



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК

F26B 5/02 (2021.02); F26B 17/22 (2021.02); F26B 17/24 (2021.02)

(21)(22) Заявка: 2020131458, 23.09.2020

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
23.09.2020Дата регистрации:  
12.10.2021

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 23.09.2020

(45) Опубликовано: 12.10.2021 Бюл. № 29

Адрес для переписки:

659305, Алтайский край, г. Бийск, ул. имени  
Героя Советского Союза Трофимова, 27,  
Бийский технологический институт (филиал)  
ФГБОУ ВО "Алтайский государственный  
технический университет им. И.И. Ползунова"  
(АлтГТУ), отдел научно-исследовательской  
работы сотрудников и преподавателей

(72) Автор(ы):

Нестеров Виктор Александрович (RU),  
Терентьев Сергей Александрович (RU),  
Тертишников Павел Павлович (RU),  
Хмельёв Владимир Николаевич (RU),  
Шалунов Андрей Викторович (RU)

(73) Патентообладатель(и):

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Алтайский государственный  
технический университет им. И.И.  
Ползунова" (АлтГТУ) (RU)

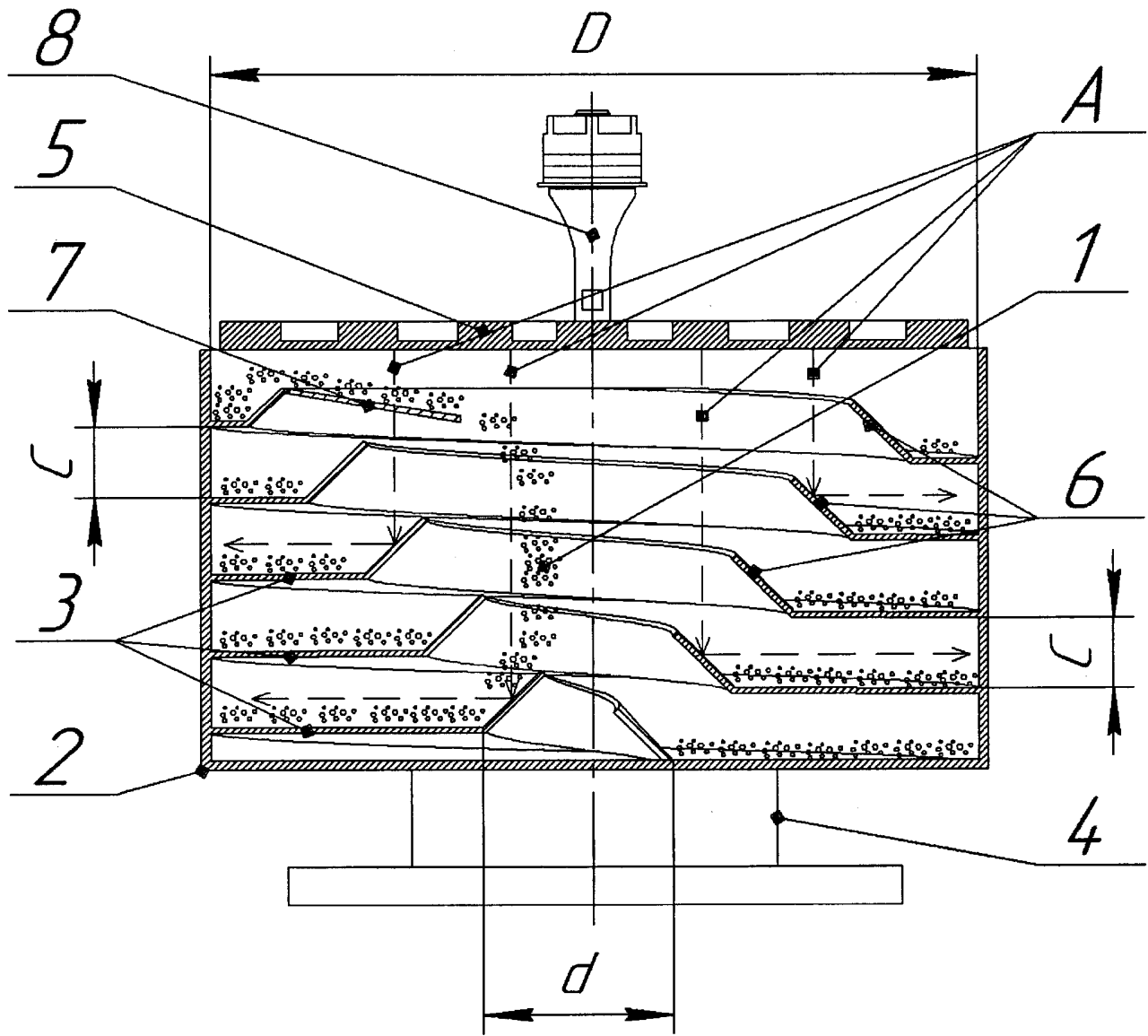
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 195247 U1, 21.01.2020. RU 147237  
U1, 27.10.2014. RU 132168 U1, 10.09.2013. SU  
1722384 A1, 30.03.1992. UZ 1129 U, 30.09.2016.  
US 3063848 A1, 13.11.1962. DE 0010358537 A1,  
24.02.2005. JP 0006135734 A, 17.05.1994A.

