



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 108695

(13) C2

(51) МПК

F26B 17/10 (2006.01)

F26B 3/08 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2013 13969

(22) Дата подання заявки: 02.12.2013

(24) Дата, з якої є чинними
права на винахід: 25.05.2015

(41) Публікація відомостей
про заявку: 10.12.2014, Бюл.№ 23

(46) Публікація відомостей
про видачу патенту: 25.05.2015, Бюл.№ 10

(72) Винахідник(и):

Коваленко Микола Дмитрович (UA),
Кузьменко Микола Петрович (UA),
Кіріченко Олександр Олегович (UA),
Тітов Ніл Олександрович (UA),
Коломієць Руслан Володимирович (UA),
Стрельников Геннадій Опанасович (UA),
Прядко Наталія Сергіївна (UA),
Черниш Богдан Сергійович (UA)

(73) Власник(и):

ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ МЕХАНІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ
І ДЕРЖАВНОГО КОСМІЧНОГО
АГЕНТСТВА УКРАЇНИ,
вул. Лешко-Попеля, 15, м. Дніпропетровськ,
49005 (UA)

(56) Перелік документів, взятих до уваги
експертизою:

SU 709933 A1, 18.01.1980
SU 1132892 A, 07.01.1985
SU 373498 A1, 21.06.1973
RU 2059174 C1, 27.04.1996
RU 64749 U1, 10.07.2007
GB 1432859 A, 22.04.1976
EP 0857930 A1, 12.08.1998
US 6189234 B1, 20.02.2001
JPH 01296939 A, 30.11.1989
US 4076509 A, 28.02.1978
RU 2306509 C1, 20.09.2007
UA 58077 A, 15.07.2003
Каганович Ю.Я. Промышленные установки
для сушки в кипящем слое/ Ю.Я. Каганович,
А.Г. Злобинский. – Л.: Химия,
Ленинградское отд., 1970. – С. 7-13
Романков П.Г. Сушка во взвешенном
состоянии/ П.Г. Романков, Н.Б. Рашковская.
– Изд. 3-е, перераб. и доп. – Л.: Химия,
Ленинградское отд., 1979. – С. 134-135

(54) СПОСІБ СУШІННЯ СИПУЧИХ МАТЕРІАЛІВ ОДНОРІДНОГО ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ У ФОНТАНУЮЧОМУ ПРОШАРКУ ТА АЕРОФОНТАННА СУШИЛЬНА УСТАНОВКА З ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯМ

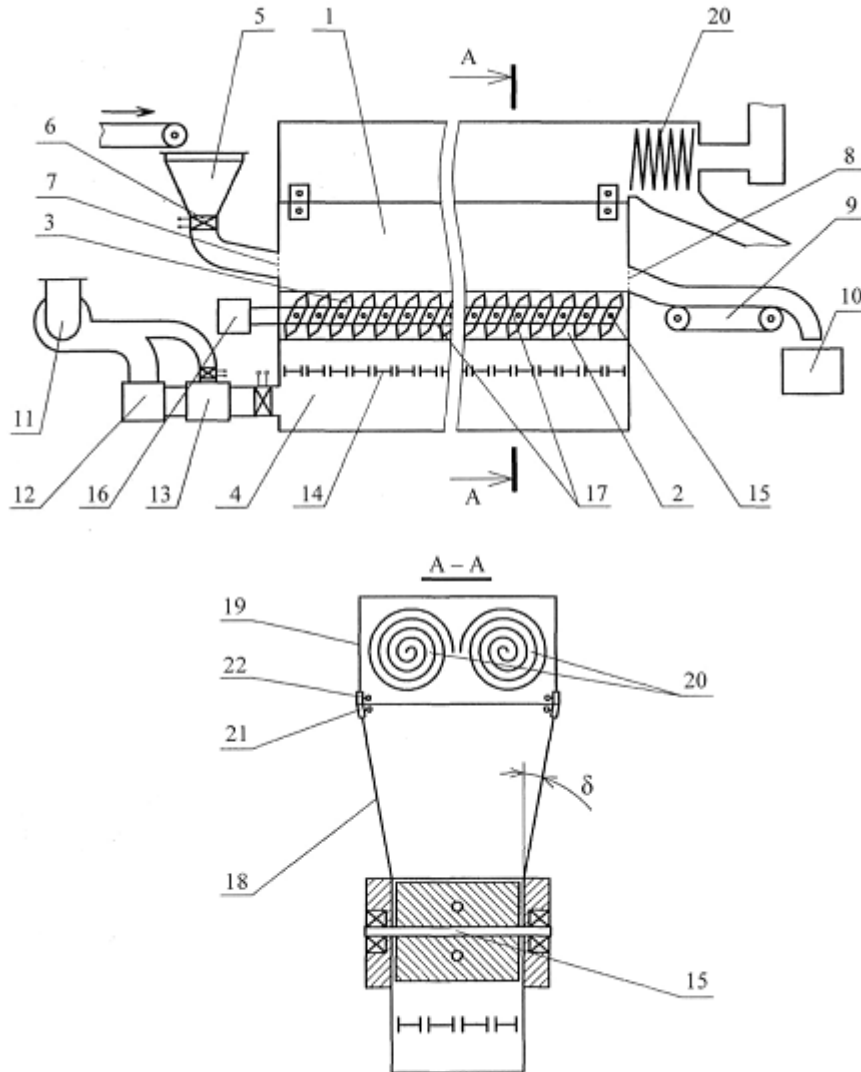
(57) Реферат:

