

УДК 621.928.23

DOI <https://doi.org/10.32347/tb.2023.1-38.0201>**Іван Назаренко,**

доктор технічних наук,
завідувач кафедри Машин і Обладнання Технологічних Процесів,
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,
просп. Повітрофлотський 31, м. Київ, 03037, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1888-3687>
E-mail: nazarenko.ii@knuba.edu.ua

Сергій Орищенко,

доктор філософії в галузі технічних наук,
доцент кафедри Машин і Обладнання Технологічних Процесів,
Київський Національний Університет Будівництва і Архітектури,
просп. Повітрофлотський 31, м. Київ, 03037, Україна
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5359-5285>
E-mail: oryschenko.sv@knuba.edu.ua

ДИНАМІКА ВІБРАЦІЙНОГО ГРОХОТА ІЗ ВРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СОРТУВАЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ НА ЙОГО РОБОЧІ ПАРАМЕТРИ

АНОТАЦІЯ. *Визначена загальна розрахункова модель системи грохот – матеріал на основі дослідження процесів взаємодії сита та щебеню, що знаходився на грохоті. Вибрана модель вібраційного переміщення сипкого матеріалу дозволила визначити якісно-кількісні характеристики динамічного впливу на робочий орган. Представлено процес сортування як деякий упорядкований процес руху великої кількості різних часток в шарі на ситі. Сформульовані основні положення розрахунку основних параметрів грохота, які забезпечують задані режими процесу сортування матеріалу та отримання відповідного фракційного складу щебеню. Передумовою для вибору розрахункової схеми «грохот-просіювальний матеріал» є визначення вібраційного переміщення матеріальної частинки по віброуючій жорсткій поверхні, нахиленій до горизонту під кутом, що здійснює прямолінійні коливання під кутом до площини грохота. При цьому на частинку діють вага, сила тертя і нормальна реакція. Запропонована модель дала змогу визначити швидкість транспортування у випадку, коли сито грохоту здійснює циркуляційний рух, що являє собою додаток двох незалежних коливань із різними амплітудами й частотами. На процес сортування відчутно впливає ймовірність проходження зерен крізь отвори сита. Ця ймовірність залежить від розміру проходових часток, динамічних параметрів коливань грохоту, конструкції сита, форми отворів сита, коефіцієнта живого перетину (відношення площі отворів у світлі до загальної площі сита. Середня швидкість проходження часток крізь сито визначається частотою контактів часток з поверхнею й співвідношенням розмірів частки й отвору. На частоту контактів частки із ситом впливають амплітуда й частота коливань поверхні грохота. Оцінка ймовірності проходження частки крізь отвір сита за одного зіткнення може бути виконана на основі розрахункової схеми..*

Ключові слова: *вібраційний грохот, параметри, сортування, математична модель, амплітуда, частота коливань.*

DYNAMICS OF VIBRATION GRINDING WITH REGARD TO THE INFLUENCE OF SORTING MATERIAL ON ITS WORKING PARAMETERS

ABSTRACT. *The general calculation model of the screen system was determined - the material is based on the study of the interaction processes between the sieve and the crushed stone that was on the screen. The selected model of vibration movement of loose material made it possible to determine the qualitative and quantitative characteristics of the dynamic impact on the working body. The sorting process is presented as some orderly process of movement of a large number of different particles in a layer on a sieve. The main provisions for the calculation of the main parameters of the screen are formulated, which ensure the specified modes of the process of sorting the material and obtaining the appropriate fractional composition of crushed stone. The prerequisite for choosing the calculation scheme "screen-sieving material" is the determination of the vibrational movement of a material particle along a vibrating hard surface inclined to the*

horizon at an angle that carries out rectilinear oscillations at an angle to the plane of the screen. At the same time, weight, friction force and normal reaction act on the particle. The proposed model made it possible to determine the speed of transportation in the case when the screening screen performs a circular motion, which is the addition of two independent oscillations with different amplitudes and frequencies. The sorting process is significantly affected by the probability of grains passing through the holes of the sieve. This probability depends on the size of passing particles, the dynamic parameters of screen vibrations, the design of the sieve, the shape of the sieve openings, the coefficient of the live section (the ratio of the area of the openings in the light to the total area of the sieve). The average speed of passage of particles through the sieve is determined by the frequency of contact of particles with the surface and the ratio of particle sizes and the hole. The frequency of particle contact with the sieve is affected by the amplitude and frequency of vibrations of the sieve surface. The probability of a particle passing through the sieve hole during one collision can be estimated based on the calculation charts.