(54) Способ ультразвуковой сушки сыпучих материалов

(57) Реферат:

Изобретение относится к области сушки сыпучих материалов с применением ультразвуковых колебаний. Высушиваемый материал размещают в барабанной сушилке вертикального типа на поверхностях спирального лотка, внутренний диаметр которого увеличивается от нижней части барабана к верхней. Перемещение материала вверх по спиральному лотку обеспечивают за счет вибрации и вращения спирального лотка. При достижении высушиваемым материалом верхнего витка спирального лотка его пересыпают на нижний виток. Воздействие ультразвуковыми колебаниями на материал осуществляют непрерывно на частоте не менее 20 кГц с уровнем силы ультразвука не менее 145 дБ при многократном прохождении колебаний от

дискового излучателя до отражателей, выполненных на внутренней поверхности спиральной лотка под углом в 45 градусов, и далее между двумя последовательно расположенными на расстоянии не менее 15 мм витками спирального лотка и отражении от внутренней поверхности цилиндрического барабана. Изобретение должно обеспечить повышение производительности сушки за счет увеличения количества одновременно высушиваемого материала при сохранении затрат на энергетическое воздействие ультразвуковыми колебаниями и повышение качества конечного продукта за счет обеспечения равномерности ультразвукового воздействия на больший по размерам объем (массу) высушиваемого материала. 1 ил.



Способ сушки сыпучих материалов в барабанной сушилке  
вертикального типа

Фиг. 1

RU 2757201 C1

RU 2757201 C1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(51) Int. Cl.  
*F26B 5/02* (2006.01)  
*F26B 17/22* (2006.01)  
*F26B 17/24* (2006.01)

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC

*F26B 5/02 (2021.02); F26B 17/22 (2021.02); F26B 17/24 (2021.02)*(21)(22) Application: **2020131458, 23.09.2020**(24) Effective date for property rights:  
**23.09.2020**Registration date:  
**12.10.2021**

Priority:

(22) Date of filing: **23.09.2020**(45) Date of publication: **12.10.2021 Bull. № 29**

Mail address:

**659305, Altajskij kraj, g. Bijsk, ul. imeni Geroya  
Sovetskogo Soyuza Trofimova, 27, Bijskij  
tehnologicheskij institut (filial) FGBOU VO  
"Altajskij gosudarstvennyj tekhnicheskij  
universitet im. I.I. Polzunova" (AltGTU), otdel  
nauchno-issledovatel'skoj raboty sotrudnikov i  
prepodavatelej**

(72) Inventor(s):

**Nesterov Viktor Aleksandrovich (RU),  
Terentev Sergej Aleksandrovich (RU),  
Tertishnikov Pavel Pavlovich (RU),  
Khmelev Vladimir Nikolaevich (RU),  
Shalunov Andrej Viktorovich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhetnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Altajskij gosudarstvennyj  
tekhnicheskij universitet im. I.I. Polzunova"  
(AltGTU) (RU)**

(54) **METHOD FOR ULTRASONIC DRYING OF BULK MATERIALS**

(57) Abstract:

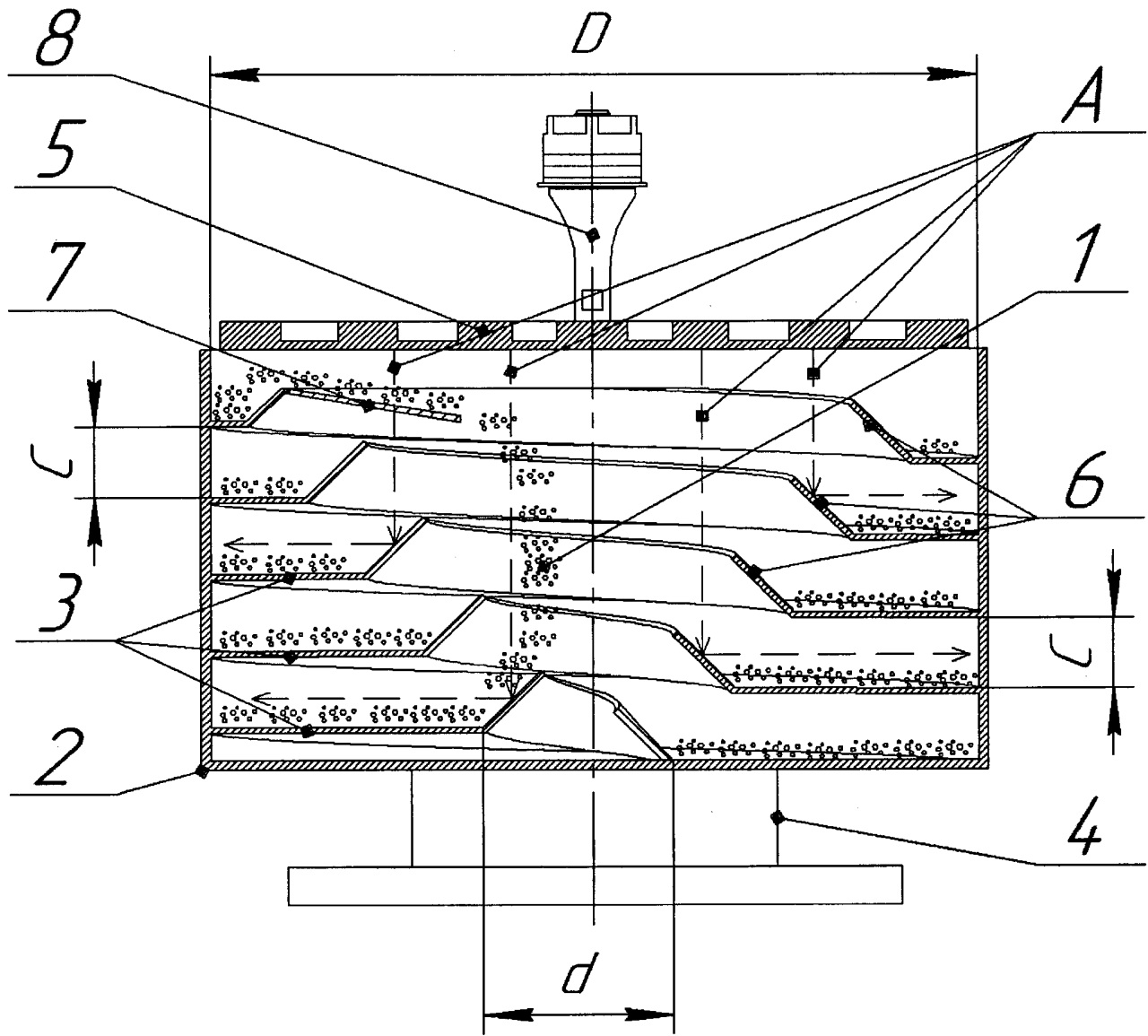
FIELD: vibration technology.

SUBSTANCE: invention relates to the field of drying bulk materials using ultrasonic oscillations. The dried material is placed in a vertical-type drum dryer on the surfaces of a spiral tray, the inner diameter whereof increases from the bottom to the top of the drum. The material is moved upwards in the spiral tray due to vibration and rotation of the spiral tray. When the dried material reaches the upper turn of the spiral tray, it is poured onto the lower turn. The material is impacted by ultrasonic oscillations continuously at a frequency of at least 20 kHz with an ultrasound power level of at least 145 dB with repeated passage of oscillations from a disk emitter to reflectors made on

the inner surface of the spirals of the tray at an angle of 45 degrees, and further between two turns of the spiral tray sequentially located at a distance of at least 15 mm and reflection from the inner surface of the cylindrical drum.