Винахід належить до техніки сушіння сипучих матеріалів в зваженому стані фонтануючого прошарку, зокрема до техніки сушіння рослинного зернового матеріалу або однорідних гранул технологічного походження, і може бути використаний в агропромисловому комплексі, харчовій, фармацевтичній, хімічній та інших галузях промисловості

UA 108695 C2

Спосіб базується на застосуванні сушильної камери з газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою та поворотними лопатками, що дозволяє здійснити розподіл у просторі процесів завантаження, сушіння та вивантаження, не перериваючи загальний процес у часі

Аерофонтанна сушильна установка містить у собі камеру сушіння з газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою, у якій вмонтовано профільовані поворотні лопатки, з'єднані з силовим приводом системи контролю і керування процесом сушіння, що керує кутом повороту лопаток в процесі сушіння вологого матеріалу в фонтануючому прошарку. Перевагою винаходу є підвищення експлуатаційних характеристик сушильної установки та якості опрацьованого сипучого матеріалу.



Фиг. 1

Винахід належить до техніки сушіння сипучих матеріалів в зваженому стані фонтануючого прошарку, зокрема до техніки сушіння рослинного зернового матеріалу або однорідних гранул технологічного походження, і може бути використаний в агропромисловому комплексі, харчовій, фармацевтичній, хімічній та інших галузях промисловості.

5 В останні роки зростає практика використання техніки зваженого (киплячого, фонтануючого) прошарку сипучих матеріалів. Впровадження в промисловість цього технологічного методу взаємодії між твердою і газовою фазами дозволяє в ряді випадків замінити деякі періодичні (циклічні) процеси безперервними, при цьому можна скоротити тривалість процесу, підвищити ефективність використання енергоносіїв та продуктивність праці.

10 Відомі різноманітні способи сушіння сипучих матеріалів в фонтануючому прошарку, які відрізняються способами завантаження вологого матеріалу (зверху, збоку, знизу сушильної камери) в конусоподібні, циліндричні та прямокутні сушильні камери, вивантаження опрацьованого матеріалу зверху, збоку, знизу сушильної камери; відомі способи сушіння з підводом газу-теплоносія знизу, збоку тощо [1-7].

15 Для зазначеного вище типу матеріалу, що подається для сушіння, найбільш поширені і мають переваги способи, засновані на подачі вологого матеріалу із завантажувального контейнера збоку на газорозподільну прямокутну подову решітку з подачею газового теплоносія знизу через круглі або щілинні канали, виготовлені в решітці, та з вивантаженням опрацьованого (висушеного) продукту з решітки в приймальний контейнер. Такі способи і
20 сушильні установки відомі з багатьох джерел, зокрема [1, 2, 3, 5], вони використовуються в різних галузях техніки і господарства і є аналогами рішення, що заявляється.

