



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **127225** (13) **C2**  
(51) МПК

**B01J 2/02** (2006.01)

**B01J 2/06** (2006.01)

**B01J 2/18** (2006.01)

**A23P 10/20** (2016.01)

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ  
ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ  
"УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ  
ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ"

## (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: **а 2020 06926**

(22) Дата подання заявки: **28.10.2020**

(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **15.06.2023**

(41) Публікація відомостей про заявку: **25.08.2021, Бюл.№ 34**

(46) Публікація відомостей про державну реєстрацію: **14.06.2023, Бюл.№ 24**

(72) Винахідник(и):

**Склабінський Всеволод Іванович (UA),  
Кононенко Микола Петрович (UA),  
Скиданенко Максим Сергійович (UA),  
Ляпощенко Олександр  
Олександрович (UA),  
Павленко Іван Володимирович (UA),  
Наталуха Андрій Романович (UA)**

(73) Володілець (володільці):

**СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ,  
вул. Римського-Корсакова, буд. 2, м. Суми,  
40007 (UA)**

(74) Представник:

**Гудков Сергій Миколайович**

(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:

WO 2006111417 A1, 26.10.2006

UA 87408 C2, 10.07.2009

UA 90980 C2, 10.06.2010

UA 44860 C2, 15.03.2002

RU 2422196 C1, 27.06.2011

US 2011049737 A1, 03.03.2011

JP 2006212550 A1, 17.08.2006

JP H03202138 A, 03.09.1991

Склабинский В.И. Исследование влияния вибраций на гидродинамику струи расплава виброгрануляторов производства азотных удобрений / В.И. Склабинский, М.С. Скиданенко, А.Н. Демченко //

Технологический аудит и резервы производства. - 2015. - № 5(7). - С. 12-15  
SU 1493302 A1, 15.07.1989

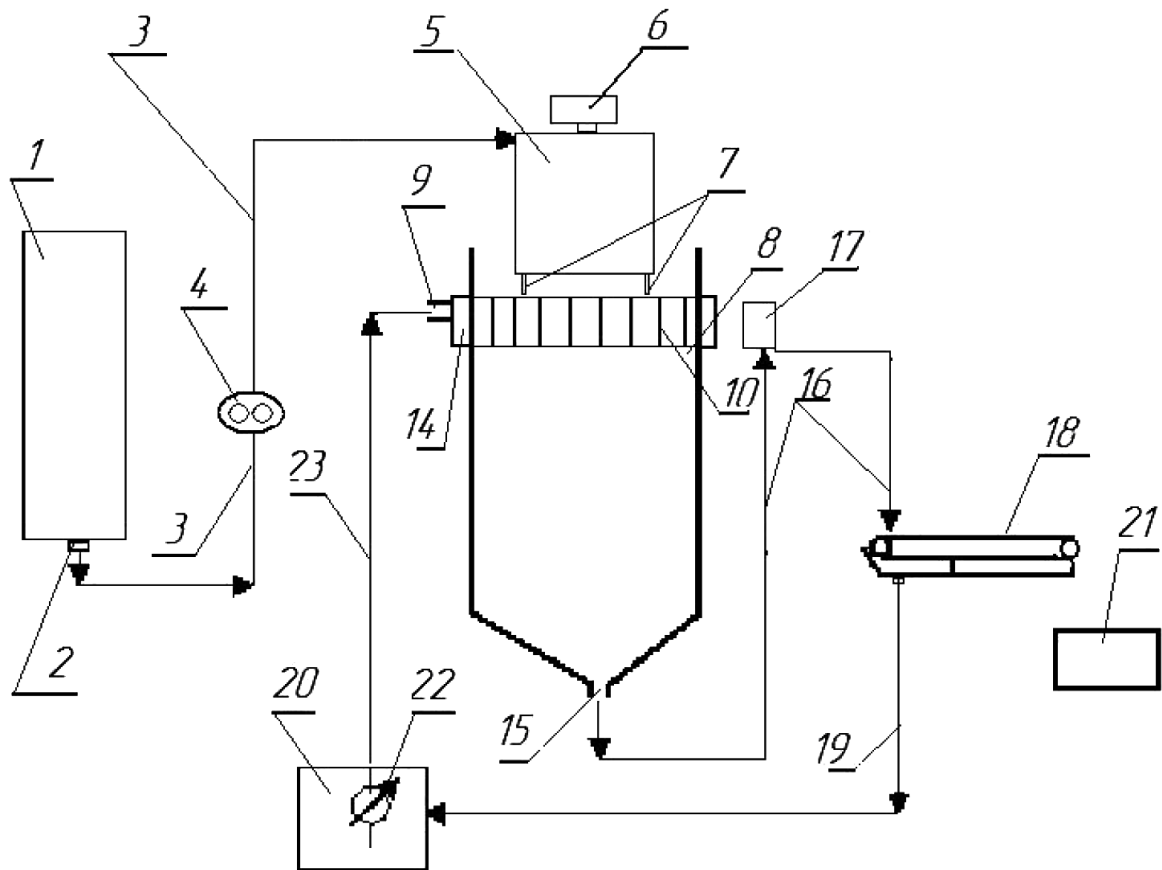
## (54) УСТАНОВКА ДЛЯ ОТРИМАННЯ ГРАНУЛЬОВАНИХ МАТЕРІАЛІВ З ВІЛЬНОДИСПЕРСНИХ СИСТЕМ