Keywords: vibrating screen, parameters, sorting, mathematical model, amplitude, frequency of oscillations.

1. Постановка проблеми. Підвищення ефективності процесів сортування матеріалів на вібраційних грохотах полягає в пошуку таких режимів та параметрів, які зменшують можливість затримання щебеню в отворах сит, прискорення процесу сортування, зменшення енерговитрат. Існуючі підходи, як правило, базуються на використанні емпіричних залежностей, що не дає можливість отримати загальноприйняту модель системи грохот – матеріал. Тому розробка такої моделі, застосування якої забезпечить підвищення ефективності робочого процесу сортування є задачею актуальною. Одним із шляхів забезпечення заданих технологією режимів і параметрів грохота є уточнене врахування матеріалу, що знаходиться на ситі та розробка на цій основі моделі системи грохот – матеріал, яка адекватно відображає реальний технологічний процес сортування.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій. При математичному опису руху грохоту застосовуються різні підходи [1, 3], що і є результатом існуючої величезної кількості конструктивних рішень грохотів та їхніх параметрів [1-3]. Пояснюється це очевидним фактом виникаючої складності процесу врахування маси матеріалу в розрахунках параметрів грохота [3], наявністю такого явища, як "засміченість" отворів сит грохота [2], визначення істинної продуктивності [4]. Такий підхід змушував дослідників і конструкторів довгий час користуватися емпіричними залежностями для визначення параметрів грохотів [2], що виведені на основі оброблення результатів експериментальних досліджень. Достовірність таких залежностей є дійсними виключно в рамках застосованих в експериментах параметрах та конструктивних характеристиках робочого процесу сортування, використання того чи іншого матеріалу, з тим чи іншим гранулометричним складом. З розвитком теорії процесів сепарації у гірничодобувній та переробній промисловості [1], вдосконалення та створення нових конструкцій грохотів у будівельній галузі, намітилася тенденція у розробці нових розрахункових моделей. Ці моделі описують процес сортування на основі детермінованих та вірогідних уявлень, які в тій чи іншій мірі відображають реальну картину механіки руху грохота. Модель, що запропонована в роботі, відображає пружні, в'язкі й пластичні властивості сипкого тіла, а також опір зовнішнього середовища (рис. 1).

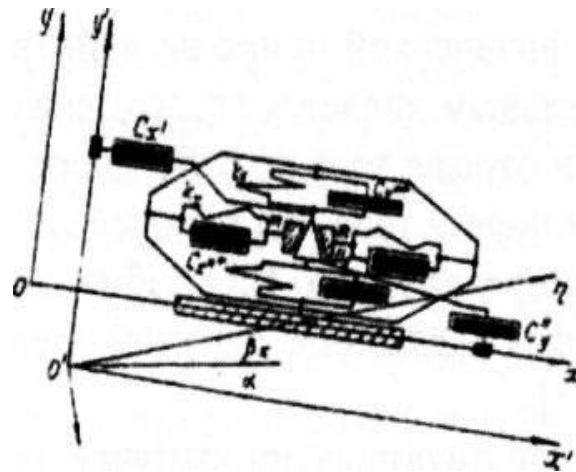


Рис.1. Модель системи «грохот – матеріал»
Fig. 1. Model of the "screen - material" system