Основними недоліками зазначених вище способів-аналогів є: періодичність або напівперіодичність дій етапів сушіння в установці (завантаження, сушіння, вивантаження), відносно невелика продуктивність технологічного процесу, труднощі забезпечення стійкості параметрів фонтануючого прошарку на різних етапах сушіння, можливість утворення застійних зон, складні конструктивні рішення по забезпеченню технологічності рівномірного завантаження
25 вологого матеріалу та вивантаження висушеного продукту.

Найбільш близьким аналогом (прототипом винаходу) способу, що заявляється, вибрано по ряду суттєвих ознак спосіб, описаний в [2, с. 7-13], який реалізовано в сушильній установці
30 конструкції БАТ "Беларуськалий" [5, с. 134-135].

По способу-прототипу винаходу, що заявляється, вологий матеріал із завантажувального контейнера через регулюючий орган подається з одного (завантажувального) боку на газорозподільну прямокутну щілинну решітку сушильної камери. Теплоносій подається в підрешітчастий простір сушильної установки. Далі через щілини газорозподільної прямокутної
35 щілинної решітки потік теплоносія направляється в прошарок насипного матеріалу, розріджує його і формує розрахунковий аерофонтанний прошарок. Матеріал прошарку після сушіння вивантажується через отвір вивантаження сушильної камери. Відпрацьований газовий теплоносій з дрібною "сміттевою" фракцією, яка утворюється над аерофонтанним прошарком після очищення в очисних спорудах подається до місця подальшого призначення (на утилізацію
40 тепла, в димохід тощо).

Це один із найбільш ефективних способів сушіння сипучого матеріалу, разом з тим він має ряд суттєвих недоліків, основні із них наступні:

- некерованість газорозподільної щілинної решітки, що ускладнює забезпечення стійкого процесу фонтанування прошарку над решіткою на всіх режимах роботи сушильної камери;
45 щілини газорозподільної щілинної решітки, які установлені з постійною оптимальною для номінального режиму роботи кутовою орієнтацією, не будуть оптимальними для інших режимів роботи;

- міжсопловий простір між щілинами газорозподільної щілинної решітки при постійній кутовій орієнтації щілин є аеродинамічною застійною зоною, в якій процес сушіння матеріалу є уповільненим, що призводить до появи нерівномірності вологовмісту матеріалу по об'єму
50 фонтануючого прошарку, при цьому знижується якість (рівномірність вологовмісту) опрацьованого (висушеного) матеріалу;

- при технологічних змінах режиму сушіння на етапах перезавантаження сушильної камери і розвантаження її від висушеного продукту неминує виникнення порушення стабільності
55 фонтанування матеріалу над решіткою;

- при подачі порції вологого матеріалу для рівномірного розподілу його по площині уздовж газорозподільної щілинної решітки необхідно застосовувати додаткові пристрої і технологічні операції, що ускладнює конструкцію і технологічний процес;

- передозування вологого матеріалу при завантаженні його на газорозподільну щілинну решітку призводить до нестійкого фонтанування або до утворення зон щільного прошарку з "прозорими" струменями газового теплоносія;

5 - великий гідравлічний опір відомих газорозподільних щілинних решіток потребує потужного обладнання для подачі газового теплоносія в сушильну камеру.

В основу винаходу поставлено задачу удосконалення відомого способу сушіння сипучого матеріалу шляхом регулювання процесу, що дозволяє здійснити розподіл у просторі процесів завантаження, сушіння та вивантаження, не перериваючи загальний процес у часі.

До загальних суттєвих ознак прототипу і способу, що заявляється, належать:

10 - подача вологого матеріалу із завантажувального контейнера через регулюючий орган з одного (завантажувального) боку сушильної камери на газорозподільну прямокутну щілинну решітку;

15 - нагнітаюча подача газового теплоносія потрібної температури в підрешітчастий простір сушильної камери і далі направлення його струменями в прошарок насипного матеріалу через щілини газорозподільної прямокутної щілинної решітки;

- сушіння матеріалу у фонтануючому прошарку над газорозподільною прямокутною щілинною решіткою до розрахункової сухості та вивантаження його з іншого (протилежного) боку сушильної камери через отвір вивантаження і далі в приймальний контейнер;

20 - направлення теплоносія і дрібної "сміттевої" фракції, що утворюється у складі теплоносія над аерофонтанним прошарком матеріалу при його сушінні, до очисних споруд і подача теплоносія після очищення до місця подальшого призначення.

