової рамки 2.

Зміною жорсткості пружних елементів 6 проводиться відбудова власної частоти коливань верхньої рамки ситової 2 від частоти обертання верхнього віброзбудника 4 ω_1

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{C_1}{m_1}}; \quad K = 0,7 - 0,9 \quad (2.2)$$

Нижня ситова рамка 3 здійснює переносний рух спільно з коробом 1 з частотою ω_1 і амплітудою a_1 . Крім переносного руху на неї накладається відносний рух, створюване віброзбудником 5 з частотою ω_2 . Нижня ситова рамка 3 чином, щоб виконувалось співвідношення

$$\omega_2 = 2\omega_1 = \sqrt{\frac{C_2}{m_2}} \quad (2.3)$$

де C_2 - сумарна жорсткість пружних елементів 7; m_2 - маса нижньої ситової рамки 3.

Вібраційний грохот працює в такий спосіб.

Ситові рамки 2 і 3 здійснюють коливання у вертикальній площині по траєкторіях, що представляють собою еліпси, орієнтовані під різними кутами і вертикальною і горизонтальною осями, причому за рахунок галопування короба 1 і ситових рамок 2 і 3 в орієнтації еліпсів спостерігається закономірність, роботи грохоту. У завантажувальній частині верхньої ситової рамки 2 еліпс нахилений у бік руху матеріалу, тобто в цій зоні відбувається прискорений рух матеріалу, що

дозволяє швидше розподілити вихідний матеріал, що надходить, по всій довжині верхньої ситової рамки 2. У розвантажувальній частині верхньої ситової рамки 2 еліпс зорієнтований проти напрямку руху матеріалу, отже, в цій зоні буде уповільнений рух грохоченого матеріалу, який на даній ділянці ситової рамки 2 містить багато дрібних фракцій, що не просіялися, і його необхідно піддати вібраційному впливу якомога більший час. На нижній ситовій рамці 3 спостерігається інша орієнтація еліпсів: у завантажувальній частині еліпс нахилений проти напрямку руху матеріалу, який містить у цій зоні найбільшу кількість дрібних фракцій, що пройшли через отвори верхнього сита, а саме уповільнений рух матеріалу в цій зоні сприяє найбільш ефективному розсіву. У розвантажувальній частині нижньої ситової рамки 3 еліпс нахилений у бік руху матеріалу, тобто в цій зоні відбувається прискорений рух матеріалу, що дозволяє швидше видалити з робочої поверхні матеріал, що не містить дрібниці. У середній частині ситових рамок 2 і 3 еліпси спрямовані перпендикулярно до поверхні, що просіває, тобто в цій зоні відбувається найбільш інтенсивна класифікація грохоченого матеріалу.

При дотриманні зазначених співвідношень верхня ситова рамка 2 здійснює гармонічні коливання частотою ω_1 і амплітудою a_2 , а нижня ситова рамка 3 - бігармонічні коливання (в результаті підсумовування коливань частоти ω_2 амплітуди a_1 і коливань частоти ω_3 , амплітуди a_1). Гармонічні коливання верхньої ситової рамки 2 дозволяють ефективно розділяти крупносередні сорти сипучих матеріалів. Бігармонічний режим коливань нижньої ситової рамки 3 ефективний для класифікації дрібних важких матеріалів. Асиметрія інерційних впливів сприяє відриву налиплих і заклинили частинок від поверхні, що просіває навіть при високій вологості і липкості сипких матеріалів. Це сприяє очищенню поверхні, що просіває, покращує умови проходження частинок крізь осередки поверхні, що просіває, підвищує ефективність і продуктивність процесу грохочення. Ці показники покращує і орієнтація еліпсів за довжиною ситових рамок.

Метою винаходу [4] є підвищення якості відокремлення домішок від насіння круглонасінних культур за рахунок використання природної їх орієнтації на полотні сита.

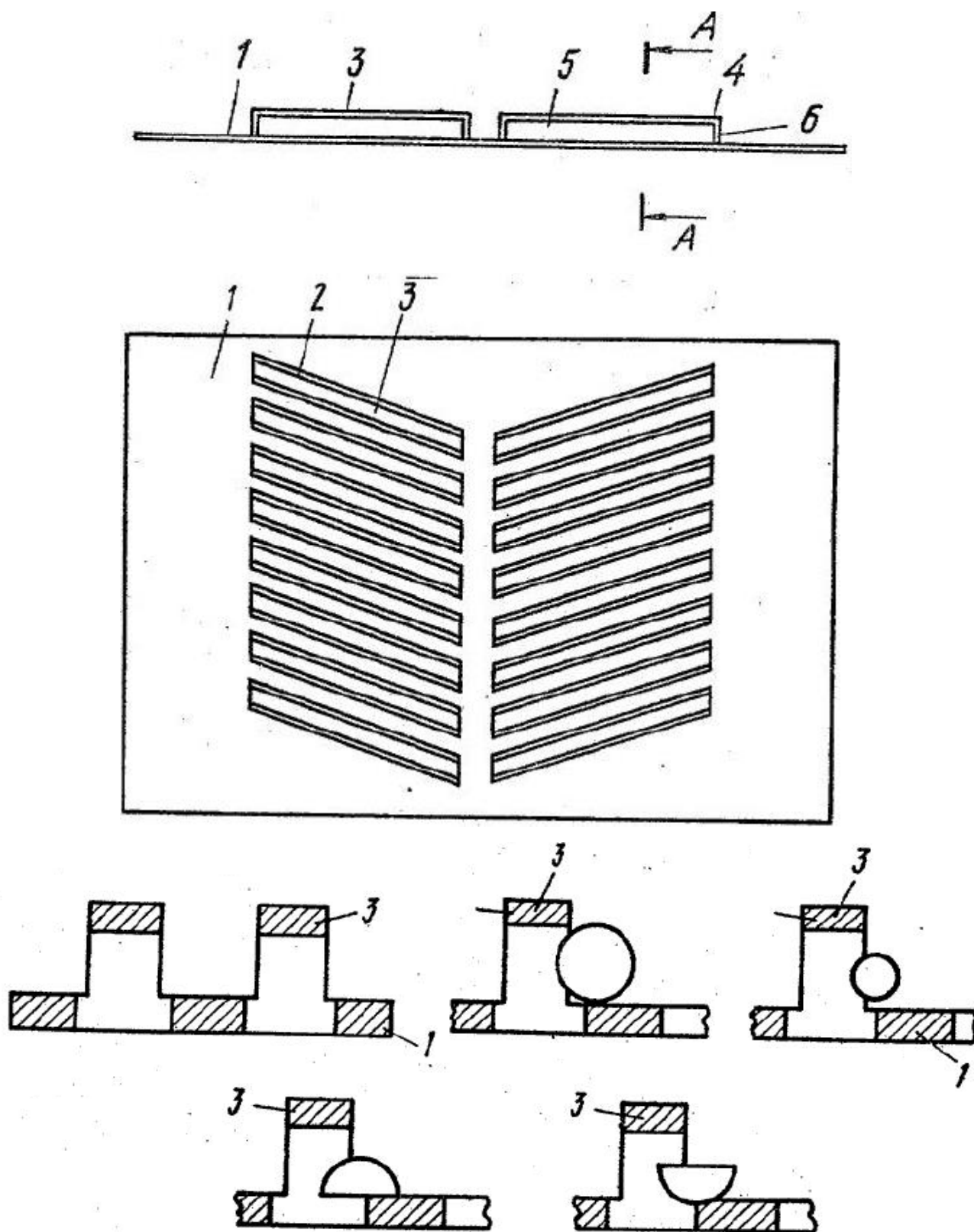


Рис 2.7 – До патенту [4]

Сито складається з полотна 1 з довгастими отворами 2, що просівають, розташованими рядами в "ялинку" під кутом до напрямку руху зернового потоку, над кожним отвором виконано П-подібне перекриття 3, верхня стінка 4 якого розташована з утворенням з площиною полотна вертикальних калібрувальних каналів 5, розташованих уздовж довгих сторін отворів 2 в площині, перпендикулярної до площини полотна 1, а бічні стінки 6 якого прикріплені до коротких сторін отвору, що просіває, при цьому ширина отвору, що просіває, виконана більше висоти калібрувального каналу, а ширина П-подібних перекриттів 3 може бути виконана менше ширин отворів 2, причому відстань між поздовжньою кромкою П-подібного перекриття 3 і поздовжньою кромкою отвору 2 менше товщини насіння, ширина отвору 2 повинна забезпечувати вільне проходження виділених домішок.

Сито працює в такий спосіб.

Суміш (сепарований матеріал) надходить на початок робочої поверхні полотна 1, утворюючи на поверхні шар товщиною в одну частинку. Рухаючись щодо полотна 1 домішка (бите зерно) під дією сили тяжкості отримує природну орієнтацію, при якій найменший розмір битого зерна знаходиться, як і калібрувальний канал 5, у вертикальній площині, завдяки чому при зустрічі з калібрувальним каналом бите зерно сепарується, також сепарується морозобійне зерно та інші домішки, що мають розміри менше висоти калібрувального каналу. Таким чином, домішки сепаруються через калібрувальні канали 5 і отвори 2 в полотні 1 і потрапляють у проходову фракцію, а насіння, рухаючись уздовж кромок П-подібних перекриттів 3, переміщуються по полотну і потрапляють у сходову фракцію.

Метою винаходу [5] є підвищення продуктивності сита та ефективності процесу грохочення великошматкового матеріалу за рахунок поліпшення умов проходження частинок матеріалу через отвори.

Поставлена мета досягається тим, що сито грохоту, що містить робочу поверхню з отворами та розташованими на одній із сторін поверхні конусоподібними виїмками, пов'язаними з отворами, має додаткові виїмки,

розташовані на іншій стороні робочої поверхні, причому вершини виїмок на різних сторонах робочої поверхні протилежно спрямовані.

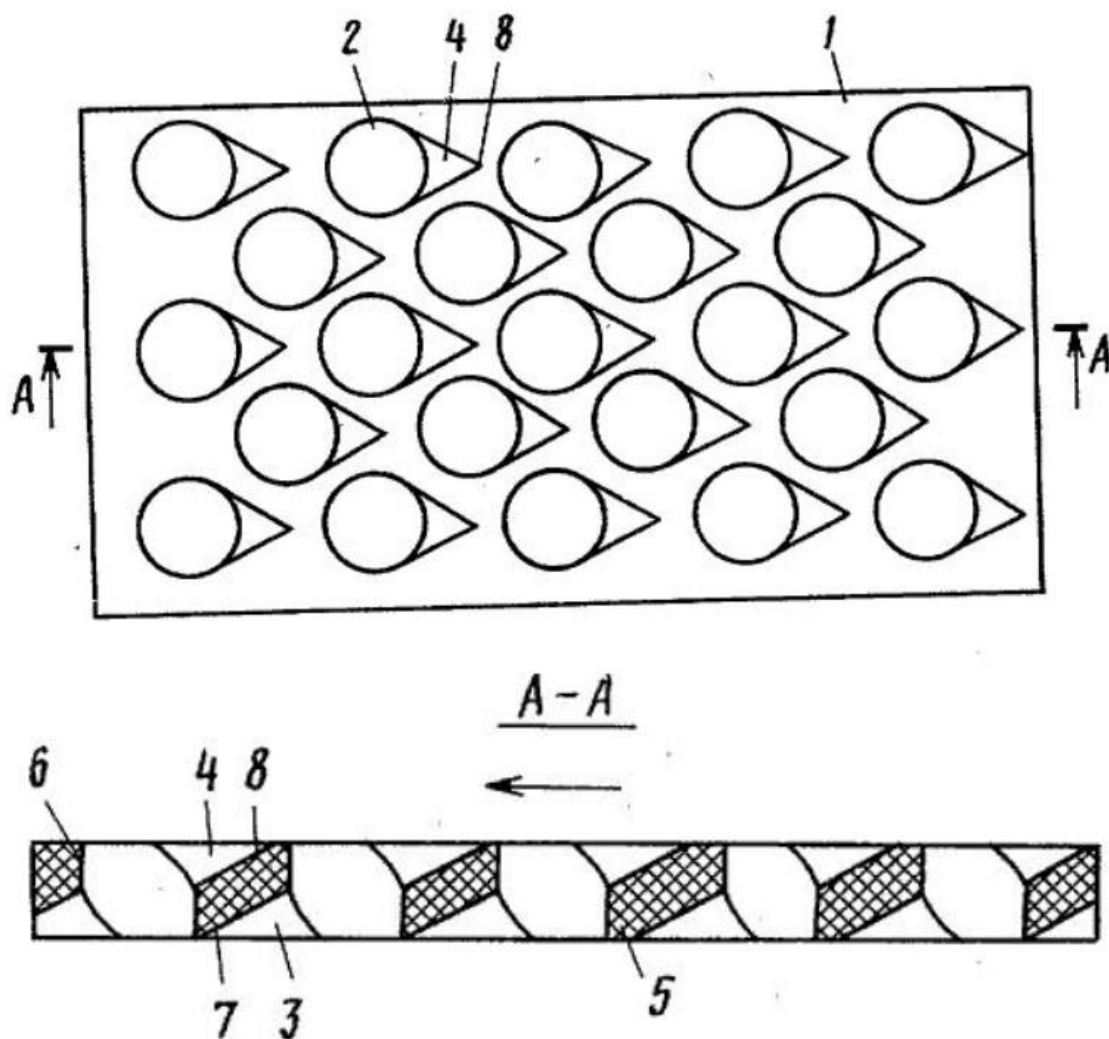


Рис 2.8 – До патенту [5]

Сито включає поверхню 1, що просіває, отвори 2 з конусоподібними виїмками 3 і 4, розташованими на нижній 5 і верхній 6 сторонах поверхні, що просіває. При цьому вершини 7 і 8 виїмок 3 і 4 протилежно спрямовані: виїмки 3 орієнтовані своїми вершинами 7 напрямку руху матеріалу, а виїмки 4 - своїми вершинами 8 проти руху. Сито працює в такий спосіб. Матеріал, що надходить на сито під впливом вібраційних коливань та внаслідок нахилу, переміщається, по ньому. При цьому виїмки 4 на верхній стороні 6 просіває поверхні 1 направляють частинки матеріалу в отвори, поліпшуючи умови їх проходження через отвори 2. На нижній стороні 5 поверхні, що просіває 1 конусоподібні виїмки 3 також сприяють

інтенсифікації проходження частинок матеріалу. Пропоноване виконання сита покращує умови проходження матеріалу через отвори, тим самим підвищуючи ефективність процесу грохочення великошматкового матеріалу та продуктивність

Мета винаходу [6] - підвищення ефективності просіювання.