Інерційні властивості сипкого тіла моделюються інерційними елементами масою m , його деформація й гістерезисні втрати, пов'язані з відносним рухом, моделюються елементами моделі Фойгта з коефіцієнтами пружності K_x, K_y й коефіцієнтами в'язкості C_x^{**}, C_y^{**} . Незворотні деформації шару у напрямку, перпендикулярному площині грохота, враховуються введенням елемента сухого тертя з коефіцієнтом тертя μ . Опір зовнішнього середовища приймається пропорційним абсолютній швидкості руху й моделюється демпферами з коефіцієнтами в'язкості C_x^* і C_y^* . Беручи до уваги відмінність опору, на етапах спільного руху й польоту, на етапі польоту вводяться демпфери з коефіцієнтами пружності C_x'', C_y'', C_x', C_y' . Пружно-в'язка – пластична модель є достатньо універсальною. Гнучкість моделі зумовлена можливістю введення в її структуру додатково елементів, що відображають ті або інші властивості описуваного процесу. Однак реалізація її в практиці розрахунків пов'язана з необхідністю експериментального визначення великої кількості реологічних параметрів, зумовленої відповідною кількістю складових пружних, в'язких, пластичних й інерційних елементів структури, що практично не дає можливості вирішити задачу в аналітичному вигляді. Поряд з дискретними моделями застосовуються моделі, у яких зазначається прагнення врахувати відносний рух шарів у сипкому тілі за безвідривних режимів вібропереміщення. Отримана модель, у якій рух окремої частки узагальнюється, як рух сипкого тіла, що представляє собою нескінченну кількість розділених горизонтальними поверхнями елементарних шарів, однакової маси, віднесеної до одиниці площі поверхні сита. Тобто в кінцевому результаті приходимо до континуальної моделі, яка і є найбільш наближеною до реальних умов опису процесів сортування матеріалу. Разом з тим, дискретне представлення у вигляді рівнянь, які зв'язують сили опору зсуву окремих елементарних шарів і швидкості руху цих шарів відкриває можливість оцінити фізику процесу сортування, що необхідно для вибору конкретних параметрів та визначення впливу маси просіювального матеріалу на рух грохота.

3. Мета роботи. Визначення ступені врахування впливу оброблювального середовища на головні параметри грохота.

4. Матеріали та методи. Представимо процес сортування як деякий упорядкований процес руху великої кількості різних часток в шарі на ситі.

Кожну частку із розміром d характеризує її крупність, яка не змінюється в процесі руху, і є величиною, що може мати дискретну безліч значень: d_1, d_2, \dots, d_n . Оскільки кількість часток у шарі велика, то d можна надавати довільні значення в інтервалі заданого шару фракцій, і таким чином, вважати її величину безперервною (рис. 2.).

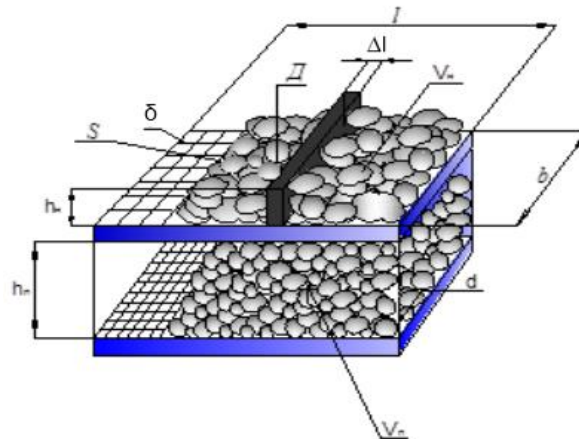


Рис.2. Схема розташування матеріалу на грохоті:

l, b - довжина і ширина сита; h_n, h_p - висота надрешітного і підрешітного продукту; S - площа сита; Δl - ділянка сита; $Д, d$ - середній діаметр надрешітних і підрешітних продуктів; δ - товщина проволот сита; V_n, V_p - об'єм надрешітного і підрешітного продукту

Fig. 2. Scheme of the location of the material on the screen:

l, b - length and width of the sieve; h_n, h_p - height of the superlattice and sublattice product; S - sieve area; Δl - section of the sieve; $Д, d$ - the average diameter of the superlattice and sublattice products; δ - thickness of sieve wires; V_n, V_p - the volume of the superlattice and sublattice product

Виходячи із цього припущення систему часток можна замінити її безперечною моделлю, а продуктивність Π буде визначатися за формулою:

$$\Pi = V/t = bhv = bhl/t = sh/t, \quad (1)$$

де V – об'єм шару матеріалу на ситі, m^3 ; t - час транспортування матеріалу по ситі, s ; b - ширина сита, m ; l - довжина сита, m ; S - площа сита, m^2 ; h – середня висота шару на ситі, m ; v - швидкість транспортування, m/s .