(57) Реферат:

Винахід належить до галузі хімічної технології та хімічного машинобудування і може бути використаний в хімічній, харчовій та інших галузях промисловості при виготовленні, наприклад, носіїв каталізаторів, сфер ядерного палива, гранульованої сірки тощо. Установка для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, яка містить встановлені в технологічній послідовності і з'єднані трубопроводами апарат для приготування вільнодисперсної системи, дозуючий пристрій з соплами для формування крапель вільнодисперсної системи, розташовану під соплами колону для формування та затвердіння гранул з вхідним отвором для подачі рідини для затвердіння в колону та вихідним отвором для

UA 127225 C2

відводу рідини для затвердіння з гранулами, розташованим в нижній частині колони, сепаратор для відділення потоку рідини для затвердіння від гранул, ємність для збору гранул та ємність для приймання рідини для затвердіння і насос для її подачі в колону. Установка характеризується тим, що містить вібраційний пристрій, встановлений на трубопроводі перед дозуючим пристроєм або на дозуючому пристрої, а вхідний отвір для подачі рідини для затвердіння в колону виконаний в циліндричному розподільнику, що встановлений у верхній частині колони та складається з коаксіально розміщених зовнішньої та внутрішньої оболонок, і на внутрішній оболонці, по всій її боковій поверхні, виконані вертикальні прорізи з направляючими лопатями, встановленими під кутом від 5° до 30° до бокової поверхні внутрішньої оболонки. Винахід забезпечує підвищення монодисперсності гранулометричного складу гранул.



Фіг. 2

Взаємозв'язана група винаходів належить до галузі хімічної технології та хімічного машинобудування, зокрема стосується способу та обладнання з виробництва гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, і може бути використана в хімічній, харчовій та інших галузях промисловості при виготовленні, наприклад, носіїв каталізаторів, сфер ядерного палива, гранульованої сірки тощо.

Відомий спосіб для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, що містить стадії приготування вільнодисперсної системи, дозування крапель та їх формування в гранули в нерухомій рідині для затвердіння, сепарації потоку рідини від гранул, приймання рідини і її подачі на стадію формування гранул [патент на винахід РФ 2152746, опубл. 20.07.2000р.].

За цим способом неможливо отримати якісні монодисперсні гранули, оскільки на стадіях дозування і формування гідродинамічні умови контакту фаз крапля вільнодисперсної системи → рідина для затвердіння приводить до порушення процесу гранулоутворення та до утворення некондиційних отверділих часток. Краплі, що продукуються на стадії дозування, надходять на стадію формування безперервно і, потрапляючи на частки, які знаходяться в поверхневому шарі рідини, або розбиваються на них, або укрупнюються. Описане явище унеможливорює стабільний процес гранулоутворення та отримання якісних гранул монодисперсного фракційного складу та ведення процесу грануляції в цілому.

Відомий спосіб для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, вибраний як прототип, що містить стадію приготування вільнодисперсної системи, стадію дозування краплями та стадію формування гранул в рідині для затвердіння, з подачею цієї рідини на початок стадії формування та відведення її надлишку з агломерованими некондеційними частинками та після завершення стадії формування з гранулами на стадію їх сепарації для відділення рідини від гранул, приймання гранул та рідини і її подачі на стадію формування гранул [патент на винахід РФ № 2096977, опубл. 27.11.1997].