Поставлена задача вирішується тим, що у новому способі сушіння вологий матеріал завантажується на газорозподільну продовгувату лопатково-щілинну решітку, теплоносій в підрешітчастому просторі сушильної камери проходить через перегородку вирівнювання тиску по всій площині перед газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою і направляється в прошарок вологого матеріалу щілинними струменями, утвореними газодинамічними каналами (соплами), вертикально вгору до стабілізації фонтануючого прошарку, після стабілізації фонтануючого прошарку матеріалу струмені теплоносія повертаються лопатками газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки в сторону місця вивантаження для переміщення опрацьованого матеріалу та зсипання його за призначенням, одночасно в сушильну камеру засипається новий вологий матеріал, який просувається, висушуючись, до місця вивантаження.

35 З метою підвищення якості опрацьованого матеріалу і технологічності процесу сушіння параметри фонтануючого прошарку вимірюються під час сушіння одночасно в зоні завантаження і в зоні вивантаження сипучого матеріалу, порівнюються і формуються керівні дії на зміну параметрів системи контролю і керування процесом сушіння, зокрема параметрів подачі теплоносія і зміну кута повороту лопаток газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки.

40 Задачею винаходу є також вдосконалення конструкції аерофонтанної сушильної установки шляхом застосування нових конструктивних рішень щодо впровадження нового способу сушіння вологого сипучого матеріалу. Це досягається тим, що у відомій сушильній камері з газорозподільною прямокутною щілинною решіткою, подачею теплоносія в підрешітчастий простір, з пристроями завантаження вологого матеріалу з одного боку сушильної камери і вивантаження опрацьованого матеріалу з іншого (протилежного) боку сушильної камери, відповідно до винаходу нового способу сушіння впроваджено нижчезазначені технічні рішення:

45 - газорозподільна решітка виготовлена лопатково-щілинною, витягнутої в довжину прямокутної форми ($l_d / l_w > 5$, де l_d - довжина і l_w - ширина решітки), має у своєму складі поворотні лопатки, які встановлені в одній площині на одній осі в конструктивній основі корпусу решітки, зазори між поворотними лопатками утворюють газодинамічні канали (сопла) для подачі газового теплоносія в прошарок вологого сипучого матеріалу;

50 - в підрешітчастому просторі сушильної камери виготовлено перегородку вирівнювання тиску газового теплоносія по всій площині перед газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою.

55 З метою підвищення експлуатаційних характеристик сушильної установки поворотні лопатки газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки виготовлені гексагонального профілю і з'єднані між собою та з силовим приводом системи контролю і керування процесом сушіння, що керує кутом повороту лопаток в процесі сушіння вологого матеріалу в фонтануючому прошарку, при цьому вісь повороту проходить через центр мас лопатки.

60 З метою підвищення якості сушильного процесу нижня частина сушильної камери виготовлена з похилими бічними стінками, які утворюють лійкоподібну, витягнуту в довжину

форму з розрахунковим кутом ($\delta < 30^\circ$) нахилу бічних стінок, які на розрахунковій висоті (залежній від вологості матеріалу, тиску, швидкості струменів теплоносія тощо) від площини газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки спрямовані до вертикальних (прямих) бічних стінок.

З метою підвищення якості сушіння та експлуатаційних характеристик сушильної установки в бічних стінках сушильної камери з торцевих боків завантаження та вивантаження сипучого матеріалу виготовлено люки і встановлено в них датчики параметрів фонтануючого матеріалу, з'єднані з системою контролю і керування процесом сушіння, наприклад, датчики висоти фонтануючого прошарку, що характеризують сухість початкового вологого і опрацьованого висушеного матеріалу.