Об'єм можна представити як суму об'ємів надрешітного і підрешітного матеріалів:

$$V = V_n + V_p = S_n h_n + S_p h_p, \quad (2)$$

Якщо розділити сито по довжині на рівні ділянки Δl (рис. 2) то

$$\Delta l = l/n = \text{const}, \quad (3)$$

де n - довільне число. Тоді об'єм V_n , розподілиться рівними порціями V_k по Δl :

$$V_k = \Delta l_k h_n b_n = \text{const}, \quad (4)$$

де k - номер відрізка Δl .

Розподілений таким чином по довжині l об'єм V_n утворює шар з вимірами паралелепіпеду, усереднюючи неоднорідність складових його зерен. Для продукту об'ємом V_n це означає, що всі чарунки сита, через які він отримується, для випадку щільного суміщення утворюється прямокутник, площа якого дорівнює S_n . Використовуючи вірогідність проходження частинок і передбачаючи, що за кожного кидка шару V_b на сито по його ширині висівається "важких" зерен $n = b_{шв} / d_{гр}$ і по довжині сита $n = l / d_{гр}$, отримаємо об'єм граничних зерен, які сортуються за один кидок шару на ситі:

$$V_b = (\pi d_{гр} b_b \times l) / 6. \quad (5)$$

Тоді продуктивність по сортуванні важких зерен становитиме:

$$\Pi_b = V_b / T = 0,08 d_{гр} b_b l \omega. \quad (6)$$

Відповідно загальна оптимальна продуктивність за живленням:

$$\Pi=100\Pi_B/C_B. \quad (7)$$

Тепер розглянемо рух одиничної частинки по поверхні сита, яке здійснює коливання за найбільш загальними законами (рис. 3) з метою визначення раціональних параметрів грохота.

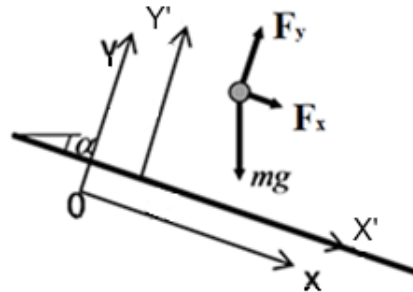


Рис.3. Розрахункова схема процесу руху частинки по сити
Fig. 3. Calculation scheme of the process of movement of a particle through a sieve

Диференціальні рівняння відносного руху частинки над поверхнею сита в пов'язаній з нею рухомою системою координат:

$$\dot{V}_{y'} = -g\cos\alpha + X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y), \quad (8)$$

$$\dot{y}' = V_{y'}, \quad (9)$$

$$\dot{V}_{x'} = g\sin\alpha + X_x \omega_x^2 \cos(\omega_x t + f_x), \quad (10)$$

$$\dot{x}' = V_{x'}, \quad (11)$$

де $V_{x'}$ і $V_{y'}$ – проекції швидкості відносного руху частинки, а останні доданки в (8) і (9) відповідають силам інерції переносного руху

$$F_x = m\omega_x^2 X_x \sin(\omega_x t + f_x), \quad (12)$$

$$F_y = m\omega_y^2 X_y \sin(\omega_y t + f_y). \quad (13)$$

Рівняння (8) і (9) не враховують сили опору повітря руху частки. Частинка, що лежить на поверхні сита, переходить у стан вільного польоту, зумовленого рівняннями (8) – (11), за умови, що

$$X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y) > g\cos\alpha. \quad (14)$$

За досягнення у вільному польоті поверхні сита ($y'=0$) частинка здійснює удар по поверхні сита. Зміна її швидкості від удару може бути описана співвідношеннями непружного удару

$$V_{y'}^+ = -R V_{y'}^-, \quad (15)$$

$$V_{x'}^+ = v_{x'}^- - f(R+1)V_{y'}^-, \quad (16)$$

де R – коефіцієнт відновлення швидкості від удару, f – коефіцієнт тертя частинки з поверхнею сита, індекси «-» і «+» відповідають станам безпосередньо до й після удару. З одного боку, за експериментального визначення цих коефіцієнтів наявною є суттєва невизначеність, а з другого – в реальних умовах частинка вдаряється не об поверхню сита, а об шар частинок