На стадії дозування утворення крапель вільнодисперсної системи відбувається за рахунок безпосереднього накладання вібрації на рухомий пристрій для їх формування, який має можливість переміщуватись у вертикальній та горизонтальній площинах. Наявність рухомих складових на стадії дозування крапель вільнодисперсної системи приводить до виникнення неробочих частот гармонік, що впливають на процес утворення крапель, і, як результат, до погіршення монодисперсності крапель (гранул).

На стадії формування гранул, входження крапель вільнодисперсної системи відбувається в поверхневий шар рідини для затвердіння. При цьому в рідині для затвердіння організований ламінарний поверхневий потік, який призначений для відведення агломерованих часток, які утворилися при руйнуванні деяких крапель вільнодисперсної системи при їх входженні в рідину для затвердіння. Однак, своєчасне відведення агломерованих та подрібнених часток з поверхні рідини для затвердіння не завжди відбувається вчасно, том, краплі вільнодисперсної системи при зіткненні з ними зливаються або подрібнюються, що перешкоджає отриманню монодисперсного гранулометричного складу гранул. Це пояснюється тим, що при малих значеннях швидкості потоку поверхневого шару рідини на початку стадії формування частки не встигають видалятися з поверхневого шару і краплі, що надходять безперервно на цю стадію, потрапляючи на ці частки або розбиваються, стикаючись з ними, або укрупнюються, процес гранулоутворення порушується. Підвищення швидкості потоку рідини на початку стадії формування призводить до розбивання гранул в результаті взаємодії з інтенсивним гідродинамічним потоком, тим самим, порушуючи процес гранулоутворення, що в цілому також погіршує якість та монодисперсність гранулометричного складу гранул. Окрім цього, швидкість руху рідини для затвердіння в поверхневому шарі не постійна і має більші значення в центральній частині потоку і застійні зони на периферії. Це також призводить до неповного видалення агломерованих часток з поверхневого шару рідини і, як результат, призводить до втрат матеріалу вільнодисперсної системи, погіршує монодисперсність гранулометричного складу гранул.

Відома установка для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, що містить встановлені в технологічній послідовності і з'єднані трубопроводами: апарат для приготування вільнодисперсної системи, дозуючий пристрій, в якому сопла для диспергування цих матеріалів встановлені з можливістю вертикального переміщення, розташовану під цими соплами колону з рідиною для формування та затвердіння гранул, сепаратор для відділення потоку цієї рідини від гранул, ємність для приймання рідини і насос для її подачі в колону [Авторське свідоцтво СРСР № 1641252, опубл. 15.04.91].

На цій установці неможливо отримати якісні монодисперсні гранули, оскільки відбувається утворення плаваючих на поверхні нерухомої рідини отверділих часток. Краплі, що надходять в

колону безперервно, потрапляючи на ці частки або розбиваються на них, або укрупнюються, процес гранулоутворення порушується. Описане явище унеможливує отримання якісних гранул, вимагає зупинок установки для видалення цих часток-агломератів з поверхні рідини для затвердіння.

5 Відома, вибрана як прототип, установка для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, яка містить встановлені в технологічній послідовності і з'єднані трубопроводами апарат для приготування вільнодисперсної системи, розміщений над колоною дозуючий пристрій з соплами для формування крапель вільнодисперсної системи, при цьому дозуючий пристрій підвішений на штоках та з'єднаний з приводом за допомогою кривошипа, розташовану під соплами колоною з рідиною для формування та затвердіння гранул, яка має у  
10 верхньому торці сполучений з її порожниною горизонтальний канал з двома симетрично розташованими на його кінцях камерами. Вхідний отвір для подачі рідини для формування та затвердіння гранул виконаний в одній з камер, друга камера через отвір в нижньому торці сполучена з сепаратором для відведення надлишку рідини для затвердіння з агломерованими частинками. Колона, в нижній частині має вихідний отвір для відводу рідини для затвердіння з  
15 гранулами, сепаратор для відділення потоку рідини для затвердіння від гранул, ємність для збору гранул матеріалу та ємність для приймання рідини для затвердіння, і насос для її подачі в колоною [патент на винахід РФ № 2096977, опубл. 27.11.1997].