Сукупність зазначених вище ознак винаходу:

- забезпечує стійкий регульований фонтануючий прошарок сипучого матеріалу в широкому діапазоні режиму і умов роботи;

- виключає можливість утворення аеродинамічних застійних зон по об'єму фонтануючого прошарку, а також забезпечує розрахункове зниження вологості матеріалу протягом всього шляху переміщення його уздовж газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки, тим самим забезпечуючи високу якість опрацьованого матеріалу, підвищення експлуатаційних характеристик сушильної установки і продуктивність технологічного процесу;

- знижує гідравлічний опір газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки і фонтануючого прошарку, що дозволяє знизити потужність обладнання для подачі газового теплоносія.

На фіг. 1 зображено аерофонтанну сушильну установку сипучих матеріалів у фонтануючому прошарку.

Сушильна установка містить у собі сушильну камеру 1, газорозподільну продовгувату лопатково-щілинну решітку 2 з поворотними лопатками 3, підрешітчастий простір 4, завантажувальний контейнер 5, регулюючий орган 6 подачі вологого матеріалу через отвір завантаження 7 сушильної камери, отвір вивантаження 8, транспортер 9, приймальний контейнер 10, вентилятор 11, теплообмінник 12 і форкамеру 13. В підрешітчастому просторі 4 встановлено перегородку вирівнювання тиску 14. Поворотні лопатки 3 повертаються на розрахунковий кут відносно осей 15 (розріз А - А). Поворот лопаток здійснюється за допомогою силового привода 16 через систему тяг 17. Нижня частина сушильної камери 1 виготовлена з похилими бічними стінками 18 (розріз А - А), які на розрахунковій висоті переходять у вертикальні бічні стінки 19, які утворюють простір камери, з'єднаний з очисними спорудами газового теплоносія, наприклад, зі шнековими фільтрувальними елементами 20. На початку вертикальних бічних стінок 19 сушильної камери з торцевих боків завантаження та вивантаження матеріалу виконано люки 21, у яких встановлено датчики 22 параметрів фонтануючого матеріалу.

Робота запропонованої сушильної установки здійснюється таким чином.

Вологий матеріал подається із завантажувального контейнера 5 через регулюючий орган 6 та отвір завантаження 7 до сушильної камери 1, одночасно до сушильної камери 1 подається газовий теплоносій, отриманий з повітря, яке вентилятором 11 направляється в теплообмінник 12, у форкамері 13 змішується з додатковим холодним повітрям для зниження його температури до робочого рівня, в підрешітчастому просторі 4 проходить крізь перегородку вирівнювання тиску 14 та через газодинамічні канали (сопла) нагнітаючими вертикальними струменями великої швидкості подається в прошарок вологого матеріалу до стабілізації фонтануючого прошарку. В процесі сушіння вологого матеріалу потік теплоносія поворотними лопатками 3 повертається на розрахунковий кут в бік вивантаження, завдяки чому частки вологого матеріалу, просуваючись уздовж газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки 2, поступово просушуються та при досягненні потрібної якості опрацьованого матеріалу зсипаються через отвір вивантаження 8 на транспортер 9 і далі в приймальний контейнер 10. В цей час нові порції вологого матеріалу подаються в фонтануючий прошарок над газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою 2 в місці завантаження. Процес завантаження, сушіння та вивантаження є розділеним у просторі, але не переривається у часі.

Реалізація запропонованого способу базується на тому, що газові струмені теплоносія відповідного складу і температури з розрахунковим тиском, швидкістю і кутом повороту лопаток в бік вивантаження мають забезпечити потрібні параметри опрацьованого (висушеного) матеріалу, що подається в приймальний контейнер. Зазначені параметри легко визначаються в конкретних умовах як вихідні дані, необхідні і достатні для формування технологічного процесу; вони залежать, в основному, від фізичних властивостей і початкової вологості матеріалу, що

подається, та деяких конструктивних особливостей сушильної камери. Спочатку вони визначаються розрахунковими методами і в подальшому уточнюються на стадії відпрацювання технологічного процесу для кожного матеріалу.