на ній, після чого її відносна швидкість практично дорівнює нулю. Тому з прийнятною для практичних розрахунків точністю можна вважати $V_y^+ = V_x^+ = 0$ при кожному ударі. Коефіцієнт тертя f будемо визначати як коефіцієнт внутрішнього тертя або кут природного ухилу сипкого матеріалу. Після попадання частинки на поверхню сита з шарами частинок на ньому можливими декілька варіантів її подальшої поведінки: якщо $X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y) > g \cos \alpha$, то частинка відривається від поверхні й продовжує рух над поверхнею відповідно до рівнянь (8) – (11); якщо в момент приєднання частинки до поверхні й протягом деякого наступного проміжку часу $X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y) < g \cos \alpha$, то частинка залишається на поверхні доти, доки не поміняється знак нерівності. Її рух уздовж поверхні сита протягом цього проміжку часу визначається такими умовами:

якщо

$$\left| (g \cos \alpha - X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y)) \right| f > \left| g \sin \alpha + X_x \omega_x^2 \sin(\omega_x t + f_x) \right|, \quad (17)$$

то

$$V_x = 0, \quad (18)$$

і частинка є нерухомою на поверхні сита,

якщо

$$\left| (g \cos \alpha - X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y)) \right| f < \left| g \sin \alpha + X_x \omega_x^2 \sin(\omega_x t + f_x) \right| \quad (19)$$

то

$$\dot{V}_x = g \sin \alpha + X_x \omega_x^2 \sin(\omega_x t + f_x) - f (g \cos \alpha - X_y \omega_y^2 \sin(\omega_y t + f_y)), \quad (20)$$

$$\dot{x}' = V_x. \quad (21)$$

Отже, частинка рухається уздовж поверхні під дією проекції сили ваги, змінної сили тертя, зумовленої змінним притисненням частки до поверхні, і змінної поздовжньої сили інерції переносного руху. Чисельні експерименти з описаною вище моделлю дають змогу визначити характеристики руху частки над горизонтальною поверхнею, що здійснює вертикальні коливання, необхідні для розгляду періодичного сортування. Із цих характеристик важливими є амплітуда X_0 і частота ω коливань та частота контактів часток з поверхнею, які і визначають умови проходження часток крізь отвори сита. Розрахунки свідчать, що незалежно від початкової фази досить швидко формується цикл руху частки, з якого легко визначити амплітуду її підкидань над поверхнею й період контактів з нею. На рис.4 відображено вплив кругової частоти ω й амплітуди x коливань поверхні на амплітуду руху частки. За амплітуди 5мм відрив частки від поверхні сита починається за кругової частоти 45рад/с, а за амплітуди 2,5мм – взагалі за частоти 63рад/с.

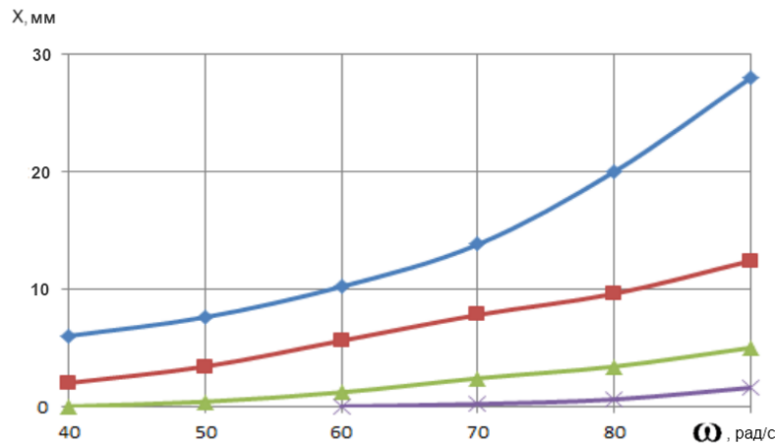


Рис.4. Зміна амплітуди частинок матеріалу в залежності від частоти коливань поверхні: ¶
 ◆ X=10мм ■ X=8мм
 ▲ X=6мм ✕ X=4мм ¶

Fig. 4. Change in the amplitude of material particles depending on the frequency of surface vibrations

На рис.5 показано вплив кругової частоти й амплітуди поверхні на частоту контактів частки з поверхнею. Тут для кожної амплітуди є своя частота обертання, відповідна максимальній частоті контактів, тобто найбільш швидкому проходженню часток крізь отвори. Проте за частоти 50 рад/с вплив амплітуди поверхні на частоту контактів виявляється не набагато більшим.