EFFECT: invention should provide an increase in the productivity of drying by increasing the amount of simultaneously dried material while maintaining the expenses for power impact with ultrasonic oscillations and an improvement in the quality of the resulting product due to the ensured uniformity of the ultrasonic impact on a larger volume (mass) of the dried material.

1 cl, 1 dwg



Способ сушки сыпучих материалов в барабанной сушилке  
вертикального типа

Фиг. 1

RU 2757201 C1

RU 2757201 C1

Техническое решение относится к области сушки сыпучих материалов, а именно к способам сушки при помощи ультразвуковых (УЗ) колебаний высокой интенсивности в устройствах, имеющих сушильные камеры в виде установленных вертикально цилиндрических объемов (барабанов).

5 Сушка - важный этап различных технологических процессов, требующий больших затрат энергии и времени. Это способствует большому количеству исследований и разработок, направленных на интенсификацию процесса при одновременном повышении качества получаемого продукта. Наибольшее количество разработок посвящено созданию новых способов и устройств сушки дисперсных материалов в сушильных  
10 камерах, выполненных в виде установленных вертикально цилиндрических объемов (барабанов). При реализации способов сушки в таких условиях сыпучий материал размещают в цилиндрическом технологическом барабане, обеспечивают его перемещение относительно нижней торцевой стенки барабана и подают в барабан теплоноситель (горячий воздух). Неравномерность сушки материала по высоте  
15 цилиндрического объема частично компенсируется непрерывным перемешиванием материала. Эффективность сушки существенно падает при увеличении загрузки, т.е. количества размещенного в барабане материала.

Одним из наиболее эффективных способов интенсификации сушки является дополнительное энергетическое воздействие при помощи УЗ колебаний высокой  
20 интенсивности. Экономия энергии при УЗ сушке, по сравнению с конвективной и другими способами сушки, объясняется тем, что ускоряется процесс выхода жидкости из капилляров и обеспечивается ее ускоренное удаление при воздействии ультразвука.

Наиболее близким по технической сущности к предлагаемому техническому решению является способ ультразвуковой сушки по RU 195247 U1 [1, прототип]. Прототип  
25 предполагает размещение сыпучего материала в цилиндрическом технологическом барабане, воздействие ультразвуковыми колебаниями при помощи излучателя дисковой формы (Каталог ультразвуковых аппаратов для газовых сред [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://u-sonic.com/catalog/  
30 аппарату\\_dlya\\_uskoreniya\\_protsestov\\_v\\_gazovykh\\_sredakh/](http://u-sonic.com/catalog/apparaty_dlya_uskoreniya_protsestov_v_gazovykh_sredakh/), свободный - (30.06.2020)) [2], установленного перед одной из торцевых стенок барабана так, что ось вращения барабана совпадает с акустической осью излучателя. Для обеспечения равномерности сушки пересыпание высушиваемого материала происходит за счет вращения барабана.

Применение способа сушки по [1] обеспечивает повышение производительности сушки до 30% (Стенд для исследования акустической (ультразвуковой) сушки веществ  
35 / В.Н. Хмелев, А.В. Шалунов, В.А. Нестеров, П.П. Тертишников // Южно-Сибирский научный вестник. - 2020. - №1. - С. 55-62) [3], но имеют место недостатки:

- низкая производительность сушки, и это связано это с тем, что возможность существенного повышения эффективности (производительности) сушки (до 30%) обеспечивается только при небольшом количестве (массе) одновременно  
40 высушиваемого материала (толщина слоя не более 2...10 см). Происходит это потому, что УЗ колебания характеризуются затуханием при распространении в сыпучих материалах и не способны проникать на значительную глубину в слой высушиваемого материала при сохранении необходимой энергии воздействия. Единственно высушиваемый, в таком случае, объем материала при диаметре цилиндрического  
45 барабана в 0,5 м, его высоте 0,5 м, при толщине слоя высушиваемого материала в 0,1 м не превышает 20% от объема барабана. Увеличение диаметра барабана практически невозможно из-за больших затрат на изготовление и из-за отсутствия излучателей диаметром более 0,3...0,5 м, способных обеспечивать эффективное УЗ воздействие в

объеме большого диаметра и длины;

- низкое качество сушки, что обусловлено неравномерностью влагосодержания в отдельных частицах высушиваемого дисперсного материала. Связано это с невозможностью обеспечения равномерного УЗ воздействия на высушиваемый материал по объему барабана при его вращении, так как большая часть материала всегда находится в нижнем положении. Это не только увеличивает время сушки, но и снижает качество конечного материала, т.е. не позволяет реализовать в должной мере преимущества ультразвуковой сушки.