Для підвищення якості технологічного процесу в запропонованому способі застосовано систему контролю і керування процесом сушіння, яка містить, зокрема, силовий привід 16 повороту лопаток та датчики параметрів процесу 22; при цьому система регулює час перебування робочого матеріалу в сушильній камері 1.

Таким чином, перевагою винаходу є підвищення експлуатаційних характеристик сушильної установки, якості опрацьованого сипучого матеріалу, надійності і продуктивності виробництва.

Джерела інформації:

1. Лыков А.В. Теория сушки / А. В. Лыков. - М.: Энергия, 1968. -472 с.
2. Каганович Ю.Я. Промышленные установки для сушки в кипящем слое / Ю.Я. Каганович, А.Г. Злобинский. - Л.: Химия, 1970. -176 с.
3. Сажин Б.С. Типовые сушилки со взвешенным слоем материала. Серия ХМ - 1 / Б.С. Сажин, Е.А. Чувпило. - М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1973. -70 с.
4. Гинзбург А.С. Сушка пищевых продуктов в кипящем слое / А.С. Гинзбург, В.А. Резчиков. - М.: Пищепромиздат, 1966. -200 с.
5. Романков П.Г. Сушка во взвешенном состоянии / П.Г. Романков, Н.Б. Рашковская. - Л.: Химия, 1979. -272 с.
6. Патент на изобретение 2306509 Российская федерация, МПК F26B 17/10. Аэрофонтанная сушилка / Кочетов О.С, Кочетова М.О., Львов Г.В., Кочетов С.С, Кочетов С.С; заявитель и патентообладатель Кочетов О.С. -2006114474/06; заявл. 28.04.2006; опубл. 20.09.2007, Бюл. № 26. -5 с.
7. Патент на винахід 58077 А Україна, МПК F23H 9/10. Спосіб спалювання палива у фонтануючому прошарку / Коваленко М.Д., Прядко Н.С; заявник і патентовласник Інститут технічної механіки ПАНУ і НКАУ. -2002097511; заявл. 17.09.2002; опубл. 15.07.2003, Бюл. № 7. - 4 с.

ФОРМУЛА ВИНАХОДУ

1. Спосіб сушіння сипучих матеріалів однорідного фракційного складу у фонтануючому прошарку, що реалізується шляхом подачі вологого матеріалу із завантажувального контейнера через регулюючий орган з одного завантажувального боку сушильної камери на газорозподільну прямокутну щілинну решітку, нагнітаючої подачі газового теплоносія потрібної температури в підрешітчастий простір сушильної камери і далі направленням його струменями в прошарок насипного матеріалу через щілини газорозподільної прямокутної щілинної решітки, сушінням матеріалу у фонтануючому прошарку над газорозподільною прямокутною щілинною решіткою до розрахункової сухості та вивантаження його з іншого протилежного боку сушильної камери через отвір вивантаження і далі в приймальний контейнер, з направленням теплоносія і дрібної "сміттевої" фракції, що утворюється у складі теплоносія над аерофонтанним прошарком матеріалу при його сушінні, до очисних споруд і з подачею теплоносія після очищення до місця подальшого призначення, який **відрізняється** тим, що вологий матеріал завантажується на газорозподільну продовговату лопатково-щілинну решітку, теплоносій в підрешітчастому просторі сушильної камери проходить через перегородку вирівнювання тиску по всій площині перед газорозподільною продовговатою лопатково-щілинною решіткою і направляється в прошарок вологого матеріалу щілинними струменями, утвореними газодинамічними каналами - соплами, вертикально вгору до стабілізації фонтануючого прошарку, після стабілізації фонтануючого прошарку матеріалу струмені теплоносія повертаються лопатками газорозподільної продовговатої лопатково-щілинної решітки в сторону місця вивантаження для переміщення опрацьованого матеріалу та зсипання його за призначенням, одночасно в сушильну камеру засипається новий вологий матеріал, який просувається, висихуючись, до місця вивантаження.