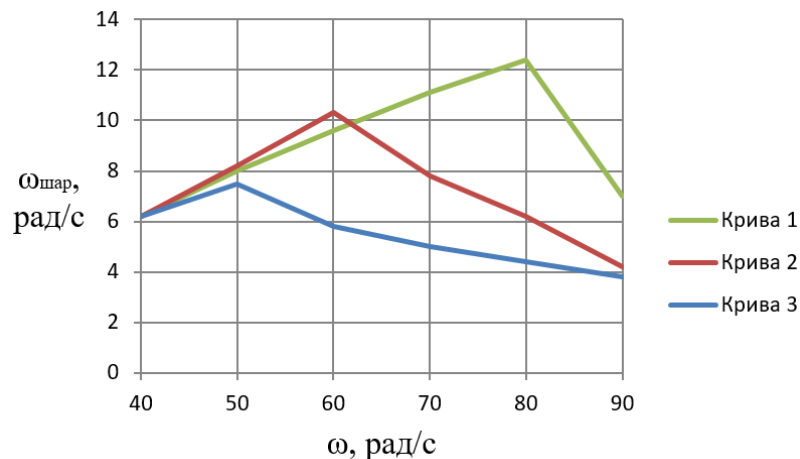


Рис.5. Вплив частоти коливань грохота на частоту контактів часток з його поверхнею за різних амплітуд (1- X=10мм, 2-8мм, 3-6мм)

Fig. 5. The effect of the vibration frequency of the screen on the frequency of contact of particles with its surface at different amplitudes (1-X=10mm, 2-8mm, 3-6mm)

Результати оцінки існуючих математичних описів руху грохоту засвідчують застосування різних підходів, внаслідок виникаючої складності врахування маси матеріалу в розрахунках параметрів грохота. Такий підхід змушував користуватися емпіричними залежностями для визначення параметрів грохотів, що стримувало пошук методів підвищення ефективності грохотів. Виконаними дослідженнями визначена розрахункова модель (рис. 2), яка представляє процес сортування, як деякий упорядкований процес руху великої кількості різних часток в шарі на ситі. Математична модель, що відображає рух часток по поверхні сита

дала можливість виявити вплив частоти коливань та кута нахилу на ефективність грохочення. Так, зі збільшенням частоти коливання й амплітуди коливань короба збільшується відрив матеріалу і швидкість переміщення та проходження матеріалу крізь отвори сита. Встановлено, що швидкості часток має більше значення за частоти коливань короба, яка має числові значення в межах $\omega = 45 \dots 85$ рад/с. За зміни кута нахилу сита від 14° до 20° концентрація, і швидкість сортування мають більш сталий характер. На процес сортування відчутно впливає ймовірність проходження зерен крізь отвори сита. З'ясовано, що ймовірність залежить від розміру проходових часток, динамічних параметрів коливань грохоту, конструкції сита, форми отворів сита, коефіцієнта живого перетину (відношення площі отворів у світлі до загальної площі сита). Середня швидкість проходження часток крізь сито визначається частотою контактів часток з поверхнею й співвідношенням розмірів частки й отвору. На частоту контактів частки із ситом впливають амплітуда й частота коливань поверхні грохота. Ця частина досліджень в числових значеннях згаданих вище параметрів потребує додаткових досліджень, що є обмеженням результатів даної статті. Оцінка ймовірності проходження частки крізь отвір сита передбачена в подальших дослідженнях авторів.

6. Висновки. Існуючі математичні моделі опису руху грохоту побудовані в основному на визначенні амплітуди та частоти коливань застосуванням емпіричних залежностей, що стримує розвиток нових конструктивних та технологічних рішень підвищення ефективності процесів сортування.

Виявлено вплив частоти коливань та кута нахилу на ефективність грохочення. Так, зі збільшенням частоти коливання й амплітуди коливань короба, збільшується відрив матеріалу і швидкість переміщення та проходження матеріалу крізь отвори сита.