Перечисленные недостатки снижают эффективность УЗ сушки по [1], приводят к снижению производительности технологической операции сушки и потере качества конечного продукта.

Предлагаемое техническое решение направлено на устранение недостатков известного способа ультразвуковой сушки, и создание нового способа ультразвуковой сушки, способного обеспечить повышение производительности операций сушки за счет увеличения количества одновременно высушиваемого материала при сохранении затрат на энергетическое воздействие ультразвуковыми колебаниями и повышения качества конечного продукта за счет обеспечения равномерности ультразвукового воздействия на большой по размерам объем (массу) высушиваемого материала.

Кроме того, предлагаемый способ обеспечит повышение привлекательности самой технологии ультразвуковой сушки и позволит создать мобильные малогабаритные сушилки.

Суть технического решения заключается в том, что в предлагаемом способе ультразвуковой сушки сыпучих материалов исходный сыпучий материал засыпают в вертикально расположенный цилиндрический барабан. Перемещение материала относительно нижней торцевой стенки барабана, воздействие ультразвуковыми колебаниями на материал осуществляют при помощи излучателя дисковой формы, который установлен перед верхней торцевой стенкой барабана так, что ось барабана совпадает с акустической осью излучателя. Размещение материала осуществляют на нижней торцевой стенке и внутренних поверхностях спирального лотка, выполненного внутри барабана таким образом, что внутренний диаметр витка лотка увеличивается от нижней торцевой стенки к верхней, а максимальное и минимальное расстояние от излучателя до двух диаметрально расположенных участков нижней торцевой стенки и поверхностей каждого витка спирального лотка кратно половине длины волны используемых ультразвуковых колебаний в газовой среде. Перемещение материала от нижней торцевой стенки до верхнего витка спирального лотка обеспечивают за счет вибрации камеры и вращения спирального лотка. Воздействие ультразвуковыми колебаниями на перемещаемый вверх по спиральному лотку материал осуществляют при многократном прохождении колебаний от излучателя до отражателей, выполненных на внутренней поверхности спиралей лотка под углом в  $45^\circ$ , и далее, между двумя последовательно расположенными, на расстоянии не менее 15 мм, витками спирального лотка и отражении от внутренней поверхности сушильной камеры. При достижении материалом верхнего витка спирального лотка - его пересыпают при ультразвуковом воздействии на нижнюю торцевую поверхность. В процессе перемещения материала по лотку и его пересыпания ультразвуковое воздействие на высушиваемый материал осуществляют непрерывно на частоте не менее 20 кГц с уровнем силы ультразвука не менее 145 дБ.

Максимальная эффективность сушки сыпучих материалов в предложенном способе отработана в диапазоне частот 20...25 кГц, при котором колебания высокой

интенсивности практически не воспринимаются человеком и животными, т.е. не требуется применения специальных мер акустической защиты сушилки. В этом диапазоне частот обеспечивается высокоамплитудное воздействие с уровнем силы ультразвука в пределах 145...160 дБ. Ограничение уровня силы ультразвука в 160 дБ обусловлено тем, что ее дальнейшее увеличение может приводить к коагуляции распыленной влаги (образованию больших капель, падающих на высушиваемый материал) и требует непропорционально большого увеличения электрической энергии для формирования колебаний с такой интенсивностью. Кроме того, указанное значение уровня силы ультразвука более 160 дБ требует работы излучателя с высоким уровнем амплитуд механических колебаний (более 100 мкм), при котором возможно разрушение излучателя. Установлено, что именно такая сила звука необходима и достаточна для удаления влаги с поверхности частиц высушиваемого материала с максимальной скоростью, и она обеспечивается не только за счет испарения (т.е. за счет нагрева и обеспечения фазового перехода жидкости в парообразное состояние), но и за счет механического ультразвукового распыления. Затраты энергии на механическое распыление жидкости значительно ниже, чем энергия, затрачиваемая на фазовый переход (испарение). Это один из основных механизмов обеспечения эффективности предложенного способа сушки. Кроме этого, распределение УЗ колебаний такой интенсивности относительно частиц высушиваемого материала (зерна, гранулы), имеющие размер, соизмеримый с длиной волны обеспечивает, за счет разности давлений на противоположных поверхностях частиц, ускоренный выход влаги из глубины частиц (зерен, гранул) на поверхность высушиваемого материала для его распыления без перевода в пар.