Поставлена мета досягається тим, що отвори на поверхні просіваючого сита розташовані в шаховому порядку з довжиною в 2-2,5 рази більше їх ширини, орієнтовані довгою стороною паралельно поздовжнім ребрам, які плавно пов'язані з кромками отворів, виконані криволінійної форми з кривизною, що збільшується від завантажувального кінця сита до розвантажувального, і з максимальною висотою не більше 0,5 ширини отвору.

На робочій поверхні 1 сита виконані щілинні отвори 2, розташовані в шаховому порядку. Крім того, на робочій поверхні 1 виконані поздовжні криволінійні ребра 3, розташовані навпроти кожного отвору і плавно сполучаються з торцевими кромками 4 і 5 отворів, що лежать поруч. Кривизна поверхні ребра 3 ділянці К виконана радіусом R_1 , але в ділянці 1 - радіусом R_2 , у своїй $R_1 > R_2$. Максимальна висота H ребр 3 не перевищує половини ширини щілини отвору m тобто $H = 0,5 m$, а довжина, щілини n у 2-2,5 рази більша за її ширину, тобто $n = (2..2.5)m$.

Пристрій працює наступним чином.

При русі робочої поверхні 1 сита кускового матеріалу шматки кубічної форми менше або близькі до розміру ширини щілини отвору 2 легко просіваються в подрешетний продукт. Так званий "важкий клас" матеріалу, що має один з розмірів шматка, трохи більше ширини щілини отвору 2 наповзаючи на ребро 3 на ділянці До повернеться, потрапляючи безпосередньо в розташований отвір іншими гранями, меншими ширини щілини, і також просіється. При русі матеріалу щільним шаром деякі шматки його зможуть дійти по ребру 3 до ділянки 1, що має велику кривизну, яка дозволяє збільшити швидкість руху шматка і перевернутися навколо поперечної осі, потрапляючи іншими гранями безпосередньо в наступний отвір 2, і також просіється. Тобто, ефективність грохочення матеріалу підвищиться

за рахунок неодноразової переорієнтації сторін шматка по відношенню до поверхні, що просіває.

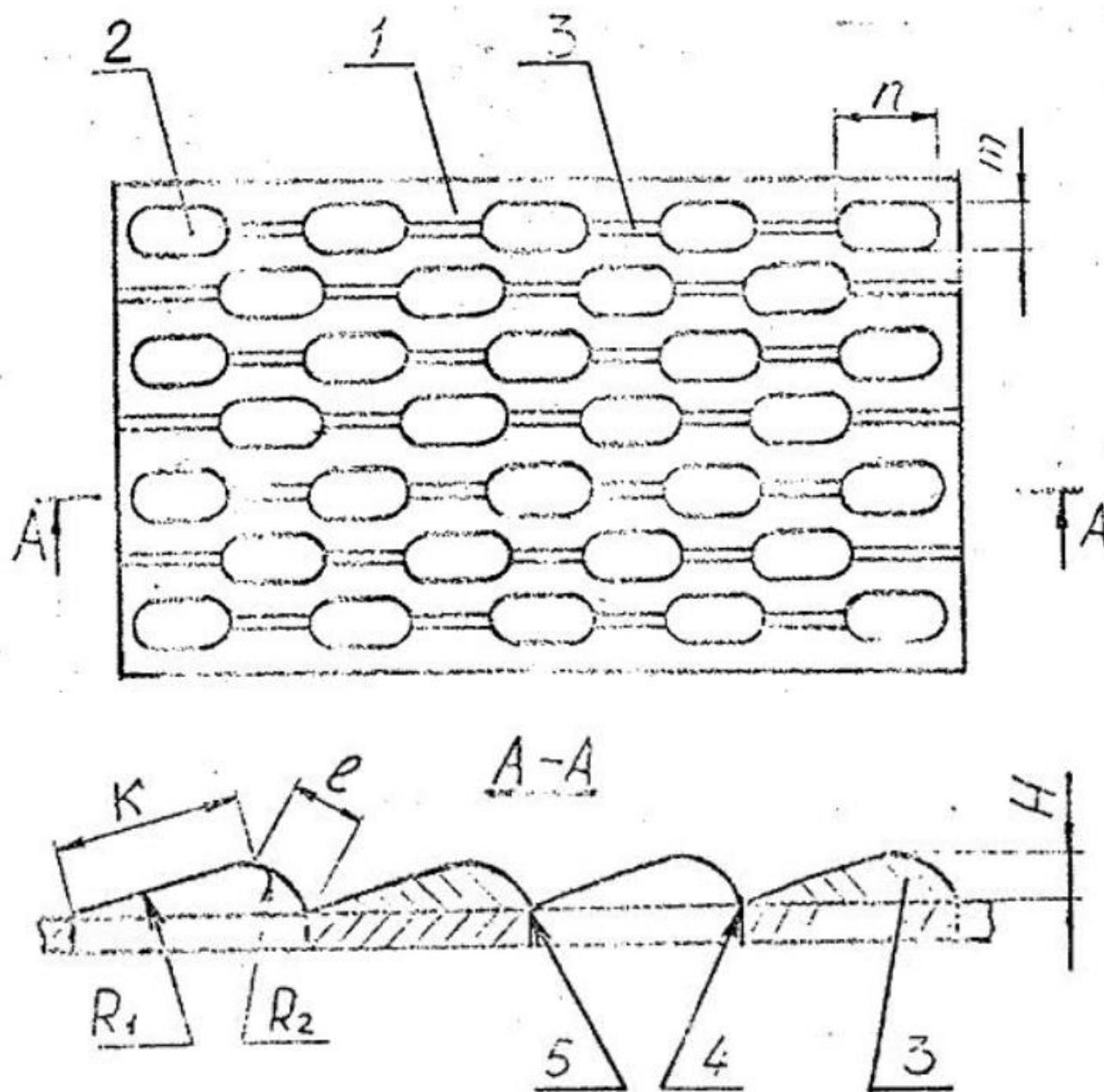


Рис 2.9 – До патенту [6]

Крім того, при русі шматка матеріалу по криволінійних поверхнях K і 1 зменшується поверхня контакту шматка з ребром 3 , отже, знизиться сила опору руху матеріалу по ситі.

При знаходженні в об'ємі сипучого матеріалу подовжених шматків, що відносяться за масою і розмірами до підгратного класу, запропонована конструкція

сита дозволить просіятися в продукти, що підграють, зазначені шматки. Перебуваючи довгими гранями на попередніх ребрах 3 під час руху вперед, довжина шматок потрапляє на наступне ребро 3 середньою частиною. Рухаючись далі по похилій ділянці До ребра 3 до верхньої точки, шматок почне перекидатися в праву або ліву сторону ймовірність попадання вузьких і довгих шматків в отвір 2 збільшується, що підвищує ефективність грохочення матеріалу.

Максимальна висота ребра 3 прийнята рівною не більше 0,5 ширини щілини 2 отвори з конструктивних міркувань і необхідністю орієнтування е отвір 2 потрібного класу матеріалу.

При русі шматка по ребру 3 до висоти, що дорівнює 0,5 ширини щілини або 0,5 товщини шматка, його центр ваги буде знаходитися на висоті, що дорівнює розміру шматка, що відгрохочується, а лінія, що з'єднує центр ваги з протилежною гранню отвору, буде нахилена 45° до робочої поверхні 1 сита. Такого нахилу достатньо, щоб шматок, розвернувшись іншою гранню, просіявся її отвір. При збільшенні висоти ребра 3 зміниться кут підйому ділянки До, що ускладнить рух матеріалу по ситу і сприятиме накопиченню його зоні ребра, забиваючи отвори. При меншій висоті ребра 3 не відбудеться перевертання шматка як в поздовжній, так і поперечної площині, оскільки центр тяжіння шматка не зможе перейти критичної точки, необхідної для розвороту.

Для кращого просіювання подовжених шматків матеріалу, розташованих при русі довгою стороною вздовж сита, довжина щілини 2 отвору виконана в 2-2,5 рази більше його ширини.

Відомо, що подовжені шматки мають товщину, меншу ніж клас матеріалу, що відгрукується, тобто. короткі шматки матимуть масу, меншу за масу кубічного матеріалу, а довгі шматки при довжині, в 2-2,5 рази більшої його товщини по масі вирівнюються. Такі шматки придатні для подрешетного продукту, які після відгрохочування потрапляють у кульовий млин, де відбувається їх доподрібнення за принципом зіткнення малих мас шматків матеріалу з великими масами куль. При збільшенні довжини отвору 2 більше, ніж у 2.5 рази збільшиться і маса шматків відгроблюваного матеріалу, який для підгратного продукту небажаний, так як це

позначиться на підвищенні енергоємності млина при подрібненні шматків підвищеної маси.

Крім того, у велику щілину просіюються шматки, середній розмір яких буде вищим за необхідний клас відсіву, що знизить якість продукту (наприклад, щебеню).

Отже, запропонована конструкція сита дозволяє підвищити ефективність грохочення матеріалу як кубічної форми, так і вузької подовженої форми прокручуванням їх відносно поздовжньої $>$ і поперечної осі при русі матеріалу по похилих ребрах, розташованим на робочій поверхні сита, збільшуючи ймовірність попадання подрешетного продукту в отвір сита.

А подовжена форма отвору довжиною в 2-2,5 рази більшої її ширини дозволяє також підвищити ефективність грохочення і відокремити в підгратний продукт матеріал, по масі придатний для доподрібнення 5 його в кульовому млині, не підвищуючи її енергоємності, що призводить до підвищення продуктивності технологічної лінії приготування рудних матеріалів і до підвищення якості матеріалу, що відсіюється.

Мета винаходу [7] полягає у підвищенні терміну служби сита та спрощенні монтажу.

На кресленні зображено пропоноване сито грохоту (де умовно поєднані варіант додаткових опорних кріплень штирями та варіант периферійних кріплень виступами на рамі).

Сито грохоту складається з рами 1 і поверхні, що просіває 2 з кромками Рама являє собою прямокутник зварений з куточків або конструкційної сталі іншого профілю. У рамі є додаткові проміжні опори 3 у вигляді пластин прямокутної форми, жорстко встановлених меншою гранню паралельно площині, що просіває поверхні під її перемичками, а товщина пластин не перевищує товщини перемичок. Пластини орієнтовані, переважно, за напрямом руху матеріалу, так як у цьому случаю забезпечується запобігання їх від зношування підгратової фракцією. На верхніх кромках пластин 3 закріплені додаткові, кріпильні елементи, виконані у вигляді круглих загострених штирів 4, висота яких не перевищує 0,8 товщини

еластичної поверхні, що просіває, крок між штирями кратний кроку між осередками і не перевищує 6-кратної товщини просіює поверхні, а поєднані з перетинами перемичок.

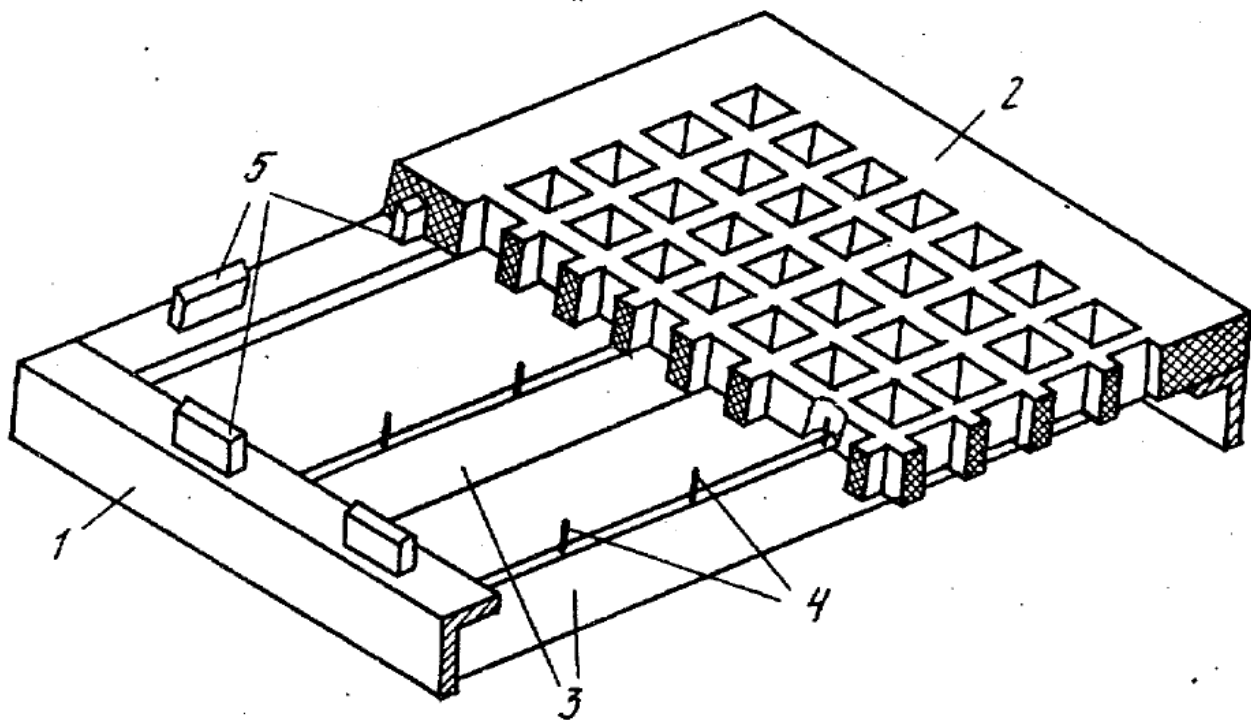


Рис 2.8 – До патенту [7]

Другий варіант стосується периферійного кріплення поверхні, що просіває 2 до контуру рами 1. До рами приварені кріпильні елементи, виконані у вигляді вертикальних чотирикутних пластин 5 з загостреними верхніми кромками. Ці пластини поєднані з ненаскрізними надрізами, виконаними в потовщеній кромці сита на його периметрі. Пластини-виступи можуть розташовуватися в порядку, що чергується, з отворами для болтових кріплень або з іншими кріпильними елементами.