При роботі установки, рідина для формування та затвердіння гранул подається через камеру каналу в колоною. Одночасно включається привод, який за допомогою кривошипа передає дозуючому пристрою з соплами циклічний рух по колу в межах площини колони. Краплі вільнодисперсної системи, які утворюються на виході із сопел, падають вниз на поверхню рідини для формування та затвердіння гранул в колоні. Кожна крапля повинна входити в рідину по своїй траєкторії, але повністю виключити руйнування та зіткнення крапель неможливо, тому  
25 утворюються острівки агломерованих часток, які видаляються за рахунок організації поверхневого ламінарного потоку при надходженні рідини для затвердіння гранул. Рідина для затвердіння гранул переливається в камеру, захоплюючи з собою агломеровані частки. Наявність у верхній частині колони вхідного отвору для подачі рідини для затвердіння гранул та отвору для відведення її надлишку з агломерованими частинками не дає можливості повністю  
30 очистити поверхню рідини від плаваючих отверділих часток.

Крім того, сопла для диспергування вільнодисперсної системи встановлені з можливістю горизонтального та вертикального переміщення, і подача крапель відбувається з сопел рухомого дозуючого пристрою. В результаті цього, до матеріалу вільнодисперсної системи передаються вібрації, які з'являються за рахунок роботи кривошипно-шатунного механізму  
35 приводу дозуючого пристрою. Це спричиняє їх накладання на процес розпаду струменів матеріалу та утворення крапель, підвищує нерівномірність розміру крапель, що утворюються, і, як результат, погіршує монодисперсність гранулометричного складу гранул, що отримуються.

В основу першого із групи винаходів поставлено задачу удосконалення способу отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем при гранулюванні в рідину, шляхом зміни умов формування крапель на стадії їх дозування та гідродинамічних параметрів руху рідини для затвердіння на стадії формування гранул, що дасть змогу поліпшити монодисперсність крапель та умови їх розподілу на поверхні рідини для затвердіння, запобігти потраплянню крапель одна на одну та їх злиттю на поверхні розподілу фаз крапля вільнодисперсної системи → рідина для затвердіння.

45 В основу другого із групи винаходів поставлено задачу удосконалення установки для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем шляхом зміни її конструктивних елементів, що дозволить поліпшити гідродинамічні характеристики руху рідини для затвердіння в колоні, поліпшити механізм гранулоутворення та підвищити монодисперсність крапель (гранул).

50 Перша поставлена задача вирішується тим, що в способі для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, що включає стадію приготування вільнодисперсної системи, стадію дозування її краплями, стадію формування гранул у рідині для затвердіння, стадію відведення гранул з рідиною для затвердіння на сепарацію з наступним відведенням рідини для затвердіння на стадію формування гранул, згідно з винаходом, на стадії дозування утворення крапель відбувається завдяки вібрації вільнодисперсної системи, а на стадії формування гранул входження крапель вільнодисперсної системи здійснюється в поверхневий шар рідини для затвердіння, яка має обертальний рух відносно свого центра.

Передача вібрації з безпосереднім накладанням вібрації на матеріал вільнодисперсної системи на стадії дозування запобігає виникненню неробочих частот гармонік, які впливають на процес утворення крапель, і, як результат, підвищується монодисперсність крапель (гранул).  
60

Завдяки організації обертового руху рідини для затвердіння відносно свого центра кожна наступна крапля вільнодисперсної системи потрапляє на поверхню розподілу фаз газ  $\rightarrow$  рідина на відстані від попередньої краплі. Процес утворення крапель вільнодисперсної системи на стадії дозування та перехід їх на стадію формування гранул пояснюється на фіг. 1, де

5  
схематично зображено механізм отримання гранул. На вільнодисперсну систему передається вібрація та формуються краплі діаметром  $d_{кр}$  з частотою  $f$  (частота вібраційного пристрою). Крапля за час  $T$  проходить відстань  $L_1$  від сопла дозуючого пристрою до поверхневого шару рідини для затвердіння. За цей час попередня крапля, завдяки обертовій швидкості рідини для затвердіння  $V_{об}$  проходить відстань  $L_2$ .  $L_2$  - це відстань між попередньою та наступною

10  
краплями, які досягли поверхневого шару рідини для затвердіння. Таким чином, обертовий рух рідини для затвердіння сприяє тому, що кожна наступна крапля потрапляє на поверхневий шар рідини для затвердіння на відстані від попередньої краплі, за рахунок цього краплі уникають зіткнення та злиття.