Потребує додаткових досліджень ймовірність проходження зерен крізь отвори сита, яка суттєво впливає на процес сортування і залежить від розміру проходових часток, динамічних параметрів коливань грохоту, конструкції сита, форми отворів сита, коефіцієнта живого перетину.

Список використаних джерел:

1. Василенко М.В. Теорія коливань і стійкість руху: підручник / М.В. Василенко, О.М.Алексейчук. – К.:Вища школа, 2004. – 525с.
2. Ланець О.С. Високоефективні міжрезонансні вібраційні машини з електромагнітним приводом / О.С. Ланець. – Львів: Львівська політехніка, 2008. – 324с.
3. Надутый В.П., Вибрационное грохочение горной массы повышенной влажности / В.П.Надутый, В.В.Калиниченко, Днепропетровск НГУ Украины. 2004. – 135с.
4. Назаренко І.І. Машини для виробництва будівельних матеріалів. – К.: "ВПОЛ", 1999. – 488 с.
5. Назаренко І.І., Туманська О.В. Машини і устаткування підприємств будівельних матеріалів. – К.: Вища школа, 2004. – 590 с.
6. Назаренко І.І. Прикладні задачі теорії вібраційних систем. Навчальний посібник (2-е видання) / І.І. Назаренко. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2010. – 440 с.
7. Ivan Nazarenko; Artur Onyshchenko; Serhii Oryshchenko; Oleg Fedorenko; Sergii Tsepelev; Liudmyla Titova. Research of technical systems of materials sorting processes 2021, Kyiv –P.43-56.
8. Назаренко І.І., Орищенко С.В., Клименко М.О., Навчальний посібник “Синтез машин і обладнання будівельної індустрії”, 2023р-с.84.
9. Назаренко І.І., Берник І.М. Основи проектування і конструювання машин та обладнання переробних виробництв. Навчальний посібник для вищих навчальних закладів. – К.: Видавничий Дім «Слово», 2012. – 590 с.
10. Назаренко І.І., Берник І.М., Кузьмінець М.П., Онищенко А.М., Технічні основи створення машин: Підручник. За загальною редакцією І.І. Назаренка. К.: Видавництво Людмила, 2018. 308 с.

References:

1. Vasylenko M.V. Theory of oscillations and stability of motion: a textbook / M.V. Vasylenko, O.M.

- Alekseichuk. - K.: Higher school, 2004. - 525p.
2. *Lanets O.S.* Highly efficient interresonance vibration machines with an electromagnetic drive / O.S. Lanets – Lviv: Lviv Polytechnic, 2008. – 324p.
 3. *V.P. Nadutyi*, Vibration of rock mass of increased humidity / V.P. Nadutyi, V.V. Kalinichenko, Dnepropetrovsk National University of Ukraine. 2004. – 135 p.
 4. *Nazarenko I.I.* Machines for the production of building materials. - K.: "VIPOL", 1999. - 488 p.
 5. *I.I. Nazarenko, O.V. Tumanska.* Machines and equipment of construction materials enterprises. - K.: Vyshcha shkola, 2004. - 590 p.
 6. *Nazarenko I.I.* Applied problems of the theory of vibration systems. Study guide (2nd edition) / I.I. Nazarenko. - K.: "Slovo" Publishing House, 2010. - 440 p.
 7. *Ivan Nazarenko; Artur Onyshchenko; Serhii Oryshchenko; Oleg Fedorenko; Sergii Tsepelev; Liudmyla Titova.* Research of technical systems of materials sorting processes 2021, Kyiv – P.43-56.
 8. *Nazarenko I.I., Oryshchenko S.V., Klymenko M.O.,* Study guide "Synthesis of machines and equipment of the construction industry", 2023-p.84.
 9. *I.I. Nazarenko, I.M. Bernyk.* Basics of design and construction of machines and equipment of processing industries. Study guide for higher educational institutions. - K.: "Slovo" Publishing House, 2012. - 590 p.
 10. *I.I. Nazarenko, I.M. Bernyk, M.P. Kuzminets, A.M. Onyshchenko,* Technical basics of creating machines: Textbook. Under the general editorship of I.I. Nazarenko K.: Lyudmila Publishing House, 2018. 308 p.