Монтаж сита здійснюється шляхом накладання еластичної поверхні, що просіває на раму, поєднанням перетинів перемичок зі штирями і набивання дерев'яним молотком поверхні на штирі. За наявності інших видів периферійного кріплення (болтів) вони встановлюються останніми.

Сито працює в такий спосіб.

Матеріал, що підлягає грохоченню, подається на один кінець сита і під дією вібрацій переміщається по ситі протилежного його кінця.

При цьому частинки, розмір яких менше розміру осередків проходять під сито і таким чином відбувається поділ матеріалу на дві фракції.

Метою винаходу [8] є поліпшення якості грохочення за рахунок зниження ймовірності попадання на вирішений продукт частинок менше граничної крупності поділу.

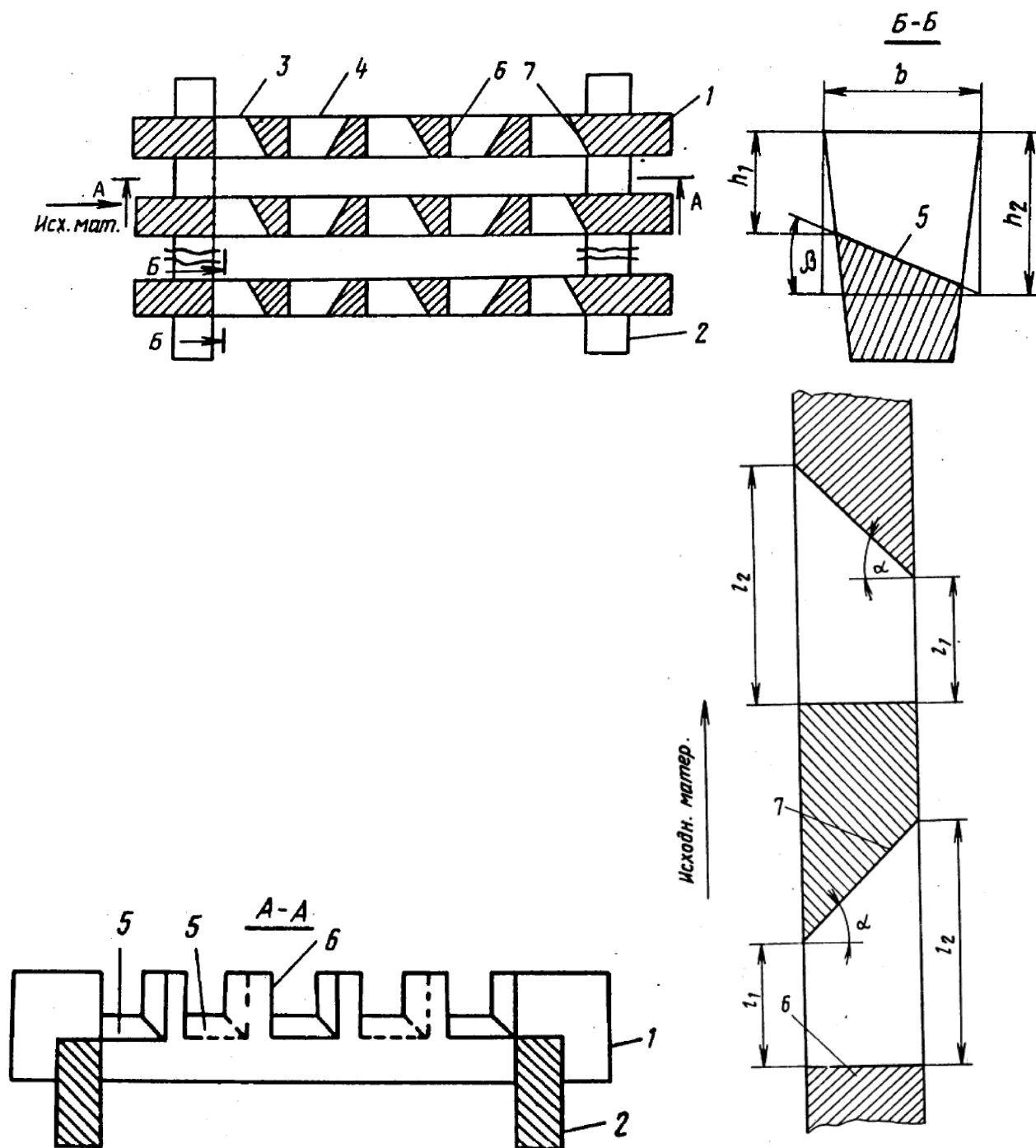


Рис 2.9 – До патенту [8]

Сито грохоту складається з поздовжніх колосників 1, закріплених на поперекових гребінках 2. На колосниках виконані поперечні пазів 3 і 4 з прямокутним поперечним перерізом і похилим днищем 5. Перша по ходу руху матеріалу бічна грань 6 пазів 3 та 4 розташована під прямим кутом, а друга грань 7 - під кутом α до грані 6.

Оскільки гранична крупність поділу d_p на поперечних щілинах $d_p = 0,5 d_{щ}$ (на поздовжніх щілинах $d_p = d_{щ}$), максимальна ширина пазів 3 і 4 $l_2 = 2 d_{щ}$ (де $d_{щ}$ - відстань між колосниками). Максимальна глибина h_1 пазів обрана таким чином, щоб потрапила в нього частка в максимальному його перерізі не була $\wedge$ гідравлічним опором 1 потоку, що рухається по колоснику, тобто $h_1 = d_p = d_{щ}$. Виходячи з необхідності своєчасного очищення пазів від матеріалу, що потрапив у нього, їх днище виконано з ухилом, що забезпечує мимовільний рух частинок під дією власної маси. Ухил днища повинен забезпечувати торкання вугільних частинок з коефіцієнтом тертя 0,418 що відповідає куту нахилу $\beta = 23^\circ$. Таким чином, кут нахилу днища паза 3 повинен бути не менше 23° .

Відповідно до значення кута нахилу β мінімальна глибина паза 3 дорівнює; $h_1 = h_2 - b \operatorname{tg} \beta$. При $h_2 = d_{щ}$; $h_1 = d_{щ} - b \operatorname{tg} \beta$, де b - ширина колосника.

Глибина паза забезпечує укряття в ньому частинок з розміром $d_p = h_1$, провал яких у даному перерізі паза 3 можливий при мінімальній ширині паза 3 $l_1 = 2d_p = 2(d_{щ} - b \operatorname{tg} \beta)$.

Виходячи з викладених умов кут нахилу другої бічної грані паза до першої грані дорівнює:

$$\operatorname{tg}(\alpha) = \frac{l_2 - l_1}{b} = \frac{2d_{щ} - 2(d_{щ} - b \cdot \operatorname{tg}(\beta))}{b} = 2 \cdot \operatorname{tg}(\beta) \quad (2.4)$$

Поперечні перерізи суміжних пазів 3 і 4 на колосниках збільшуються площею різні боки.

Сито грохоту працює в такий спосіб.

Початковий матеріал різного гранулометричного складу зі швидкістю 3-5 м/с надходить на сито грохоту. З імовірністю ε_0 (величина живого перерізу) дрібні

частинки гуркотливого матеріалу можуть потрапити на колосники сита або в щілини між ними.

Так як гуркотливий матеріал, наприклад, на гідрогуркоті знаходиться на ньому не більше 1-1,5 с, то частинки менше граничної крупності поділу, потрапивши на колосники 1, через велику поздовжню швидкість (яка стабілізує положення частинки щодо поздовжньої осі колосника 1 і не дає їй можливості зміщуватися в поперечному напрямку) рухаються тільки ним. Рухаючись колосником 1 частка менше граничної крупності поділу підходить до першого пазу 3 по лівій (по ходу руху матеріалу) стороні колосника і скочується в нього, якщо її діаметр $d < d_p$. Якщо ж розглянута частка підходить до пазу 3 з правого боку, то вона скочується в нього, якщо $d < d_p$.

У разі, коли з правого боку колосника 1 рухається частка менше крупності поділу, але з діаметром $d > d_p > d_{1p}$, то вона в даний паз не скочується, а рухається далі до наступного пазу, ширина якого по правій стороні цього ж колосника 1 є максимальною. Таким чином, виконання суміжних пазів 3 і 4 з розширенням перерізу в протилежні сторони сприяє обов'язковому попаданню що знаходяться на колоснику 1 частинок менше крупності поділу в пази і далі в підрешітний продукт.

Виконання пазів 3 і 4 усуває заклинення зерен та зменшує гідравлічний опір потоку при відриві зерен.

2.3. Математична модель коливань короба інерційного грохота

Розробимо математичні моделі коливань короба грохота на основі відомих результатів досліджень.

Як вказано у роботах [10, 11, 13-16, 18, 19, 20], сучасні конструкції грохотів мають або один або два вібратори, які можуть бути розташовані у центрі мас короба, тоді короб здійснюватиме колові коливання, або поза центром мас, тоді короб здійснюватиме еліптичні коливання, причому вісі таких еліпсів будуть мати різний нахил.

Отже, розробимо 2 математичні моделі для одного та двох вібраторів, що можуть бути розташовані поза центром мас короба.

Математична модель грохоту з одним віброзбудником.

Вихідні дані

- маса дебалансу m , кг;
- відхилення центру мас дебалансу ε , кг;
- маса коробу грохоту M , кг;
- кількість обертів валу дебалансу n , об/хв;
- момент інерції короба грохоту відносно головної центральної осі I , кг·м²;
- координати центру обертання дебалансу відносно центру мас грохоту x_d, y_d , м;

Розрахунок

Приведений момент інерції [14]

$$\rho = \frac{I}{M} \quad (2.5)$$

Кутова швидкість дебалансу, рад/с [14]

$$\omega = n \cdot \frac{\pi}{30} \quad (2.6)$$

Еквівалентна колова амплітуда коливань короба, м [14]

$$A = \frac{m \cdot \varepsilon}{M} \quad (2.7)$$

Відносні координати точок короба [14]

$$\xi = \frac{h \cdot x_d}{\rho}; \quad \eta = \frac{h \cdot y_d}{\rho} \quad (2.8)$$

Координати точок короба, м [14]

$$\begin{cases} \Delta x_p = -A \cdot (1 - \eta) \cdot \cos(\omega t); \\ \Delta y_p = -A \cdot (\sin(\omega t) + \xi \cdot \cos(\omega t)). \end{cases} \quad (2.9)$$

Побудуємо розроблену математичну модель за допомогою ПКА MathCAD. Причому спочатку побудуємо характерне поле коливань при співпадінні осі вібробудника и центру ваги короба, для визначення адекватності роботи моделі.

Вихідні дані

Кількість обертів дебалансу, об/хв	$n := 1000$	
Маса дебалансу, кг	$m := 10$	
Маса короба грохота, кг	$M := 1000$	
Ексцентриситет дебалансу м	$\varepsilon := 0.11$	
Момент інерції короба грохота відносно головної центральної осі, кг*м ²		$I := 33$
Координати поположення дебалансу відносно центру мас короба, м		
	$x_d := 0$	$y_d := 0$

