



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **114442** (13) **C2**  
(51) МПК (2017.01)  
**B02C 25/00**  
**B02C 19/06** (2006.01)  
**G01N 29/00**

МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: <b>а 2015 07099</b></p> <p>(22) Дата подання заявки: <b>16.07.2015</b></p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: <b>12.06.2017</b></p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: <b>25.07.2016, Бюл.№ 14</b></p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>12.06.2017, Бюл.№ 11</b></p>	<p>(72) Винахідник(и): <b>Пілов Петро Іванович (UA), Горобець Лариса Жанівна (UA), Прядко Наталія Сергіївна (UA), Тернова Катерина Віталіївна (UA)</b></p> <p>(73) Власник(и): <b>ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ І ДЕРЖАВНОГО КОСМІЧНОГО АГЕНТСТВА УКРАЇНИ,</b> вул. Лешко-Попеля, 15, м. Дніпропетровськ, 49600 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 104427 C2, 10.02.2014 Пілов П.И. Исследование амплитудных распределений акустических сигналов процесса струйного измельчения/ П.И. Пілов, Л.Ж. Горобец и др.// Разработка рудных месторождений: научно-технический сборник. - Выпуск 94. – 2011. – С.266-269 Пілов П.И. Закономерности акустических сигналов от дисперсности при струйном измельчении руд/ П.И. Пілов, Л.Ж. Горобец, Н.С.Прядко// Збагачення корисних копалин. – Вип. 54(95). – 2013 UA 62279 U, 25.08.2011 RU 2469309 C1, 10.12.2012 GB 1410954 A, 22.10.1975 JPH 03186362 A, 14.08.1991</p>
---	---

**(54) СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ СИПУЧОГО МАТЕРІАЛУ В ПОТОЦІ В ПРОЦЕСІ ПОДРІБНЕННЯ**

**(57) Реферат:**

Винахід належить до технології тонкого подрібнення сипучих матеріалів і може знайти застосування в гірничо-збагачувальній, металургійній, хімічній промисловості. Спосіб визначення гранулометричного складу суміші сипучого матеріалу в потоці в процесі подрібнення включає дискретне вимірювання сигналу в потоці сипучого матеріалу акустичним датчиком первинної інформації, формування масиву експериментальної інформації. Згідно з винаходом, встановлюють залежність величини розміру часток різних класів крупності із суміші від максимальної амплітуди сигналів первинної інформації, експериментально визначають розподіл амплітуд поточних сигналів за величиною та, враховуючи вказані розподіл і залежність, визначають гранулометричний склад суміші часток у потоці. Спосіб забезпечує визначення дисперсності продукту шляхом безперервного контролю гранулометричного складу

UA 114442 C2

матеріалу в потоці без зупинки процесу подрібнення чи транспортування матеріалу енергоносієм, та дає можливість контролювати склад та якість матеріалу щодо виходу часток характерного розміру.



Fig. 3

Винахід належить до технології тонкого подрібнення сипучих матеріалів і може знайти застосування в гірничо-збагачувальній, металургійній, хімічній, медичній та інших галузях промисловості і призначений для визначення та контролю гранулометричного складу матеріалу, що подрібнюється.

Відомий спосіб контролю гранулометричного складу матеріалу у потоці пульпи, згідно з яким проводять замір амплітуд ультразвукових коливань, що проходять через потік шляхом встановлення вимірювальної пластини, в якій збуджують хвилі Лемба [1]. Недоліком зазначеного способу є те, що даний спосіб можливо реалізувати лише для пульпи, адже в потоці газ-тверда фаза збуджені хвилі будуть розсіюватись, що призведе до значної похибки вимірювання.

Відомий спосіб визначення гранулометричного складу часток матеріалу [2], в якому проводиться обробка моношару частинок матеріалу плоскопаралельним світловим потоком і реєструється інтенсивність перетвореного моношаром часток світлового потоку у фокальних площинах, утворених частками. Цей спосіб має суттєві недоліки - спосіб придатний тільки для часток сферичної форми, його неможливо використати для аналізу суміші часток різної форми, складна реалізація в умовах промисловості.