Крім того, обертовий рух рідини для затвердіння прискорює надходження крапель на стадію

15  
формування гранул у рідину для затвердіння, завдяки виникненню додаткової до горизонтальної складової швидкості руху крапель ще й окружної складової швидкості.

Друга поставлена задача вирішується тим, що в установці для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, яка містить встановлені в технологічній послідовності і з'єднані трубопроводами апарат для приготування вільнодисперсної системи, дозуючий пристрій з соплами для формування крапель вільнодисперсної системи, розташований під соплами колону для формування та затвердіння гранул з вхідним отвором для подачі рідини для затвердіння в колону та вихідним отвором для відводу рідини для затвердіння з гранулами, розташованим в нижній частині колони, сепаратор для відділення потоку рідини для затвердіння від гранул, ємність для збору гранул та ємність для приймання рідини для затвердіння і насос для її подачі в колону, згідно з винаходом, установка містить вібраційний пристрій, встановлений на трубопроводі перед дозуючим пристроєм або на дозуючому пристрої, а вхідний отвір для подачі рідини для затвердіння в колону виконаний в циліндричному розподільнику, що встановлений в верхній частині колони та складається з коаксіально розміщених зовнішньої та внутрішньої оболонки, і на внутрішній оболонці, по всій її

20  
боковій поверхні, виконані вертикальні прорізи з направляючими лопатями, встановленими під кутом від  $5^\circ$  до  $30^\circ$  до бокової поверхні внутрішньої оболонки.

Завдяки тому, що рідина для затвердіння подається під тиском в колону через циліндричний розподільник, в якому вона спочатку потрапляє між зовнішньою та внутрішньою оболонками, а потім через вертикальні прорізи, взаємодіючи з направляючими лопатями, забезпечується її

35  
обертальний рух відносно дозуючого пристрою з соплами, при цьому краплі потрапляють на поверхню розподілу фаз газ  $\rightarrow$  рідина на відстані одна від одної, що унеможливує попадання крапель одна на одну, і, відповідно, їх злиття та дроблення, що призводить до підвищення монодисперсності гранулометричного складу гранул.

Окрім цього, встановлення вібраційного пристрою на трубопроводі подачі вільнодисперсної системи до дозуючого пристрою або на нерухомому дозуючому пристрої дає можливість передавати вібрацію на матеріал вільнодисперсної системи без послаблення амплітуди та виникнення додаткових гармонік коливання. Це пояснюється тим, що при передачі вібрації в системі вібраційний пристрій - вільнодисперсна система відсутні пристрої (механізми), завдяки яким можуть виникати додаткові гармоніки неробочих частот вібрацій та спотворюватися параметри робочої частоти вібрації та її амплітуди.

45  
Приклад конкретного виконання способу:

На стадію приготування вільнодисперсної системи подають порошок гідроксиду оксиду алюмінію ( $Al(OH)_3$ ) в кількості 0,2285 масових частин, азотну кислоту, в кількості 0,0240 масових частин (в перерахунку на 100 %  $HNO_3$ ) та воду - решта, де їх змішують протягом 30 хвилин.

50  
Після цього отриману вільнодисперсну систему подають по трубопроводу, вібруючи її з частотою  $f$  60 Гц, на стадію дозування крапель, де отримана вільнодисперсна система у вигляді крапель, з швидкістю витікання 0,4 м/с витікає через сопла діаметром 0,001 м. При такому складі вільнодисперсної системи сформовані краплі, діаметр яких  $d_{кр}=1,9 \times 10^{-3}$  м, а частота формування -  $f=60$  Гц падають на поверхневий шар рідини для затвердіння стадії формування

55  
гранул в колону, в яку подається аміачна вода концентрацією 15 %  $NH_3$  в кількості 0,003 м<sup>3</sup>/с, що забезпечує швидкість обертання поверхні рідини для затвердіння  $V_{об}=0,5$  м/с. Відстань між краплями на поверхні рідини для затвердіння становить  $6 \times 10^{-3}$  м. Час формування гранул в колоні становить 15 с.

Сформовані гранули разом з аміачною водою з стадії формування гранул безперервно відводяться на стадію відведення гранул, де відбувається розподіл на гранули та аміачну воду, яка повертається на стадію формування гранул.

Ступінь монодисперсності гранул продукту діаметром 1,8-2,0 мм становить понад 98 %.

5 Суть винаходу установки пояснюється кресленнями, де на фіг. 2 схематично зображений загальний вигляд установки, на фіг. 3 схематично зображений варіант виконання циліндричного розподільника.