Сущность технического решения поясняется фиг. 1, на которой схематично представлен предложенный способ сушки сыпучих материалов в барабанной сушилке вертикального типа.

Размещение высушиваемого материала 1, объемом более 30% от объема цилиндрического барабана 2 диаметром  $D$  осуществляют на нижней торцевой стенке и поверхностях спирального лотка 3, выполненного внутри сушильной камеры таким образом, что внутренний диаметр  $d$  витка лотка увеличивается от нижней торцевой стенки к расположенному сверху излучателю, максимальное и минимальное расстояния  $A$  от излучателя до двух диаметрально расположенных участков нижней торцевой стенки и поверхностей каждого витка спирального лотка кратно половине длины волны используемых ультразвуковых колебаний в газовой среде.

Перемещение материала от нижней торцевой стенки до ближайшего к излучателю витка спирального лотка обеспечивают за счет вибрации камеры и вращения спирального лотка. Показанный на фиг. 1 вибропривод 4 обеспечивает вибрационные воздействия на сушильную камеру вертикальной и горизонтальной направленности. Под действием этих вибраций сыпучий материал перемещается по спиральному лотку вверх. Воздействие ультразвуковыми колебаниями на перемещаемый вверх по спиральному лотку материал осуществляют при многократном прохождении колебаний от излучателя 5 до отражателей 6, выполненных на внутренней поверхности спиральной лотка под углом в 45 градусов, и далее, между двумя последовательно расположенными на расстоянии  $C$  (не менее 15 мм) витками спирального лотка и отражении от внутренней поверхности сушильной камеры. При достижении материалом верхнего витка спирального лотка 7 его пересыпают при ультразвуковом воздействии на нижнюю торцевую поверхность.

В течение всего времени перемещения высушиваемого материала происходит ультразвуковое воздействие на материал посредством ультразвукового дискового

излучателя 5, установленного в верхнюю часть цилиндрического барабана. Колебания УЗ диска обеспечивает пьезоэлектрический преобразователь 8.

При определении функциональных возможностей ультразвуковой сушилки проведена серия экспериментов на двух различных веществах: горохе и полимерных гранулах.

5 На основе анализа результатов экспериментов по сушке веществ только тепловым воздействием и сушки с помощью ультразвукового воздействия, при одновременном тепловом воздействии, в процессе сушки сухого гороха и полимерных гранул было установлено, что сушка при помощи ультразвукового воздействия идет в 2...2,5 раза быстрее, чем сушка без ультразвукового воздействия. Полученные результаты  
10 подтвердили эффективность предложенного способа ультразвуковой сушки различных материалов.

Таким образом, предлагаемое техническое решение обеспечивает повышение производительности сушки и качества материала за счет увеличения объема  
15 одновременно высушиваемого материала, реализации равномерного и ускоренного ультразвукового воздействия на тонкие слои материала за счет его равномерного распределения по поверхности спирального лотка и непрерывного перемещения и пересыпания материала в тонких слоях.

Устройство, реализующее предложенный способ, готовится для промышленного применения.