Найбільш близьким за своєю технічною суттю до способу, що заявляється (прототипом), є спосіб регулювання газоструминного подрібнення за допомогою виміру акустичних сигналів та порівнянням їх із заданими амплітудами акустичних сигналів. При відхиленні змінюють величину завантаження струменів матеріалом до досягнення заданої величини амплітуди [3].

Недоліком зазначеного способу є те, що даний спосіб можна використовувати лише для того, щоб регулювати процес подрібнення на основі відхилення амплітуд від заданих.

Загальними істотними ознаками у відомому (прототипі) способі та у способі, що заявляється, є використання результатів акустичного моніторингу процесу проходження часток матеріалу у потоці: дискретне вимірювання сигналу акустичного датчика первинної інформації, формування масиву експериментальної інформації, що оновлюється.

В основу винаходу способу, що заявляється, поставлено задачу визначення гранулометричного складу суміші сипучого матеріалу в потоці, що включає дискретне вимірювання сигналу акустичним датчиком первинної інформації, формування масиву експериментальної інформації, що оновлюється, вибір величини максимальної та характерної амплітуди з первинної інформації для часток різних класів крупності із суміші, встановлення виду залежності величини розміру часток від максимальної та характерної амплітуди. Експериментально визначається розподіл амплітуд поточних сигналів, потім на основі використання цього розподілу та залежності максимальних амплітуд попередніх сигналів від розміру часток визначається гранулометричний склад суміші часток у потоці. Доволі часто буває при подрібненні у промислових умовах, що необхідно знати вихід контрольного класу продукту, який одержано. У цьому випадку можна визначити розмір лише характерного (контрольного) класу, тобто його вихід. За допомогою залежності характерних амплітуд попередніх сигналів від розміру часток різних класів крупності із суміші та амплітуд сигналів, що утворюються при транспортуванні у потоці, визначається вихід часток характерної крупності.

Таким чином досягається:

визначення гранулометричного складу матеріалу в потоці без зупинки процесу подрібнення чи транспортування матеріалу енергоносієм;

визначення часток суміші характерного розміру;

контроль складу та якості матеріалу, що транспортується;

можливість керування складом матеріалу в технологічному процесі, наприклад подрібненні.

Спосіб працює наступним чином: встановлений у камері хвилевід фіксує амплітуду коливань хвиль та передає через акустичний датчик до системи запису та обробки сигналів. Між отриманими даними та первинно встановленими максимальними та характерними амплітудами акустичних сигналів для кожного класу крупності встановлюються кореляції. А саме, встановлюються залежність величини розміру часток різних класів крупності із суміші від максимальної амплітуди сигналів при проходженні вузьких фракцій досліджуваного матеріалу (первинної інформації), визначають розподіл амплітуд одержаних сигналів, потім із метою виявлення виходу фракцій, які містяться у суміші, проводиться кореляція між максимальними амплітудами первинних сигналів фракцій та поточними амплітудами отриманих акустичних сигналів при проходженні суміші. Таким чином, встановлюється вихід кожної фракції (класу крупності), тобто встановлюється гранулометричний склад суміші.

Для визначення виходу часток суміші характерної крупності, тобто виходу характерного (контрольного) класу крупності, вибираються величини характерної амплітуди з первинної інформації для часток різних класів крупності, встановлюється вид залежності цієї характерної

амплітуди від величини розміру часток, потім на основі порівняння одержаної залежності і амплітуд поточних сигналів, що утворюються при транспортуванні у потоці, визначається вихід частинок суміші характерної крупності.

Експериментальними випробуваннями транспортування енергоносієм (повітрям) потоків часток вузьких класів крупності різних матеріалів повз хвилевід, який з'єднано з датчиком та АЦП, встановлено, що величина розміру часток корелює з величиною амплітуди акустичних сигналів, які у ході моніторингу фіксуються хвилеводом. На фіг. 1 показано амплітудні характеристики акустичних сигналів різних класів крупності кварцу: а) - розмір матеріалу 0,2 мм; б) - 0,315 мм; в) - 0,4 мм.

Дослідженням результатів акустичного моніторингу процесу струминного подрібнення сипучих матеріалів різних властивостей встановлено зв'язок характеристик акустичних сигналів та розмірів часток первинного і здрібненого матеріалів [4], та встановлено можливість проведення акустичного моніторингу процесу подрібнення [5].