Розрахунок

Приведений радіус інерції	$\rho := \frac{I}{M} = 0.033$	
Кутова швидкість дебалансу, рад/с	$\omega := n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 104.72$	
		+
$t := 0, 0.0001 \dots 0.0598$		

$$x(t, a, b) := -(m \cdot \varepsilon) \cdot \left[\left(\frac{1}{M} + \frac{b \cdot x_d}{I} \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{b \cdot y_d}{I} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + a$$

$$y(t, a, b) := -(m \cdot \varepsilon) \cdot \left[\left(\frac{-a \cdot x_d}{I} \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(\frac{1}{M} + \frac{a \cdot y_d}{I} \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + b$$

$$i := 0, 1 \dots 10 \quad b_i := -2 + 0.4 \cdot i$$

$$j := 0, 1 \dots 10 \quad a_j := -2 + 0.4 \cdot j$$

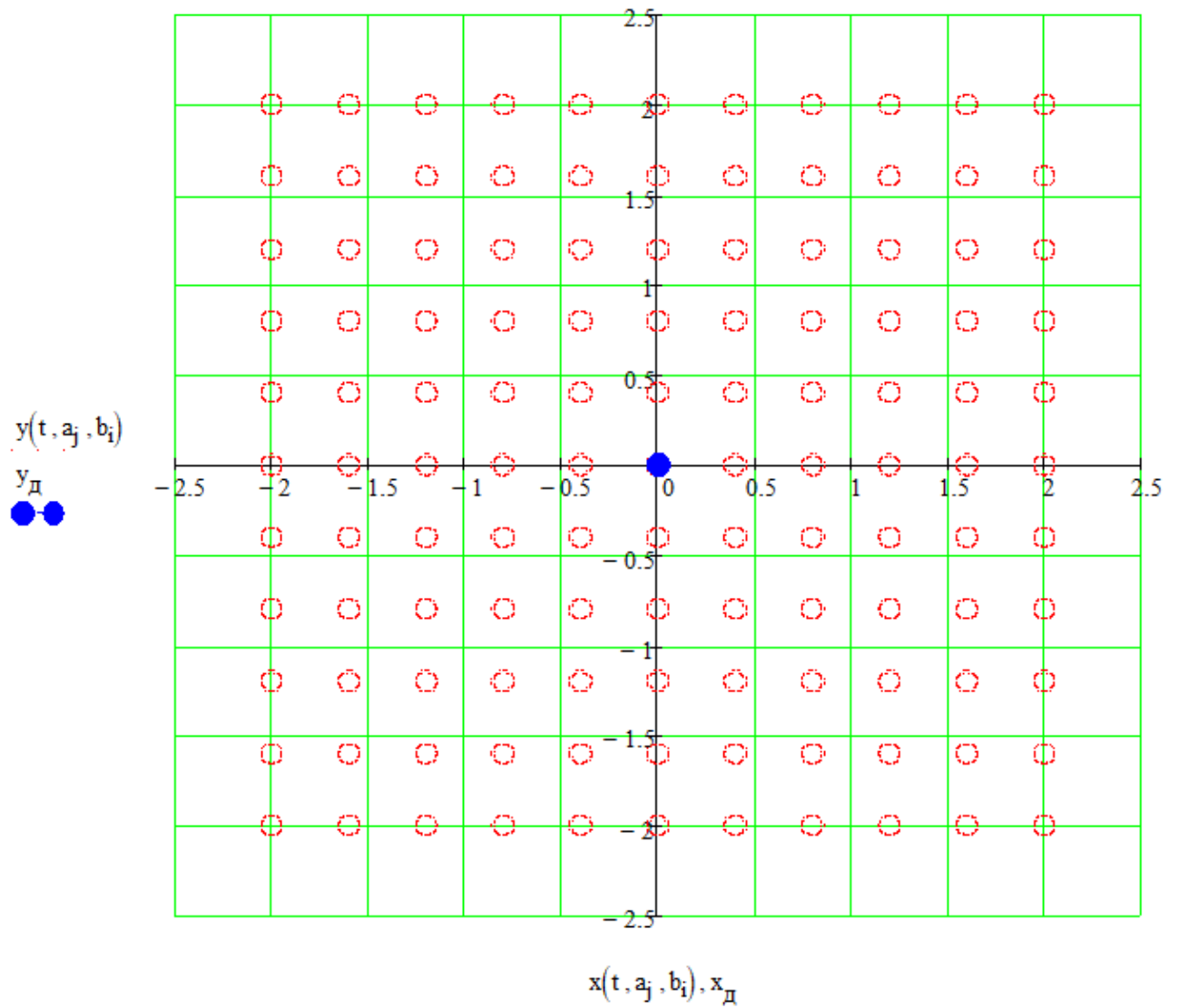


Рис 2.10 – Характерне поле коливань при співпадінні осі віброзбудника и центру ваги короба

Побудуємо поле коливань з довільним розташуванням вібратора відносно центру ваги короба грохота.

Вихідні дані

Кількість обертів дебалансу, об/хв	$n := 1000$	
Маса дебалансу, кг	$m := 10$	
Маса короба грохота, кг	$M := 1000$	
Ексцентриситет дебалансу м	$\varepsilon := 0.11$	
Момент інерції короба грохота відносно головної центральної осі, кг*м ²		$I := 33$
Координати положення дебалансу відносно центру мас короба, м		
	$x_d := -0.095$	$y_d := 0.025$

Розрахунок

Приведений радіус інерції	$\rho := \frac{I}{M} = 0.033$	
Кутова швидкість дебалансу, рад/с	$\omega := n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 104.72$	
$t := 0, 0.0001 \dots 0.0598$		
$x(t, a, b) := -(m \cdot \varepsilon) \cdot \left[\left(\frac{1}{M} + \frac{b \cdot x_d}{I} \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{b \cdot y_d}{I} \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + a$		
$y(t, a, b) := -(m \cdot \varepsilon) \cdot \left[\left(\frac{-a \cdot x_d}{I} \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(\frac{1}{M} + \frac{a \cdot y_d}{I} \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + b$		
$i := 0, 1 \dots 10 \quad b_i := -2 + 0.4 \cdot i$		
$j := 0, 1 \dots 10 \quad a_j := -2 + 0.4 \cdot j$		

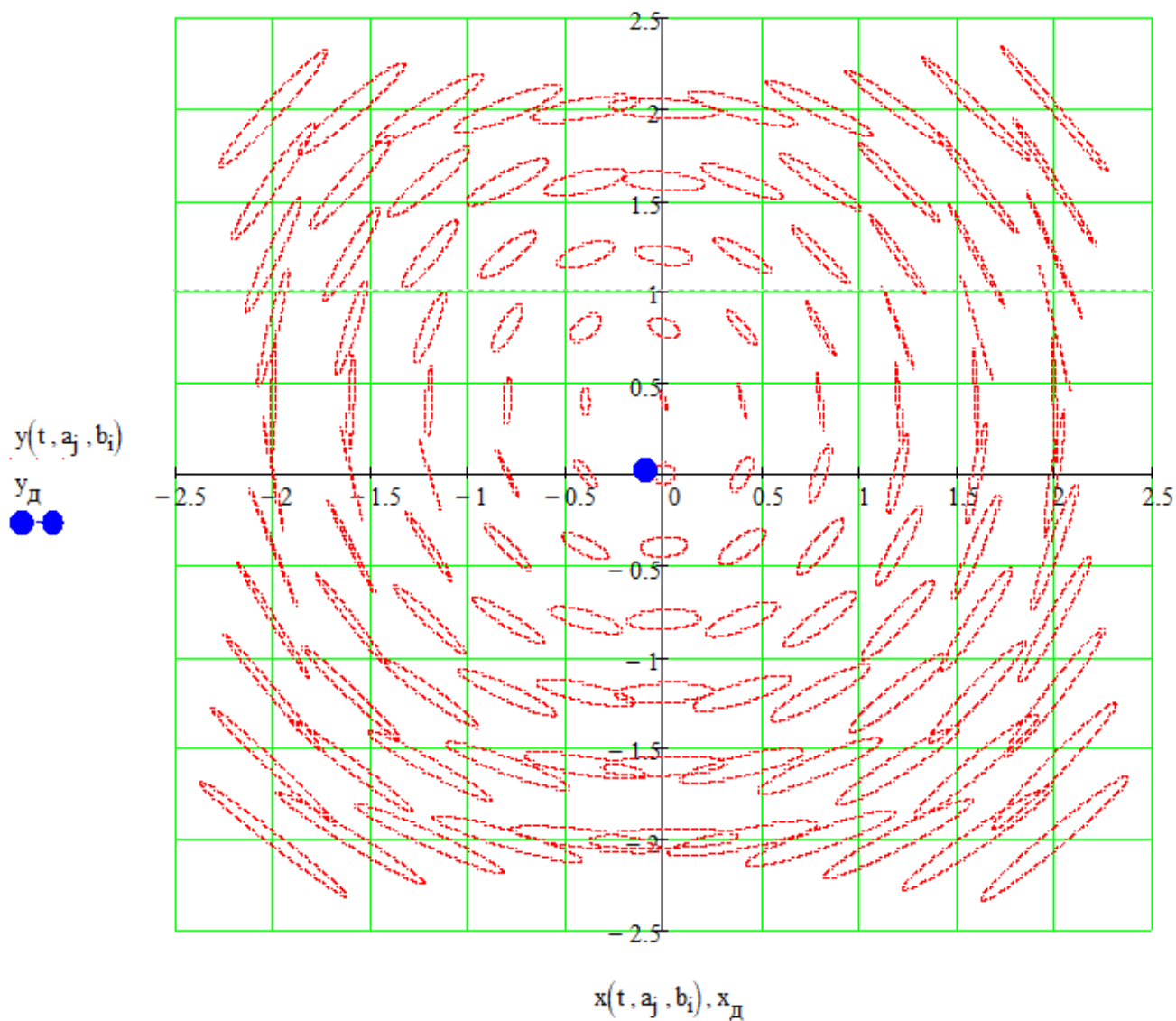


Рис 2.11 – Поле траєкторій коливань короба з довільним розташуванням вібробудником

Математична модель грохоту з двома вібробудниками.

Вихідні дані

- маса дебалансів m_1, m_2 , кг;
- відхилення центру мас дебалансу $\varepsilon_1, \varepsilon_2$, кг;
- маса короба грохоту M , кг;
- кількість обертів валу дебалансів n , об/хв;
- момент інерції короба грохоту відносно головної центральної осі I , $\text{кг} \cdot \text{м}^2$;

- координати центру обертання дебалансів відносно центру мас грохоту $x_{1д}, y_{1д}, x_{2д}, y_{2д}$, м;
- напрям обертання дебалансу $\sigma_1 \pm 1, \sigma_2 \pm 1$;
- фази взаємної установки дебалансів α_1, α_2 .

Розрахунок

Приведений момент інерції [16, 21]

$$\rho = \frac{I}{M} \quad (2.10)$$

Кутова швидкість дебалансу, рад/с [16, 21]

$$\omega = n \cdot \frac{\pi}{30} \quad (2.11)$$

Еквівалентна колова амплітуда коливань короба від кожного дебалансу, м [16, 21]

$$A_1 = \frac{m_1 \cdot \varepsilon_1}{M}; \quad A_2 = \frac{m_2 \cdot \varepsilon_2}{M} \quad (2.12)$$

Відносні координати точок короба [16, 21]

$$\xi = \frac{h \cdot x_{\partial}}{\rho}; \quad \eta = \frac{h \cdot y_{\partial}}{\rho} \quad (2.13)$$

Коефіцієнти пропорційності [16, 21]

$$\begin{aligned} c_1 &= A_1 \cdot \sin(\alpha_1) + A_2 \cdot \sin(\alpha_2); \\ c_2 &= A_1 \cdot (\sigma_1 \cdot x_{1\partial} \cdot \cos(\alpha_1) + y_{1\partial} \cdot \sin(\alpha_1)) + A_2 \cdot (\sigma_2 \cdot x_{2\partial} \cdot \cos(\alpha_2) + y_{2\partial} \cdot \sin(\alpha_2)); \\ c_3 &= -A_1 \cdot \cos(\alpha_1) - A_2 \cdot \cos(\alpha_2); \\ c_4 &= A_1 \cdot (\sigma_1 \cdot x_{1\partial} \cdot \sin(\alpha_1) - y_{1\partial} \cdot \cos(\alpha_1)) + A_2 \cdot (\sigma_2 \cdot x_{2\partial} \cdot \sin(\alpha_2) - y_{2\partial} \cdot \cos(\alpha_2)); \\ c_5 &= -\sigma_1 \cdot A_1 \cdot \cos(\alpha_1) - \sigma_2 \cdot A_2 \cdot \cos(\alpha_2); \\ c_6 &= -\sigma_1 \cdot A_1 \cdot \sin(\alpha_1) - \sigma_2 \cdot A_2 \cdot \sin(\alpha_2); \end{aligned} \quad (2.14)$$

$$\begin{aligned} K_{11} &= c_1 + \frac{v}{\rho} \cdot c_2; \\ K_{12} &= c_3 + \frac{v}{\rho} \cdot c_4; \\ K_{21} &= c_5 - \frac{u}{\rho} \cdot c_2; \\ K_{22} &= c_6 - \frac{u}{\rho} \cdot c_4; \end{aligned} \quad (2.15)$$

Координати точок короба, м [16, 21]

$$\begin{cases} \Delta x_p = K_{11} \cdot \sin(\omega t) + K_{12} \cdot \cos(\omega t); \\ \Delta y_p = K_{21} \cdot \sin(\omega t) + K_{22} \cdot \cos(\omega t). \end{cases} \quad (2.16)$$

Для визначення адекватності моделі побудуємо поле коливань самобалансного грохоту.