10 Установка містить (фіг. 2, фіг. 3) апарат 1 для приготування вільнодисперсної системи, в якому встановлений штуцер 2 для подачі вільнодисперсної системи по трубопроводу 3 до насоса 4 та дозуючого пристрою 5. На трубопроводі 3 між насосом 4 та дозуючим пристроєм 5 або на нерухомому дозуючому пристрої 5 встановлений вібраційний пристрій 6. В дозуючому пристрої 5 виконані сопла 7, для подачі вільнодисперсної системи до колони 8. В колоні 8 встановлений патрубок 9, який знаходиться на циліндричному розподільнику 10, який являє собою коаксіально розміщені циліндричні оболонки: зовнішню 11 та внутрішню 12. Внутрішня

15 циліндрична оболонка 12 має вертикальні прорізи 13 з направляючими лопатями 14. Направляючі лопаті 14 встановлені вертикально по всій окружності внутрішньої циліндричної оболонки 12 під кутом від 5° до 30° до бокової поверхні внутрішньої оболонки. Колона 8 в нижній частині має вихідний отвір 15 для відведення рідини для затвердіння з гранулами за допомогою трубопроводу 16 через пристосування 17 до сепаратора 18. Пристосування 17 являє собою переливний засіб, що забезпечує задану швидкість руху рідини для затвердіння з гранулами по трубопроводу 16 і заданий рівень цієї рідини в колоні 8. Сепаратор 18 з'єднаний за допомогою трубопроводу 19 з ємністю 20 для рідини для затвердіння та з ємністю 21 гранул.

20 Ємність 20 рідини для затвердіння з'єднана з насосом 22 та патрубком 9 колони 8 трубопроводом 23.

25 Установка відповідно до винаходу працює наступним чином.

30 З апарата 1 для приготування вільнодисперсної системи через штуцер 2 вільнодисперсна система подається по трубопроводу 3 до насоса 4 та до дозуючого пристрою 5. Вібраційний пристрій 6, який встановлений на трубопроводі 3 або безпосередньо на дозуючому пристрою 5, накладає вібрацію на потік вільнодисперсної системи. Вільнодисперсна система надходить до дозуючого пристрою 5 і через сопла 7 подається у вигляді крапель до колони 8. Завдяки вібраційному пристрою 6 краплі мають однаковий розмір.

35 Рідину для затвердіння в колону 8 подають з тиском через патрубок 9, що знаходиться на зовнішній циліндричній оболонці 11 циліндричного розподільника 10. З патрубку 9 рідина надходить у простір між зовнішньою циліндричною оболонкою 11 та внутрішньою циліндричною оболонкою 12 та через прорізи 13 внутрішньої циліндричної оболонки 12 та завдяки направляючим лопатям 14 отримує обертальний рух, потрапляючи в колону 8.

40 Завдяки обертальному руху рідини для затвердіння краплі вільнодисперсної системи з сопел 7 дозуючого пристрою 5 потрапляють на поверхню рідини на відстані одна від одної. Проходячи колону 8, краплі вільнодисперсної системи вступають у взаємодію з рідиною для затвердіння та перетворюються в гранули. Гранули з рідиною для затвердіння через вихідний отвір 15, що знаходиться в нижній частині колони 8, по трубопроводу 16 надходять до пристрою 17. За допомогою висоти розміщення цього пристрою регулюється надходження гранул з рідиною до сепаратора 18, в якому відбувається розподіл потоку на рідину для затвердіння та гранули. Рідина для затвердіння по трубопроводу 19 надходить до ємності 20, з якої насосом 22 по трубопроводу 23 знову подається до патрубку 9 колони 8.

45 Гранули з сепаратора 18 надходять до ємності 21.

#### ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

50

Установка для отримання гранульованих матеріалів з вільнодисперсних систем, яка містить встановлені в технологічній послідовності і з'єднані трубопроводами апарат для приготування вільнодисперсної системи, дозуючий пристрій з соплами для формування крапель вільнодисперсної системи, розташовану під соплами колону для формування та затвердіння

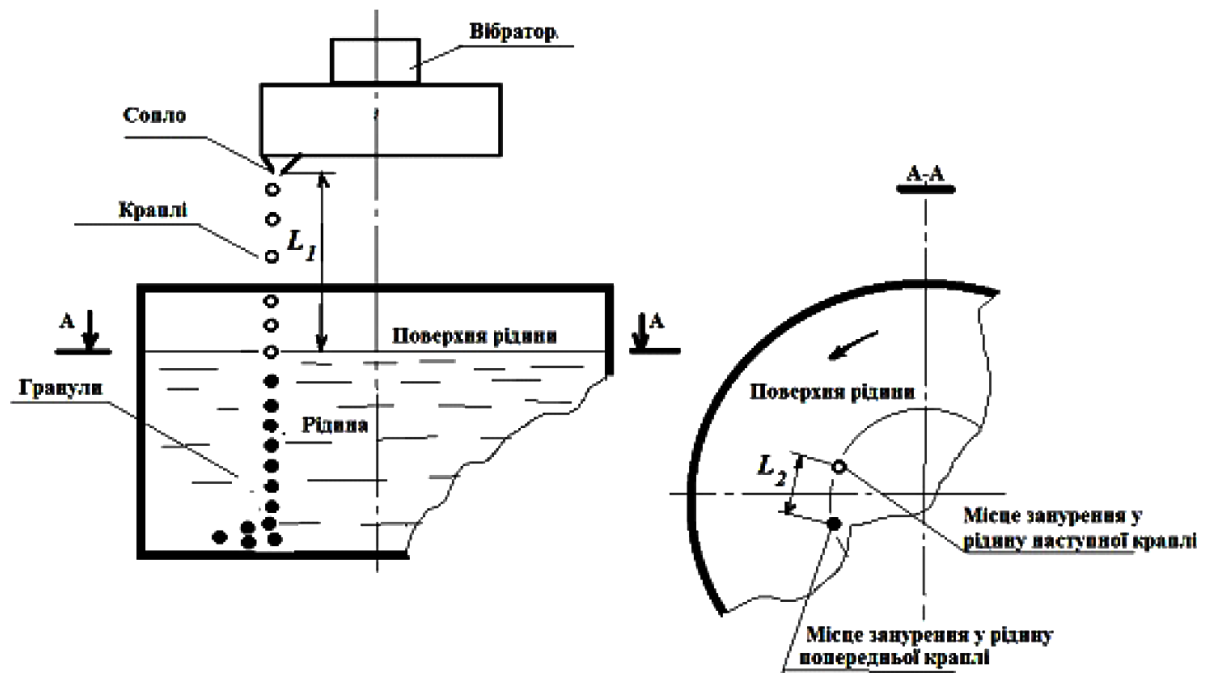
55

гранул з вхідним отвором для подачі рідини для затвердіння в колону та вихідним отвором для відводу рідини для затвердіння з гранулами, розташованим в нижній частині колони, сепаратор для відділення потоку рідини для затвердіння від гранул, ємність для збору гранул та ємність для приймання рідини для затвердіння і насос для її подачі в колону, яка **відрізняється** тим, що установка містить вібраційний пристрій, встановлений на трубопроводі перед дозуючим