На фіг. 2 наведено графіки зв'язку (у логарифмічних координатах) розмірів часток  $d$  (мкм) з максимальною амплітудою  $A_{\max}$  (мВ) сигналів при струминному подрібненні (фіг. 2а) трьох різних за властивостями матеріалів (циркон, кварцовий пісок, шлак) в умовах лабораторного і промислового млина та при пневмотранспортуванні шлаку (фіг. 2б). Ці залежності використовуються для акустичного визначення розмірів часток в діапазоні крупності  $10^{-3}$ - $10^{-5}$  м у вигляді рівнянь:

1.  $\lg d = 0,5 \lg A + 1,3$ ;  $R = 0,97$ , доменний шлак;
2.  $\lg d = \lg A + 0,81$ ,  $R = 0,95$ , кварцовий пісок;
3.  $\lg d = 0,49 \lg A + 0,37$ ,  $R = 0,99$ , цирконовий концентрат;
4.  $\lg d = 0,57 \lg A + 1,1$ ,  $R = 0,97$  пневмотранспортування шлаку.

Дослідження зв'язку гранулометричного складу суміші сипучого матеріалу і максимальної амплітуди акустичних сигналів в потоці (подрібнення або пневмотранспортування) часток матеріалу дозволило розробити методику визначення гранулометричного складу продуктів струминного подрібнення. Блок-схема алгоритму наведено на фіг. 3.

На першому етапі попереднього дослідження дисперсності матеріалу здійснюється акустичний моніторинг процесу подрібнення або пневмотранспортування матеріалу. При цьому визначаються основні технологічні та акустичні параметри процесу зі встановленням виду залежності  $d=f(A)$  для вибраного матеріалу. Далі формується база даних. Потім проводиться контрольне подрібнення або транспортування з безперервним акустичним моніторингом процесу. За результатами акустичного моніторингу обчислюються значення  $A_{\max}$ ,  $A_{\text{хар}}$  і з використанням бази даних визначається склад досліджуваного матеріалу.

Для визначення гранулометричного складу суміші визначається розподіл амплітуд за величиною. Потім за встановленою залежністю  $d=f(A_{\max})$  для даного матеріалу встановлюються класи крупності часток. Вихід кожного класу визначається відповідно до відсоткового складу амплітуд умовно максимальної величини ( $A_{\max}$ ) у розподілі амплітуд сигналів, записаних при подрібненні або транспортуванні матеріалу.

Для визначення виходу характерного класу встановлюється кореляція між залежністю  $d=f(A_{\text{хар}})$  розміру часток фракцій матеріалу, що досліджується, від характерної амплітуди сигналів попередньої інформації, та характерною амплітудою поточних сигналів, що утворюються при транспортуванні у потоці. Згідно з чим встановлюється вихід характерного класу часток у суміші.

На прикладі дослідження подрібнення кварцового піску показано використання способу визначення гранулометричного складу матеріалу. На фіг. 4а) наведено залежність  $d=f(A_{\max})$ , мкм. За результатами виміру амплітуди сигналів, що фіксувались датчиком, побудовано розподіл амплітуди сигналів на фіг. 4б). Згідно з цими двома залежностями знайдено гранулометричний склад кварцового піску, що досліджується. На фіг. 4в) показано гранулометричний склад первинного (1) матеріалу, що завантажувався в млин, готового продукту (2) подрібнення, що було вивантажено з млина та обчислень (3), згідно зі способом склад матеріалу, що знаходився в камері млина та здрібнювався. Матеріал, склад якого обчислювався за наведеним способом був проміжним між первинним (1) та готовим, здрібненим (2). Його гранулометричний обчислений склад (3) це доводить (див. фіг. 4в).