Вихідні дані

Кількість обертів дебалансу, об/хв

$$n := 1000$$

Маса дебалансу, кг

$$m1 := 11$$

$$m2 := 11$$

Ексцентриситет дебалансу м

$$\epsilon1 := 0.2$$

$$\epsilon2 := 0.2$$

Напрямок обертання

$$\sigma1 := 1$$

$$\sigma2 := -1$$

Фази установки вибробудників

$$\alpha1 := 0$$

$$\alpha2 := 0$$

Координати положення дебалансів відносно центру мас короба, м

$$x_{1д} := 0$$

$$y_{1д} := 0.3$$

$$x_{2д} := 0$$

$$y_{2д} := -0.3$$

Розрахунок

Кутова швидкість дебалансу, рад/с

$$\omega := n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 104.72$$

Амплітуда коливань, мм

$$A1 := \frac{m1 \cdot \epsilon1}{M} = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$A2 := \frac{m2 \cdot \epsilon2}{M} = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$c1 := A1 \cdot \sin(\alpha1) + A2 \cdot \sin(\alpha2)$$

$$c2 := A1 \cdot [\sigma1 \cdot (x_{1д} \cdot \cos(\alpha1) + y_{1д} \cdot \sin(\alpha1))] + A2 \cdot [\sigma2 \cdot (x_{2д} \cdot \cos(\alpha2) + y_{2д} \cdot \sin(\alpha2))]$$

$$c3 := -A1 \cdot \cos(\alpha1) - A2 \cdot \cos(\alpha2)$$

$$c4 := A1 \cdot [\sigma1 \cdot (x_{1д} \cdot \cos(\alpha1) + y_{1д} \cdot \sin(\alpha1))] + A2 \cdot [\sigma2 \cdot (x_{2д} \cdot \cos(\alpha2) + y_{2д} \cdot \sin(\alpha2))]$$

$$c5 := -\sigma1 \cdot A1 \cdot \cos(\alpha1) - \sigma2 \cdot A2 \cdot \cos(\alpha2)$$

$$c6 := -\sigma1 \cdot A1 \cdot \sin(\alpha1) - \sigma2 \cdot A2 \cdot \sin(\alpha2)$$

$$xx(t, a, b) := \left[\left(c3 + \frac{M \cdot b}{10 \cdot I} \cdot c4 \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(c1 + \frac{M \cdot b}{10 \cdot I} \cdot c2 \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + a$$

$$yy(t, a, b) := \left[\left(c6 - \frac{M \cdot a}{10 \cdot I} \cdot c4 \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(c5 - \frac{M \cdot a}{10 \cdot I} \cdot c2 \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + b$$

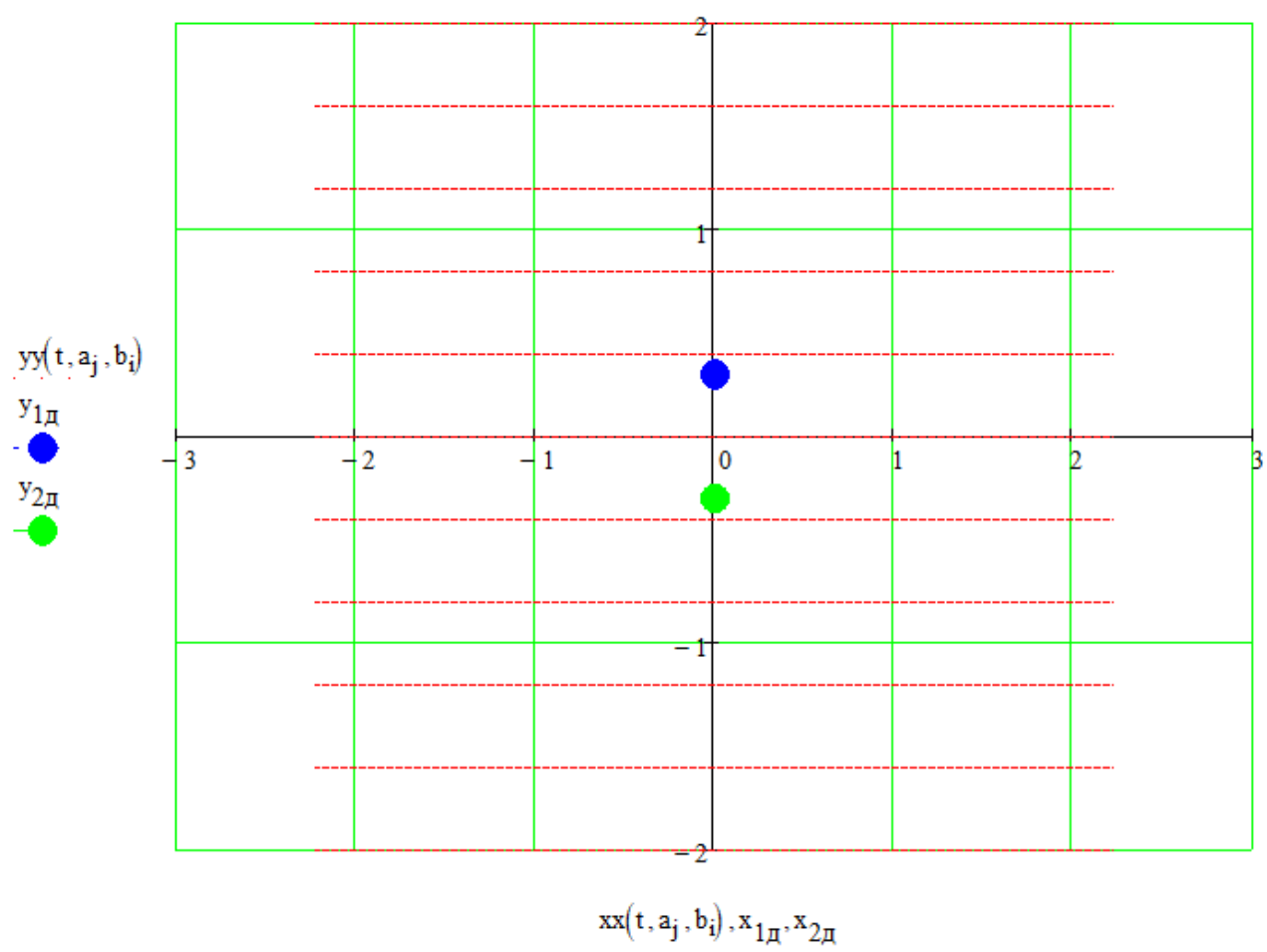


Рис 2.12 –Поле коливань самобалансного грохота

Оскільки поле коливань являє собою прямі лінії, то розроблена математична модель є адекватною. Додатково побудуємо поле коливань довільного розташування вібраторів.

Вихідні дані

Кількість обертів дебалансу, об/хв	$n := 1000$	
Маса дебалансу, кг	$m1 := 11$	$m2 := 11$
Ексцентриситет дебалансу, м	$\epsilon1 := 0.2$	$\epsilon2 := 0.2$
Напрямок обертання	$\sigma1 := 1$	$\sigma2 := -1$
Фази установки вибробудників	$\alpha1 := \frac{\pi}{6}$	$\alpha2 := 0$
Координати положення дебалансів відносно центру мас короба, м		
	$x1д := -0.2$	$y1д := 0.3$
	$x2д := 0.255$	$y2д := -0.045$

Розрахунок

Кутова швидкість дебалансу, рад/с

$$\omega := n \cdot \frac{2 \cdot \pi}{60} = 104.72$$

Амплітуда коливань, мм

$$A1 := \frac{m1 \cdot \varepsilon1}{M} = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$A2 := \frac{m2 \cdot \varepsilon2}{M} = 2.2 \times 10^{-3}$$

$$c1 := A1 \cdot \sin(\alpha1) + A2 \cdot \sin(\alpha2)$$

$$c2 := A1 \cdot [\sigma1 \cdot (x_{1д} \cdot \cos(\alpha1) + y_{1д} \cdot \sin(\alpha1))] + A2 \cdot [\sigma2 \cdot (x_{2д} \cdot \cos(\alpha2) + y_{2д} \cdot \sin(\alpha2))]$$

$$c3 := -A1 \cdot \cos(\alpha1) - A2 \cdot \cos(\alpha2)$$

$$c4 := A1 \cdot [\sigma1 \cdot (x_{1д} \cdot \cos(\alpha1) + y_{1д} \cdot \sin(\alpha1))] + A2 \cdot [\sigma2 \cdot (x_{2д} \cdot \cos(\alpha2) + y_{2д} \cdot \sin(\alpha2))]$$

$$c5 := -\sigma1 \cdot A1 \cdot \cos(\alpha1) - \sigma2 \cdot A2 \cdot \cos(\alpha2)$$

$$c6 := -\sigma1 \cdot A1 \cdot \sin(\alpha1) - \sigma2 \cdot A2 \cdot \sin(\alpha2)$$

$$xx(t, a, b) := \left[\left(c3 + \frac{M \cdot b}{10 \cdot I} \cdot c4 \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(c1 + \frac{M \cdot b}{10 \cdot I} \cdot c2 \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + a$$

$$yy(t, a, b) := \left[\left(c6 - \frac{M \cdot a}{10 \cdot I} \cdot c4 \right) \cdot \cos(\omega \cdot t) + \left(c5 - \frac{M \cdot a}{10 \cdot I} \cdot c2 \right) \cdot \sin(\omega \cdot t) \right] \cdot 50 + b$$

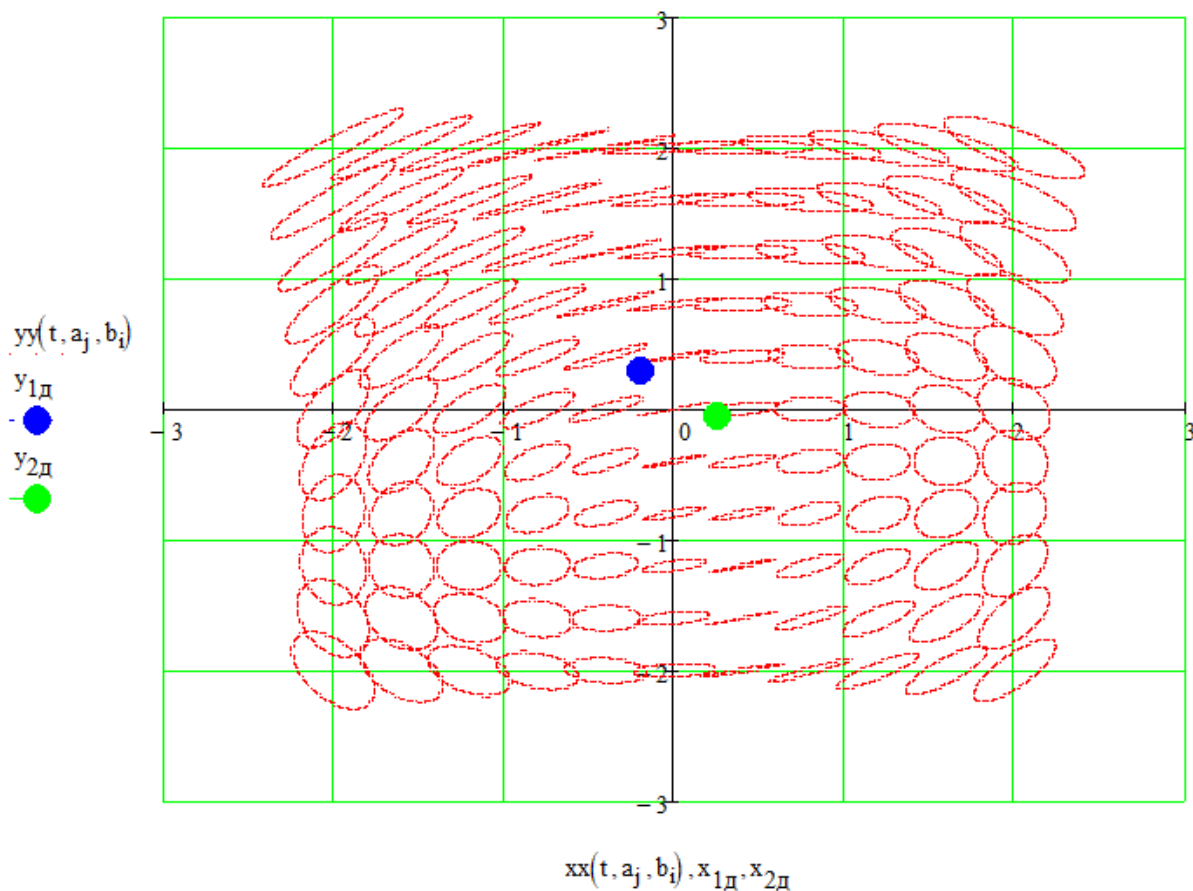


Рис 2.13 – Поле коливань при довільному розташуванні вібраторів

2.4. Комп'ютерне моделювання розсіву матеріалу на грохоті з різними ситами

Метою комп'ютерного моделювання є порівняння ефективності просіювання матеріалу запропонованими у патентах [2, 5] ситами.

Для досягнення поставленої мети дослідження побудовано 3 розрахункові моделі короба грохоту, що відрізняються тільки формою отворів на ситі.

Геометричні розміри грохота в усіх дослідах однакові, також однаковий витрати та гранулометричний склад просіваного матеріалу.

Побудова розрахункової моделі CAE Rocky.

Для моделювання приймаємо такі сталі параметри:

- розмір максимального шматка породи - 100 мм.
- мінімальний розмір шматків руди 30 мм;
- розмір отворів сита 40 мм;
- частота коливань 17 Гц;
- амплітуда коливань 5 мм;
- час розсіювання 5 с;
- маса завантажуваної породи 55,55 кг.
- характеристики грохоченого матеріалу:
 - коефіцієнт Пуассона 0,3;
 - щільність, 1600 кг/м³;
 - модуль Юнга, $1 \cdot 10^8$ Па;
- характеристики матеріалу короба грохота:
 - коефіцієнт Пуассона 0,3;
 - щільність, 7830 кг/м³;
 - модуль Юнга, $1 \cdot 10^{11}$ Па.

Таким чином, під час порівняльного експерименту визначається ефективність грохочення 55,55 кг породи протягом 5 с для усіх 3-х варіантів сит.

Короби грохотів з різними сітками побудовані у САПР SolidWorks (рис 2.4) та експортовані Rocky DEM. Слід зазначити, що розмір комірок в усіх ситах розрахований для пропуску частинок розміром 40 мм.