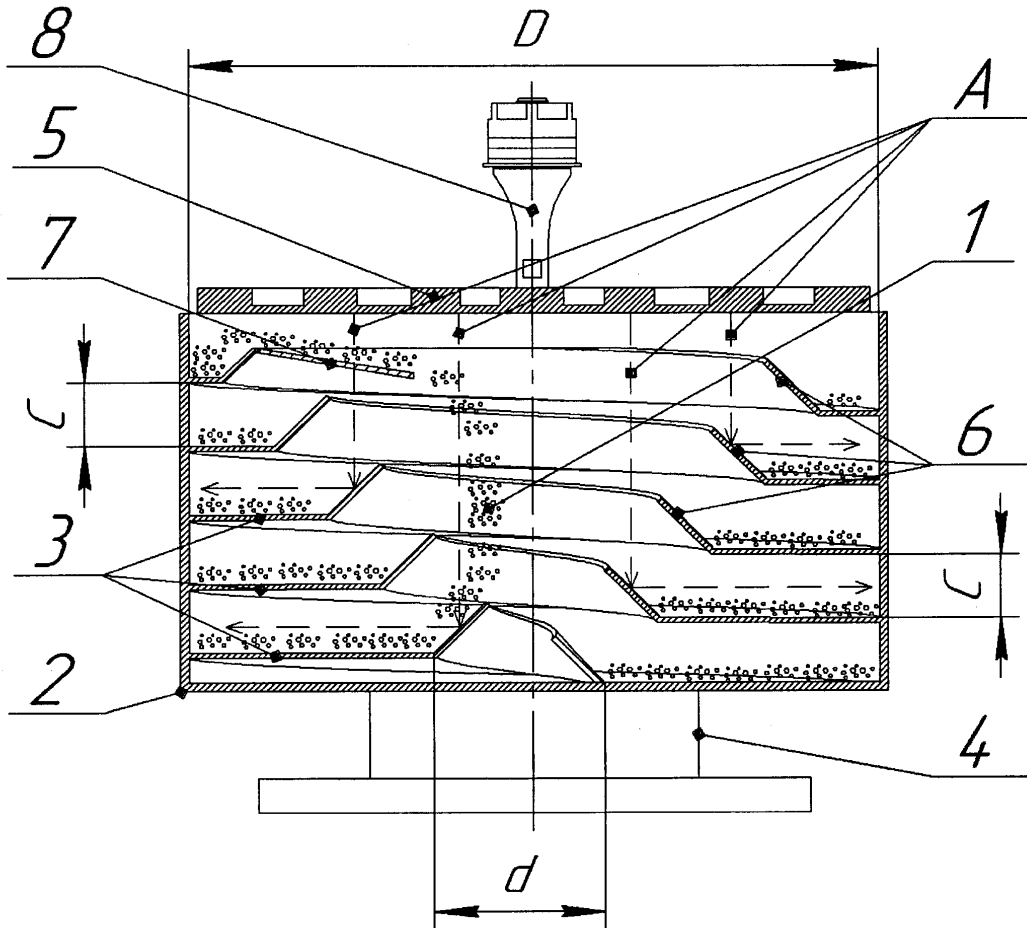
20

#### (57) Формула изобретения

Способ ультразвуковой сушки сыпучих материалов, заключающийся в размещении сыпучего материала в вертикально расположенной технологической сушильной камере цилиндрической формы, его перемещении относительно нижней торцевой стенки камеры,  
25 воздействию ультразвуковыми колебаниями на материал в сушильной камере при помощи излучателя дисковой формы, установленного перед верхней торцевой стенкой сушильной камеры так, что ось сушильной камеры совпадает с акустической осью излучателя, отличающийся тем, что размещение материала осуществляют на нижней торцевой стенке и внутренних поверхностях спирального лотка, выполненного внутри  
30 сушильной камеры таким образом, что внутренний диаметр витка лотка увеличивается от нижней торцевой стенки к верхней, максимальное и минимальное расстояние от излучателя до двух диаметрально расположенных участков нижней торцевой стенки и поверхностей каждого витка спирального лотка кратно половине длины волны используемых ультразвуковых колебаний в газовой среде, перемещение материала от  
35 нижней торцевой стенки до ближайшего к излучателю витка спирального лотка обеспечивают за счет вибрации камеры и вращения спирального лотка, воздействие ультразвуковыми колебаниями на перемещаемый вверх по спиральному лотку материал осуществляют при многократном прохождении колебаний от излучателя до отражателей, выполненных на внутренней поверхности спиральной лотка под углом в 45°, и далее  
40 между двумя последовательно расположенными на расстоянии не менее 15 мм витками спирального лотка и отражении от внутренней поверхности сушильной камеры, при достижении материалом верхнего витка спирального лотка его пересыпают на нижнюю торцевую поверхность при использовании ультразвукового воздействия с частотой не менее 20 кГц и уровнем силы ультразвука не менее 145 дБ.

45





Фиг. 1 Способ сушки сыпучих материалов в барабанной сушилке вертикального типа