2. Спосіб сушіння сипучих матеріалів за п. 1, який **відрізняється** тим, що параметри фонтануючого прошарку вимірюються під час сушіння одночасно в зоні завантаження і в зоні вивантаження сипучого матеріалу, порівнюються і формуються керівні дії на зміну параметрів системи контролю і керування процесом сушіння, зокрема параметрів подачі теплоносія і зміну кута повороту лопаток газорозподільної продовговатої лопатково-щілинної решітки.

3. Аерофонтанна сушильна установка сипучих матеріалів у фонтануючому прошарку з газорозподільною прямокутною щілинною решіткою, подачею теплоносія в підрешітчастий простір, з пристроями завантаження вологого матеріалу з одного боку сушильної камери і

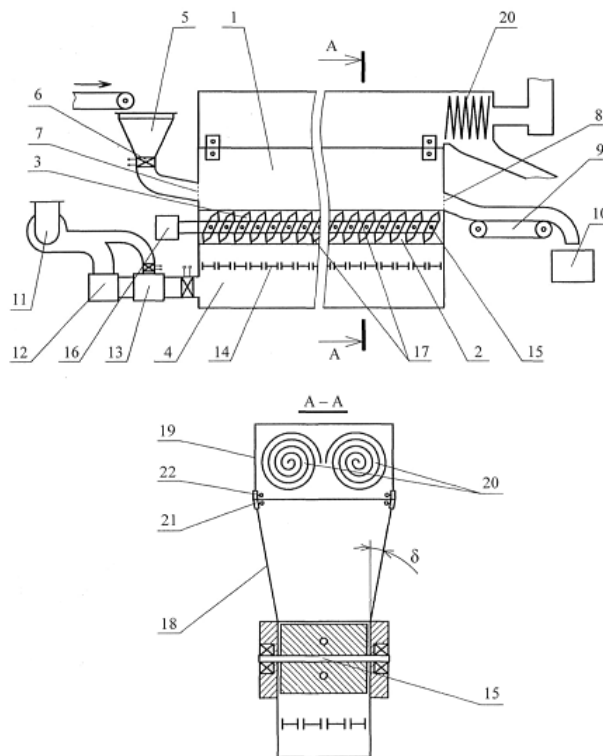
вивантаження опрацьованого матеріалу з іншого (протилежного) боку сушильної камери, яка **відрізняється** тим, що газорозподільна решітка виготовлена лопатково-щілинною, витягнутої в довжину прямокутної форми з $l_d/l_{\text{ш}} > 5$, де l_d - довжина і $l_{\text{ш}}$ - ширина решітки, має у своєму складі поворотні лопатки, які встановлені в одній площині на одній осі в конструктивній основі корпусу

решітки, зазори між поворотними лопатками утворюють газодинамічні канали - сопла для подачі газового теплоносія в прошарок вологого сипучого матеріалу; в підрешітчастому просторі сушильної камери виготовлено перегородку вирівнювання тиску газового теплоносія по всій площині перед газорозподільною продовгуватою лопатково-щілинною решіткою.

4. Аерофонтанна сушильна установка за п. 3, яка **відрізняється** тим, що поворотні лопатки газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки виготовлені гексагонального профілю і з'єднані між собою та з силовим приводом системи контролю і керування процесом сушіння, при цьому вісь повороту проходить через центр мас лопатки.

5. Аерофонтанна сушильна установка за пп. 3, 4, яка **відрізняється** тим, що нижня частина сушильної камери виготовлена з похилими бічними стінками, які утворюють лійкоподібну, витягнуту в довжину форму з розрахунковим кутом $\delta < 30^\circ$ нахилу бічних стінок, які на розрахунковій висоті від площини газорозподільної продовгуватої лопатково-щілинної решітки спрямовані до вертикальних прямих бічних стінок.

6. Аерофонтанна сушильна установка за пп. 3-5, яка **відрізняється** тим, що в бічних стінках сушильної камери з торцевих боків завантаження та вивантаження сипучого матеріалу виготовлено люки і встановлено в них датчики параметрів фонтануючого матеріалу, з'єднані з системою контролю і керування процесом сушіння.



Фіг. 1

Комп'ютерна верстка Л. Бурлак

Державна служба інтелектуальної власності України, вул. Василя Липківського, 45, м. Київ, МСП, 03680, Україна

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