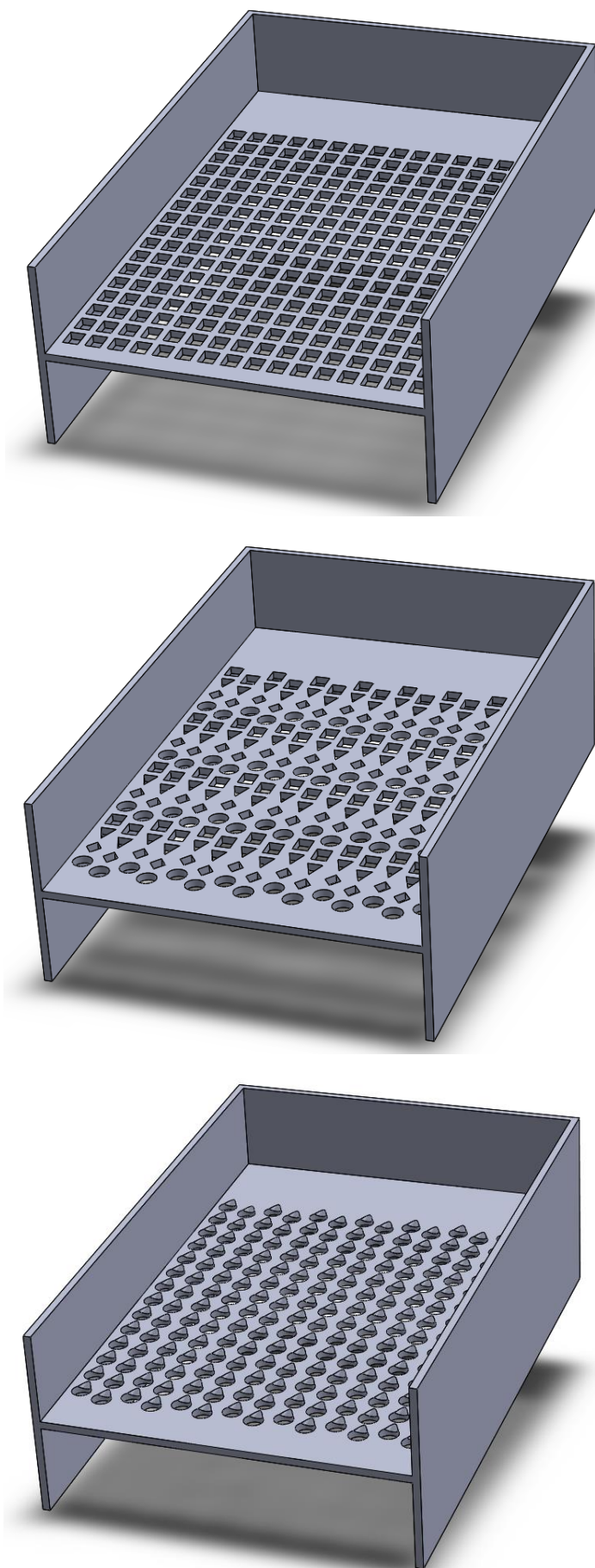


Рис 2.14 – Три види сит, що порівнюються

Послідовність створення нового проекту у Rocky DEM

Для кожного короба створюється новий проект.

1. У розділі Physics встановлюються загальні константи такі, як прискорення вільного падіння та ін. За проектом моделювання роботи млина ніяких змін у цьому розділі не робимо.
2. У розділі Modules визначається параметри збирання статистичних даних про зіткнення тіл у моделі.

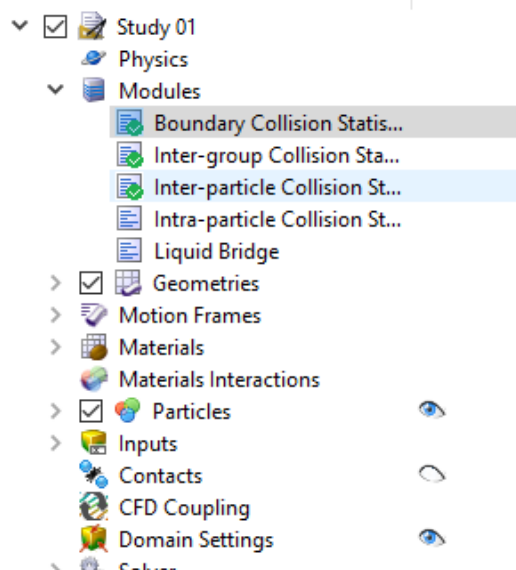


Рис 2.15 - Розділ Modules

Встановлюємо відмітки про збирання даних про зіткнення часток з границями, зіткнення груп часток і зіткнення часток між собою

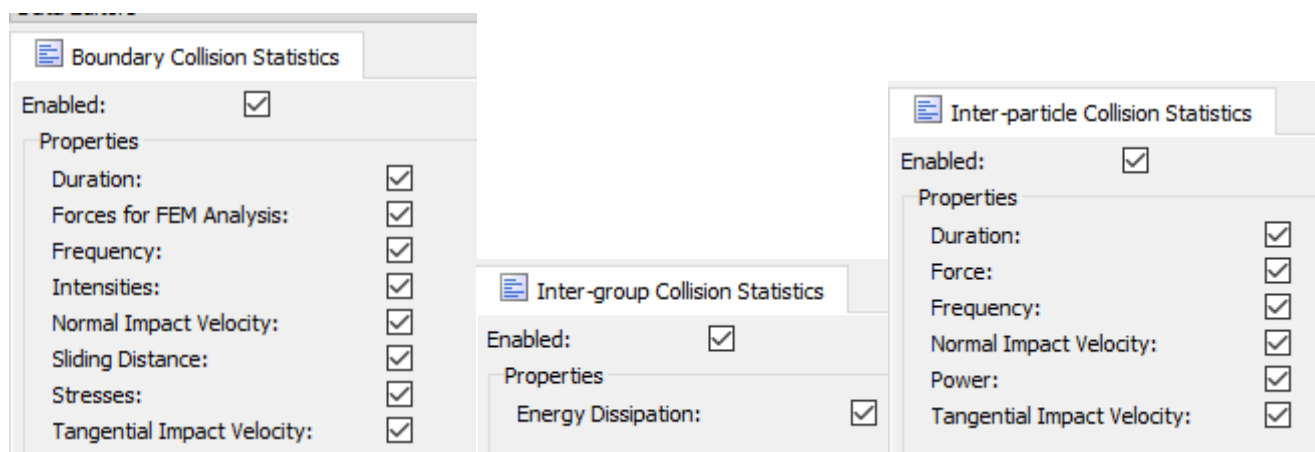


Рис 2.16 - Розділ Modules

3. Розділ Geometries визначає геометрію моделі. Тут завантажується модель грохотів. Модель будується у SolidWorks та зберігається у форматі STL.

4. У розділі Motion Frames задаються параметри коливання коробу грохота.

Встановлюється:

- Motions – Type (тип руху) – Periodic Translation (Vibration) (періодичні рухи (вібрація) обертання);

- Direction (напрямок) Y Z;

- Initial Frequency (початкова частота) 17 Гц

- Initial Amplitude (початкова амплітуда) 5 мм

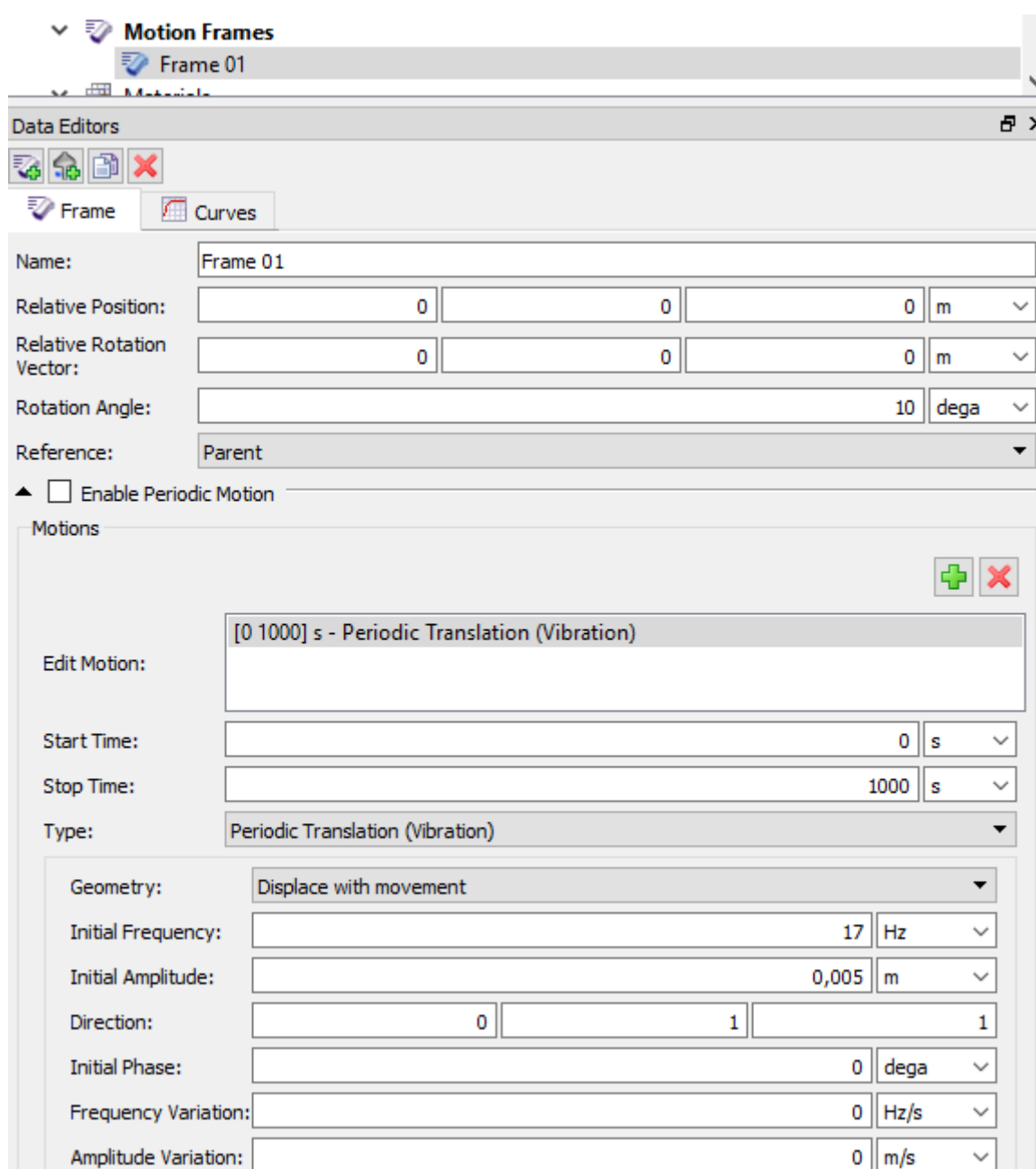


Рис 2.17 - Розділ Motion Frames

5. У розділі Materials визначаються матеріали тіл, що будуть використовуватися у моделі. У моделі будуть використовуватися 2 матеріали – сталь для короба грохота та порода.

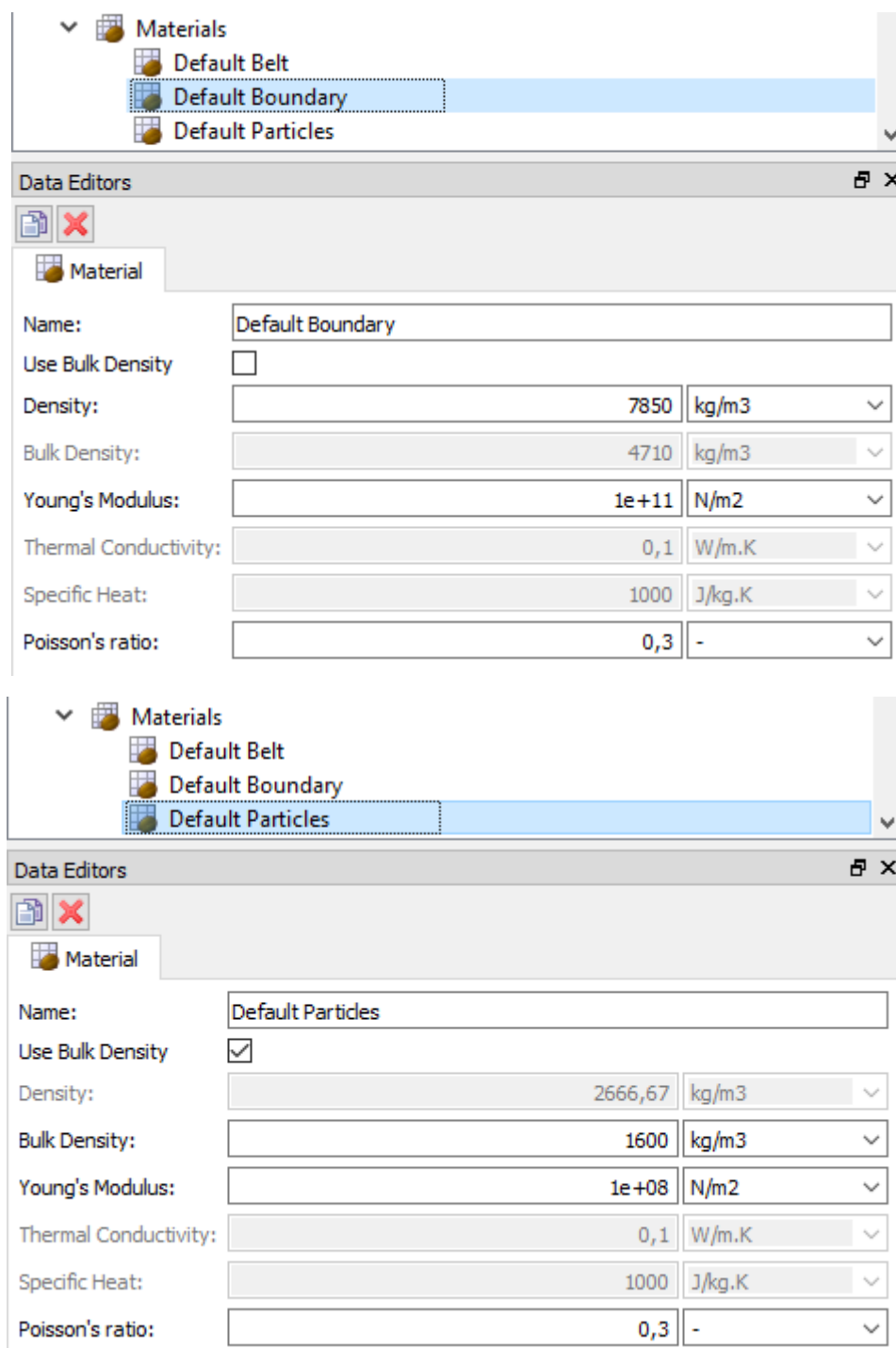


Рис 2.18 - Розділ Materials

6. У розділі Particles задаються частинки, які будуть використовуватися у моделі. Частинки породи, форма – polyhedron з розмірами від 100 мм до 30 мм. Це робиться спеціально, що б змодельовати важко просіваний матеріал. Отже 40% маси матеріалу складають частинки 30 мм, які

гарантовано повинні пройти у підрешітний продукт, 50% складають частинки 40 мм, які є складними для просівання, оскільки мають дуже близький до отворів розмір і частинки 100 мм складають 10%. Отже просіятися в ідеалі повинно 90% маси матеріалу.