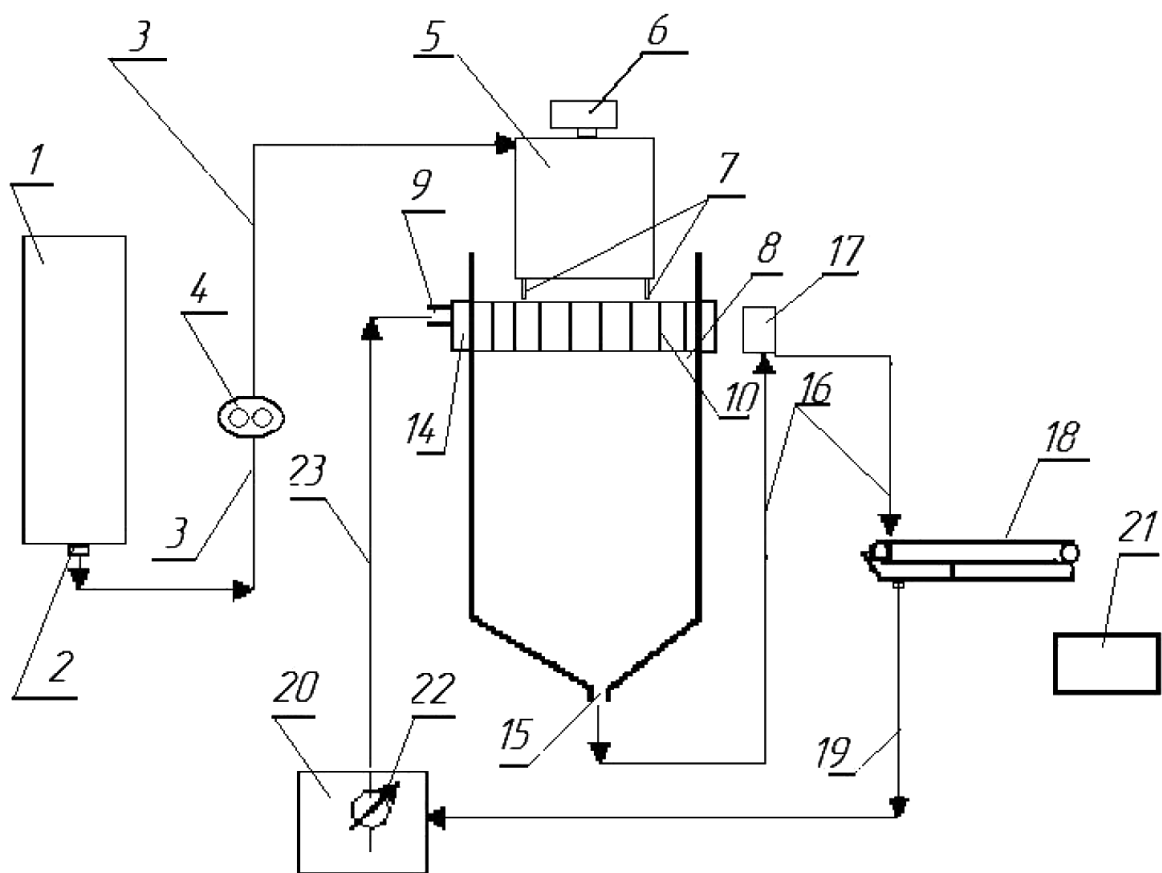
60

пристроєм або на дозуючому пристрої, а вхідний отвір для подачі рідини для затвердіння в

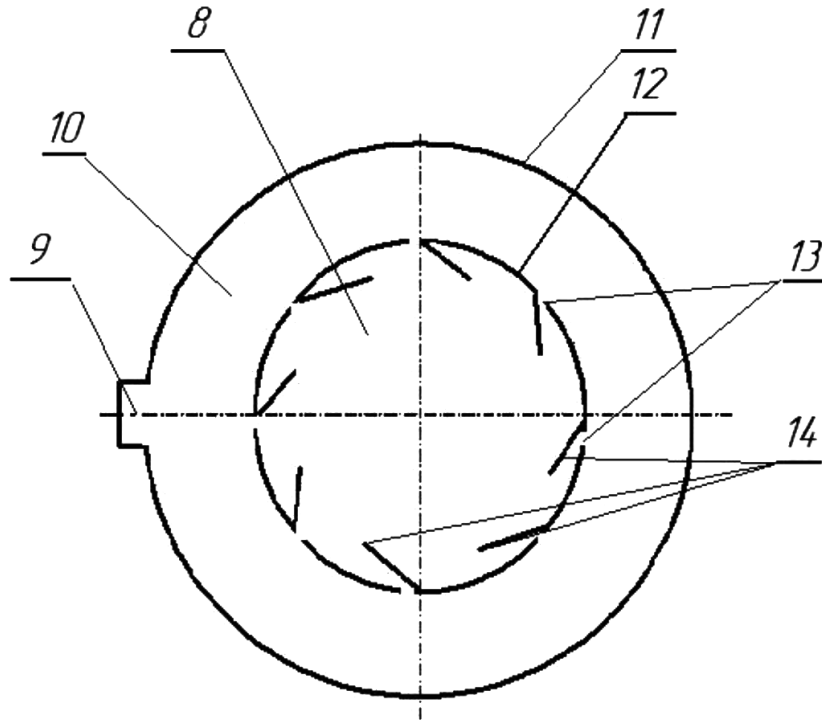
колону виконаний в циліндричному розподільнику, що встановлений у верхній частині колони та складається з коаксіально розміщених зовнішньої та внутрішньої оболонок, і на внутрішній оболонці, по всій її боковій поверхні, виконані вертикальні прорізи з направляючими лопатями, встановленими під кутом від 5° до 30° до бокової поверхні внутрішньої оболонки.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фиг. 3