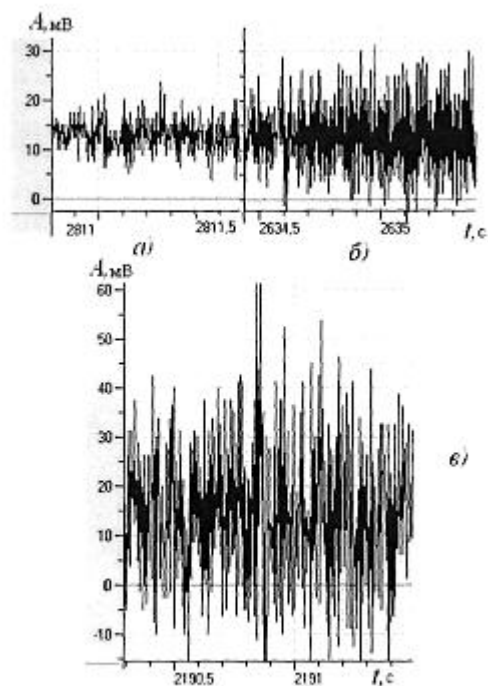
Таким чином технічним результатом є визначення гранулометричного складу матеріалу на основі аналізу максимальної амплітуди попередніх сигналів та розподілу амплітуд сигналів, що фіксуються акустичним датчиком у потоці матеріалу й визначення виходу характерного класу на основі аналізу характерної амплітуди попередніх сигналів та амплітуди поточних сигналів.

Список використаних джерел:

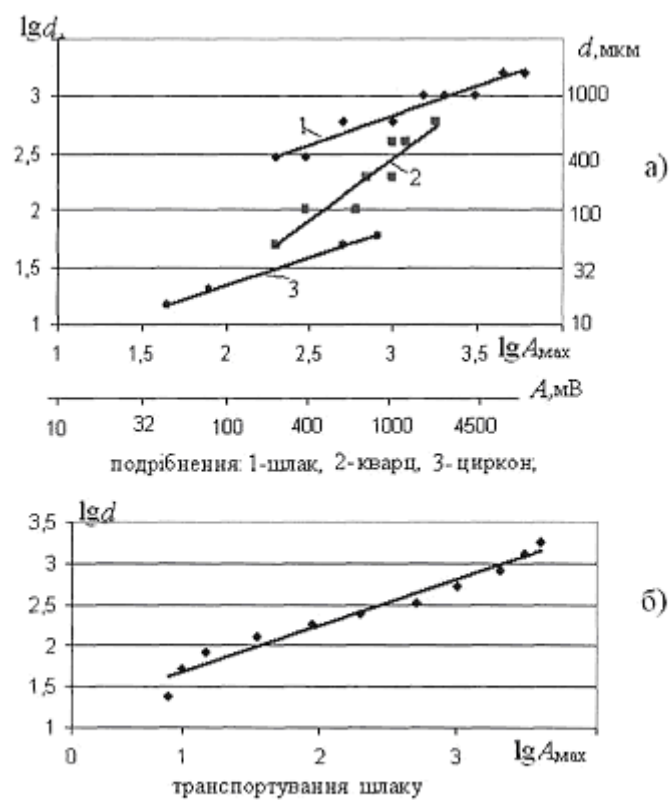
1. А.с. 1392489 СССР, МКИ G01N 29/00. Способ ультразвукового контроля гранулометрического состава материалов в потоке пульпы и устройство для его осуществления / В.С. Моркун (СССР). - 3897243/31-28; заявл. 15.05.85; опубл. 30.04.88, Бюл. № 16. - 6 с.
2. Патент на винахід 60353 Україна, МПК G01N 21/17, 15/02. Спосіб визначення гранулометричного складу часток матеріалу / Тесьолкін В.В., Гончарук В.В.; заявник і патентоволодар Інститут колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАНУ. - 2000074599; заявл. 31.07.2000; опубл. 15.10.2003, Бюл. № 10. - 4 с.
3. Патент на винахід 98405 Україна, МПК B02C 25/00. Спосіб регулювання газоструминного подрібнення / Пілов П.І., Горобець Л.Ж., Прядко Н.С.; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ. - а201100939; заявл. 28.01.2011; опубл. 10.05.2012, Бюл. № 9. - 4 с.
4. Горобець Л.Ж. Акустические характеристики гранулометрических распределений частиц в процессе измельчения кварцевых песков / Л.Ж. Горобец, Н.С. Прядко // Автоматизація виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні № 45. - 2011. - 336-340.
5. Пилов П.И. Исследование амплитудных распределений акустических сигналов процесса струйного измельчения / Пилов П.И., Горобець Л.Ж., Н.С. Прядко, Л.А. Цыбулько, Ю.И. Тюрня // Разработка рудных месторождений, Кривой Рог. - 2011. - вып. 94. - С. 266-268.
6. Патент на винахід 104427 Україна, МПК B02C 25/00. Спосіб моніторингу струминного подрібнення і газоструминний млин / Пілов П.І., Горобець Л.Ж., Прядко Н.С.; заявник і патентоволодар Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ. - а201016004; заявл. 21.12.2010; опубл. 10.02.2014, Бюл. № 3. - 6 с.