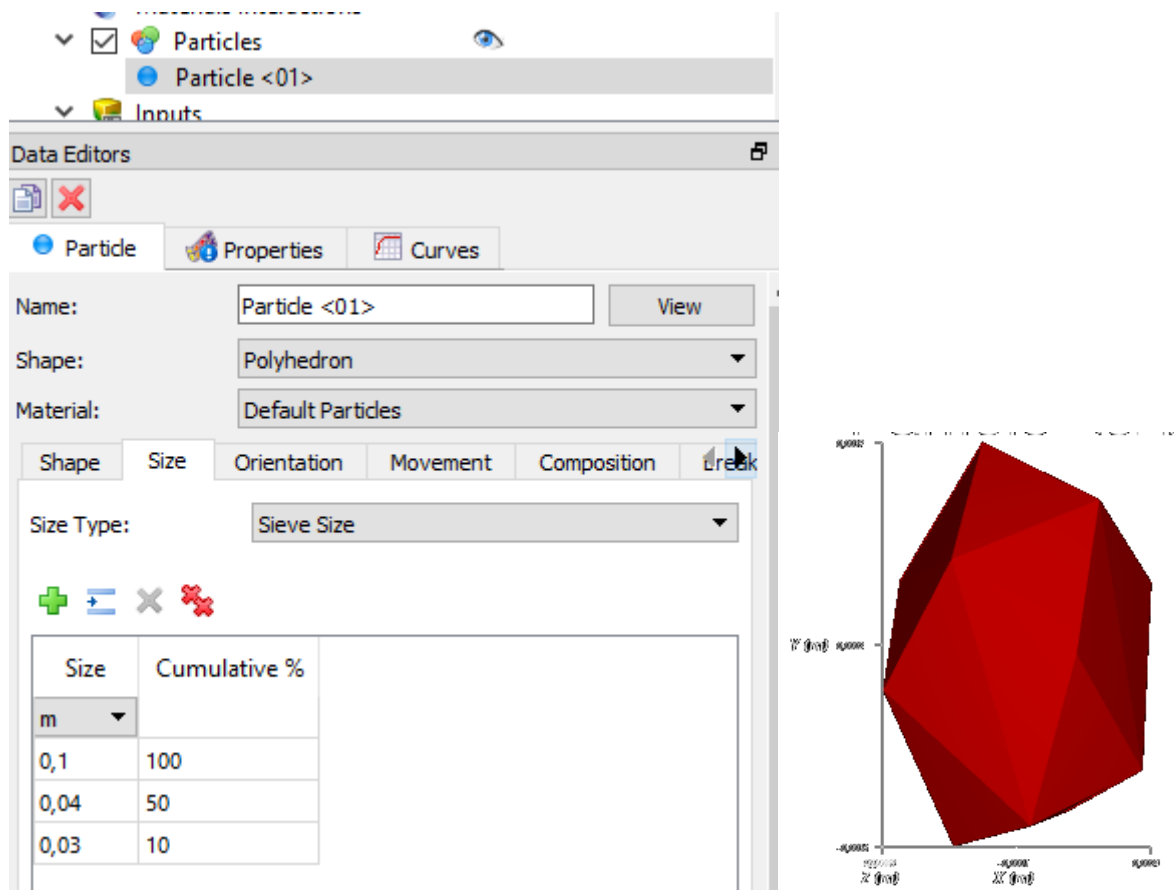
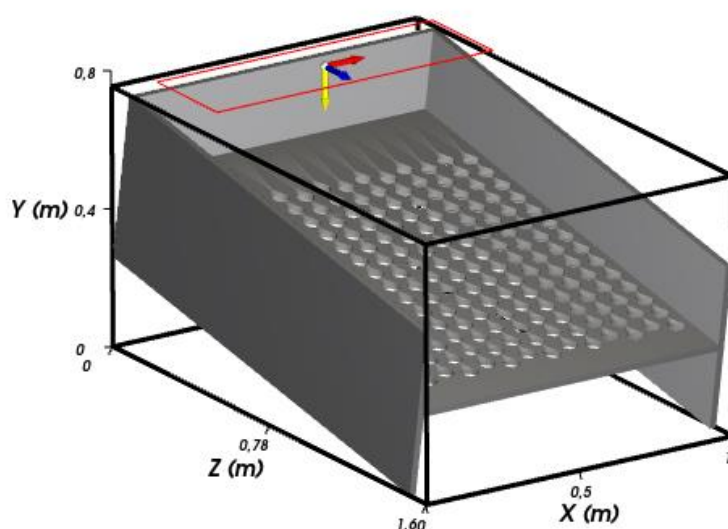


Рис 2.19 – Розділ Particles. Порода

- У розділ Inputs визначаємо скільки і якого матеріалу буде завантажено на грохот



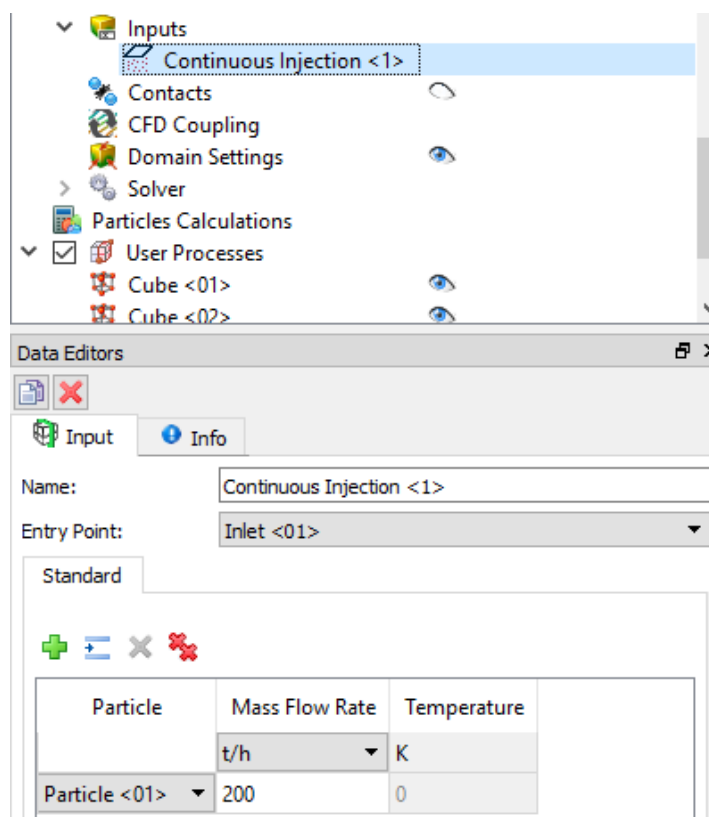


Рис 2.20 – Розділ Inputs

8. У розділі Solver визначаємо час розрахунку 5 с., та кількість кадрів за секунду – 33.3.

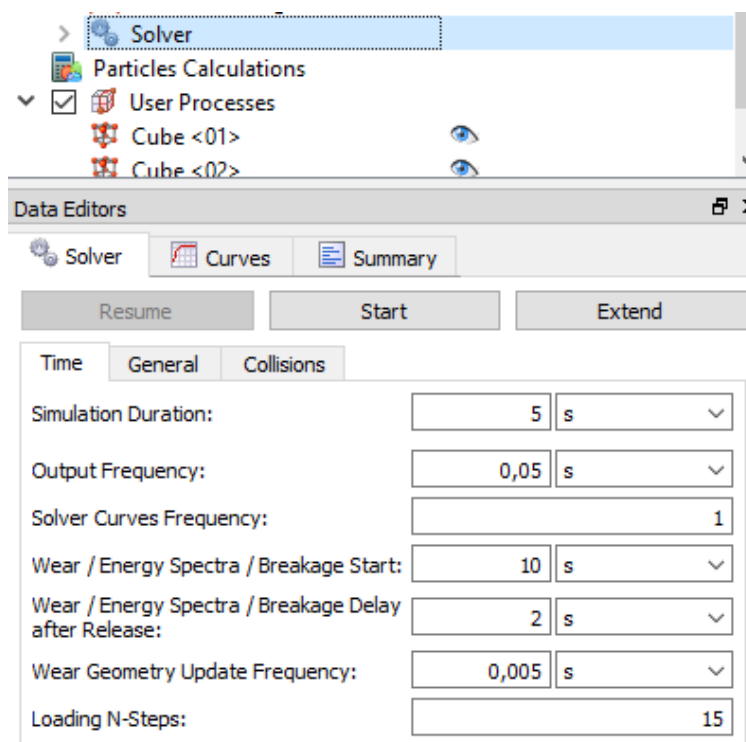


Рис 2.21 – Розділ Solver

Для контролю якості просіювання створюємо додатково 2 контрольні зони у який будемо підраховувати кількість часток різного розміру. Одна зона буде для підрешітного продукту інша – для надрешітної. Для кожної зони встановлюємо тип контрольних даних – розмір часток, а результат отримаємо у вигляді діаграми.

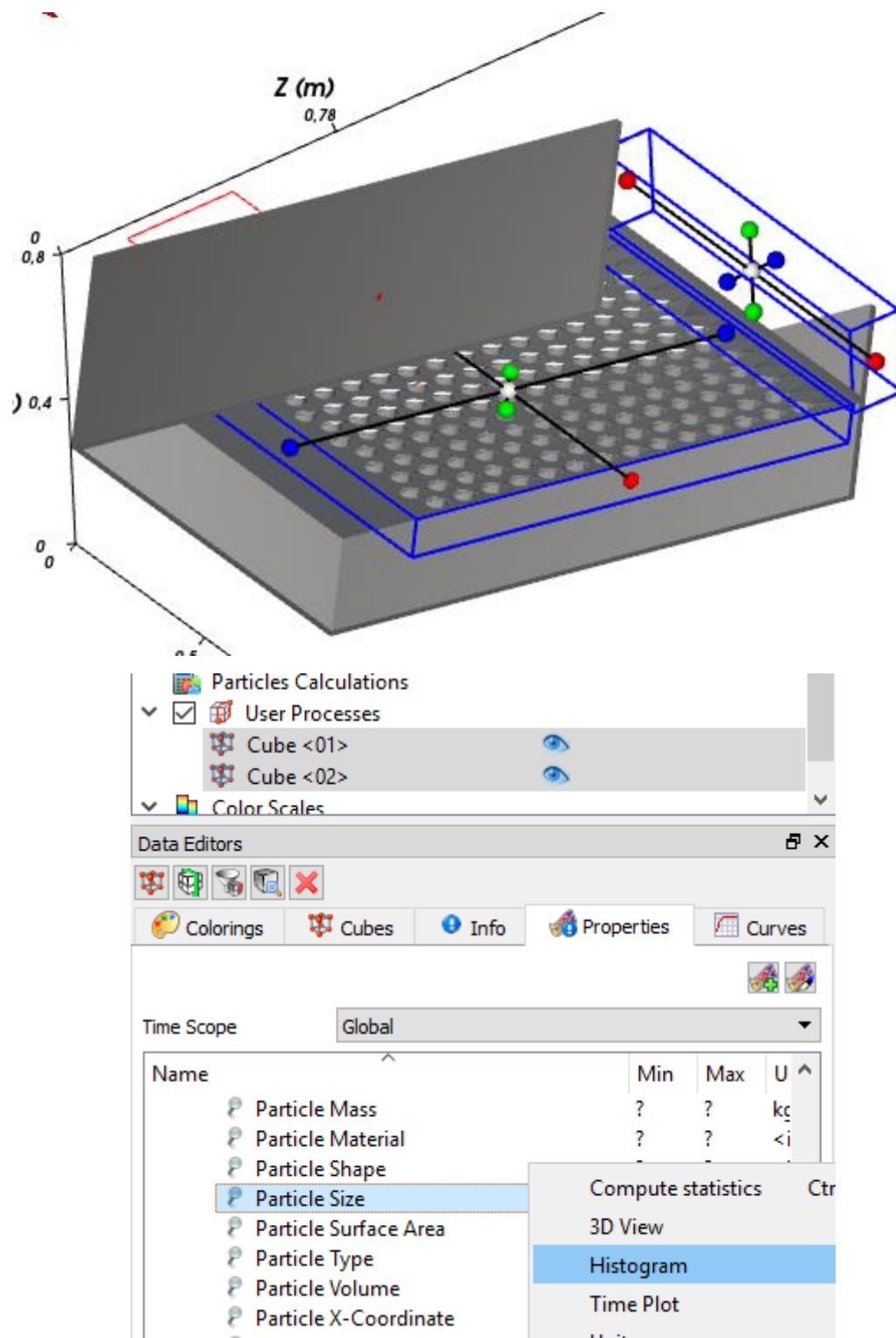


Рис 2.22 – Результати розрахунку

Отже, у результаті проведення кожного дослідження встановлюється скільки часток і якого розміру потрапило у надрешітний та підрешітний продукт.

Обробка отриманих даних.

У результаті проведення експерименту отримано динамічне зображення просіювання породи на грохоті (рис 2.23) і діаграми масового розсіву на надрешітний і підрешітний продукт.

Встановлено (рис 2.24) , що жодне сито не показало близьких до ідеального результатів, оскільки має порівняно не велику довжину.

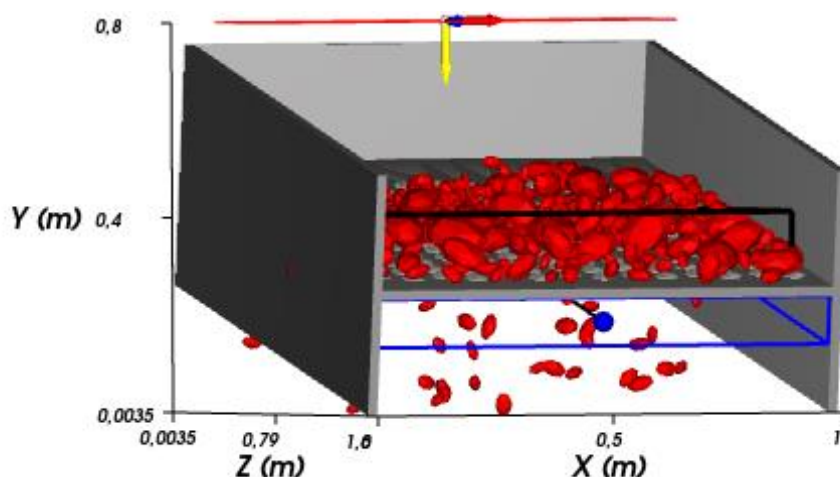


Рис 2.23 – Процес розсіювання

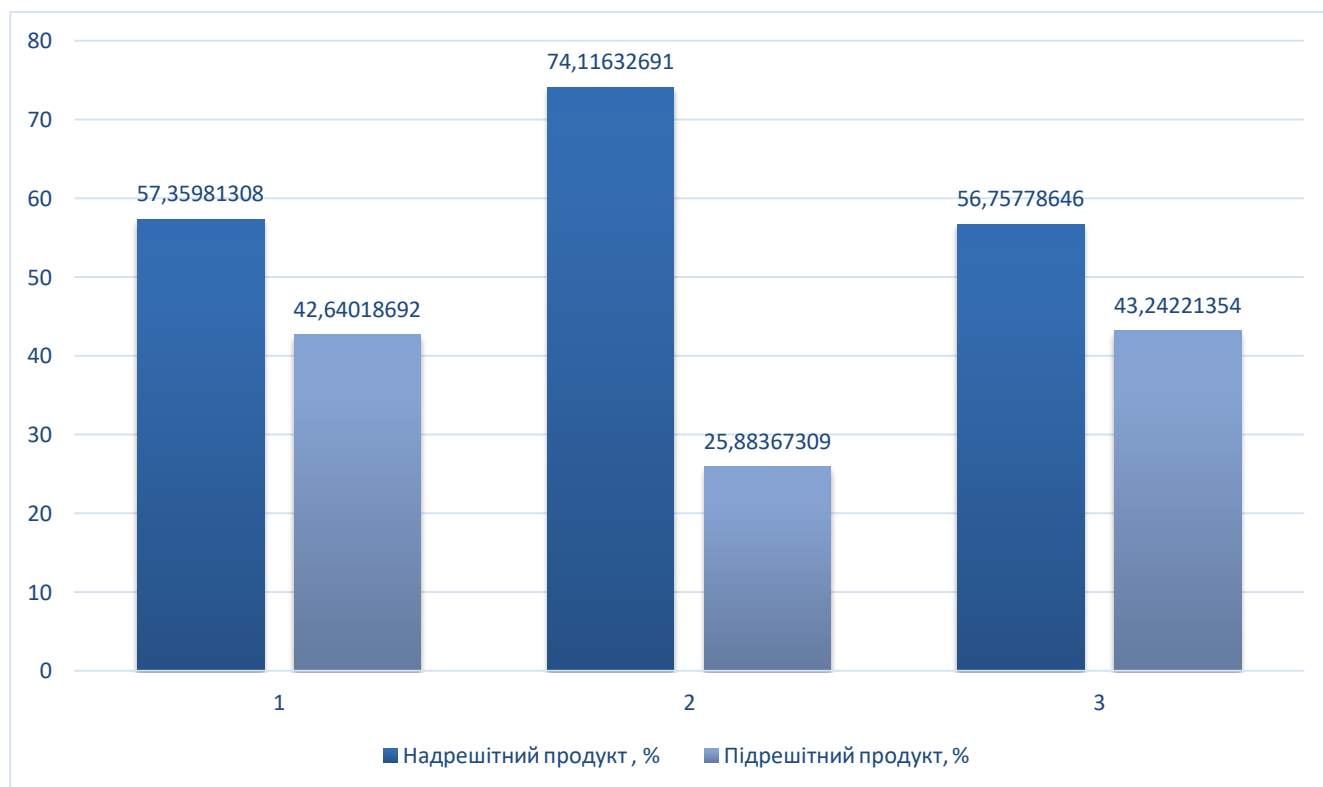


Рис 2.24 – Результати моделювання

Але з діаграми видно, що найкращий результат показало сито, запропоноване у патенті [5], трохи гірший результат має звичайне сито з прямокутними отворами, і самий поганий результат показало сито, запропоноване у патенті [2].

Висновки до розділу 2

1. Розроблено загальну методику подальшого дослідження, що дозволяє досягти поставленої мети роботи покращити режим роботи інерційних грохотів за рахунок обґрунтування раціональних експлуатаційних параметрів;
2. Проведено аналіз шляхів підвищення ефективності роботи грохотів.
3. Встановлено, що одним зі шляхів підвищення ефективності роботи грохота є таким режим вібрації при якому у зоні завантаження будуть забезпечені інтенсивні коливання близькі до колових, а у зоні завантаження коливання з мінімальною амплітудою, а годограф таких коливань буде близький до горизонтальної прямої.
4. Встановлено, що іншим шляхом підвищення ефективності грохочення є застосування спеціальних конструкцій сит.
5. На основі відомих результатів дослідження розроблено математичні моделі коливань короба грохота оснащеного одним і двома віброзбудниками. Перевірено їх адекватність на відомих прикладах.
6. Проведено комп'ютерне моделювання просіювання матеріалу для перевірки конструкцій сит, запропонованих у патентах [2, 5] та звичаного сита.
7. У результаті проведено експерименту отримано динамічне зображення просіювання породи на грохоті і діаграми масового розсіву на надрешітний і підрешітний продукт.
8. Встановлено, що жодне сито не показало близьких до ідеального результатів, оскільки має порівняно не велику довжину.

9. Встановлено, що найкращий результат показало сито, запропоноване у патенті [5], трохи гірший результат має звичайне сито з прямокутними отворами, і самий поганий результат показало сито, запропоноване у патенті [2].

3. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕЖИМІВ РОБОТИ ГРОХОТА

У результаті проведено аналізу шляхів підвищення ефективності роботи, встановлено, що збільшення ефективності просіювання та підвищення продуктивності грохоту можливо при застосуванні процесу НСС. Тобто у зоні завантаження коливання короба грохоту повинні бути інтенсивними близькими до колових, а на розвантажувальному кінці, навпаки з мінімальною амплітудою.

Використовуючи розроблену математичну модель траєкторій коливань короба, визначимо такі положення вібраторів, що забезпечать такі характеристики коливань.

Встановлено, що шуканий режим забезпечується при опусканні положення дебалансного вібратора нижче центру мас по вертикалі, при цьому зміщення по осі Х відсутнє (рис 3.1). При цьому у зоні завантаження переважають колові коливання високої інтенсивності, а у зоні розвантаження коливання мають пласкоспрямований характер вздовж поверхні сита. Сама величина зміщення вібратора по осі Y нижче центру ваги короба грохоту впливає на відстані на якій утворюється зона пласких коливань.

У ході аналізу впливу різних чинників на цю відстань, було встановлено, що вона в основному залежить від величини зміщення розташування вібратора відносно центру мас короба грохота по вертикалі. При цьому такі параметри, як амплітуда коливань, частота обертання дебалансу та інші силові параметри мають незначний вплив.

У ході аналізу встановлено логарифмічну залежність між зміщенням дебалансу відносно центру маси короба грохота і відстанню на якій утворюється зона пласких коливань. Ця залежність описується наближеним рівнянням

$$L = -0,489 \cdot \ln(y_0 - 0,012) - 0,86 \quad (3.1)$$

На рис 3.1 додатково показано можливе раціональне розташування короба грохота та поверхні просіювання відносно центру мас самого короба та осі дебалансу. За таких параметрів грохота короб може мати довжину біля 2х метрів. Якщо за умовами просіювання цього недостатньо, то збільшення довжини слід

проводити у сторону завантажувальної зони, де інтенсивність колових коливань зростає.

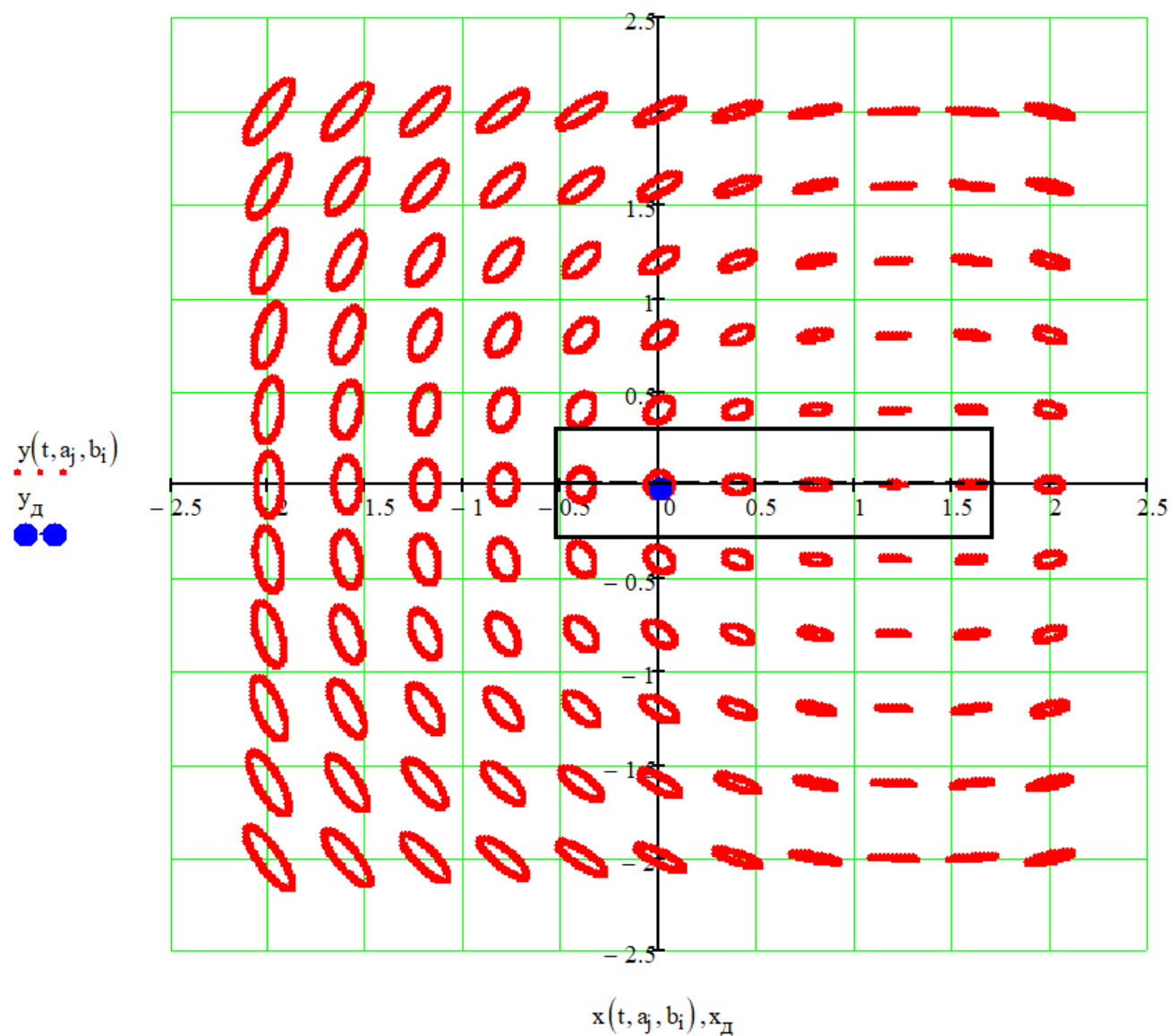


Рис 3.1 – Раціональний режим вібрації

Для регулювання положення центру мас короба грохоту можливо передбачити використання противаг, що чіплятимуться на край грохота з сторони завантаження.

Висновки до розділу 3

1. На основі проведено дослідження розроблено рекомендації для підвищення ефективності роботи грохотів;
2. Встановлено, логарифмічну залежність між зміщенням дебалансу відносно центру маси короба грохота і відстанню на якій утворюється зона плоских коливань.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано актуальне науково-технічне завдання, що полягає в підвищенні ефективності процесу грохочення сипких матеріалів інерційними грохотами визначенням раціональних параметрів цього процесу.

1. Проведено аналіз шляхів підвищення ефективності роботи грохотів.
2. Встановлено, що одним зі шляхів підвищення ефективності роботи грохота є таким режим вібрації при якому у зоні завантаження будуть забезпечені інтенсивні коливання близькі до колових, а у зоні завантаження коливання з мінімальною амплітудою, а годограф таких коливань буде близький до горизонтальної прямої.
3. Встановлено, що іншим шляхом підвищення ефективності грохочення є застосування спеціальних конструкцій сит.
4. На основі відомих результатів дослідження розроблено математичні моделі коливань короба грохота оснащеного одним і двома вібробудниками. Перевірено їх адекватність на відомих прикладах.
5. Встановлено, що жодне сито не показало близьких до ідеального результатів, оскільки має порівняно не велику довжину.
6. Встановлено, що найкращий результат показало сито, запропоноване у патенті [5], трохи гірший результат має звичайне сито з прямокутними отворами, і самий поганий результат показало сито, запропоноване у патенті [2].
7. Встановлено, логарифмічну залежність між зміщенням дебалансу відносно центру маси короба грохота і відстанню на якій утворюється зона плоских коливань.