#### ФОРМУЛА ВІНАХОДУ

1. Спосіб визначення гранулометричного складу суміші сипучого матеріалу в потоці в процесі подрібнення, що включає дискретне вимірювання сигналу в потоці сипучого матеріалу акустичним датчиком первинної інформації, формування масиву експериментальної інформації, що оновлюється, який **відрізняється** тим, що встановлюють залежність величини розміру часток різних класів крупності із суміші від максимальної амплітуди сигналів первинної інформації, експериментально визначають розподіл амплітуд поточних сигналів за величиною та, враховуючи вказані розподіл і залежність, визначають гранулометричний склад суміші часток у потоці.
2. Спосіб визначення гранулометричного складу суміші сипучого матеріалу в потоці в процесі подрібнення за п. 1, який **відрізняється** тим, що вибирають величини характерної амплітуди з первинної інформації для часток різних класів крупності, встановлюють залежність величини розміру часток від характерної амплітуди, за допомогою якої визначають вихід частинок суміші характерної крупності, враховуючи амплітуду поточних сигналів.



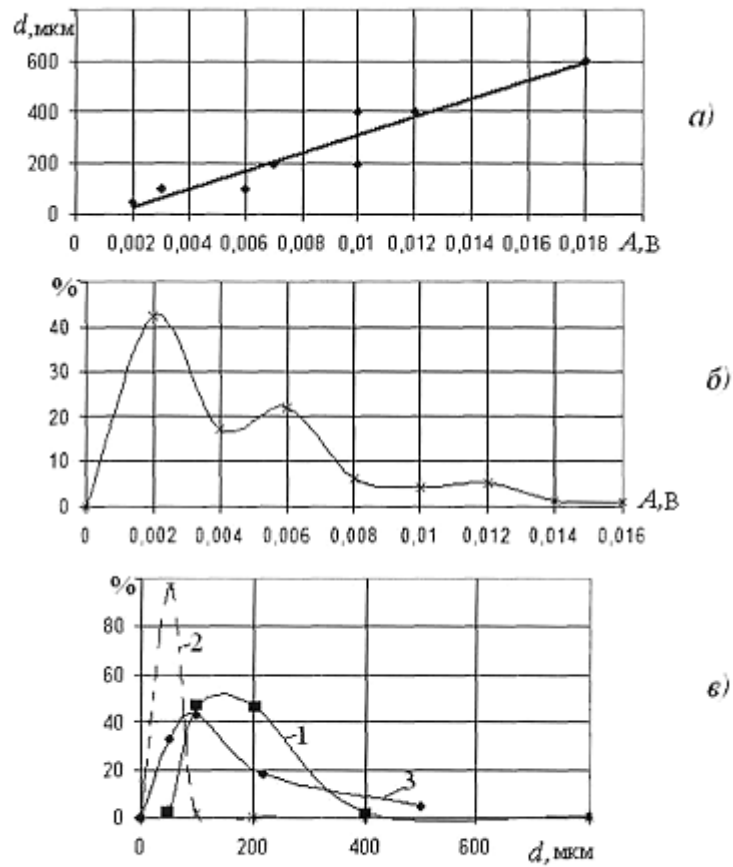
Фиг. 1



Фиг. 2



Фіг. 3



Фиг. 4

Комп'ютерна верстка О. Гергіль

Міністерство економічного розвитку і торгівлі України, вул. М. Грушевського, 12/2, м. Київ, 01008, Україна

ДП "Український інститут інтелектуальної власності", вул. Глазунова, 1, м. Київ – 42, 01601