



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(52) СПК  
*B02C 13/06 (2019.08)*

(21)(22) Заявка: **2019107426, 15.03.2019**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
**15.03.2019**

Дата регистрации:  
**31.10.2019**

Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: **15.03.2019**

(45) Опубликовано: **31.10.2019** Бюл. № 31

Адрес для переписки:  
**634050, г. Томск, пр. Ленина, 40, ТУСУР,  
патентно-информационный отдел**

(72) Автор(ы):  
**Смирнов Геннадий Васильевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):  
**Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Томский государственный  
университет систем управления и  
радиоэлектроники" (ТУСУР) (RU)**

(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: **SU 1704821 A1, 15.01.1992. UA 93205  
C2, 25.01.2011. RU 2438783 C2, 10.01.2012. RU  
2668675 C1, 02.10.2018. RU 2658698 C2,  
22.06.2018. RU 2658693 C2, 22.06.2018.**

**(54) СПОСОБ ДЕЗИНТЕГРИРОВАНИЯ КУСКОВОГО СЫРЬЯ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области измельчения, диспергирования и механической активации материалов, в том числе с наноструктурой материалов, и может быть использовано в горной и строительной промышленности, в энергетике, в технологических схемах обогатительных фабрик, в схемах подготовки твердого топлива для сжигания и в технологических линиях приготовления кормов для сельскохозяйственных животных. Новым является то, что в способе дезинтегрирования кускового сырья дополнительно создают градиент давления в зазорах между рядами разрушающих элементов (билы) подвижного и неподвижного дисков путем инициирования в упомянутых зазорах скоростного потока воздуха, для этого разрушающие элементы (билы) устанавливают таким образом, чтобы их контур в радиальном направлении от центра к периферии образовывал профиль двух равнобедренных трапеций, имеющих общее малое основание, одна из которых сужается от центра диска к его периферии под углом  $\alpha=(60\div 70)^\circ$ , а вторая расширяется под углом раскрытия  $f=(15\div 25)^\circ$  от

малого основания к периферии, причем для усиления вентиляционного эффекта, возникающего в зазорах, на образующей радиальной поверхности вращающегося диска равномерно располагают вентиляционные лопасти, которые механически закрепляют с упомянутой поверхностью, и в процессе помола на дезинтегрированное сырье воздействуют струей сжатого воздуха от компрессора, которую подают в место загрузки упомянутого сырья, при этом на финишном этапе процесса дезинтегрирования ускоренные потоком воздуха предварительно измельченные частицы сырья через выгрузное отверстие направляют на боковую поверхность собирающей воронки, в процессе соударения с которой осуществляют окончательную дезинтеграцию. При использовании заявляемого способа была достигнута производительность 1900 кг/ч. Средняя дисперсность измельченного фторангидрита составляла 6 мкм. При дезинтегрировании фторангидрита способом-прототипом производительность не превышала 1200 кг/ч, а средняя дисперсность измельченного

фторангидрита не снижалась ниже 12 мкм. Таким образом, заявляемый способ по сравнению со способом-прототипом позволил повысить

производительность в 1,6 раза, а дисперсность частиц сырья уменьшить более чем в 2 раза. 3 ил.

R U 2 7 0 4 8 6 5 C 1

R U 2 7 0 4 8 6 5 C 1



FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(52) CPC  
*B02C 13/06 (2019.08)*

(21)(22) Application: **2019107426, 15.03.2019**

(24) Effective date for property rights:  
**15.03.2019**

Registration date:  
**31.10.2019**

Priority:

(22) Date of filing: **15.03.2019**

(45) Date of publication: **31.10.2019** Bull. № 31

Mail address:

**634050, g. Tomsk, pr. Lenina, 40, TUSUR,  
patentno-informatsionnyj otdel**

(72) Inventor(s):

**Smirnov Gennadij Vasilevich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federalnoe gosudarstvennoe byudzhethnoe  
obrazovatelnoe uchrezhdenie vysshego  
obrazovaniya "Tomskij gosudarstvennyj  
universitet sistem upravleniya i radioelektroniki"  
(TUSUR) (RU)**

(54) **METHOD FOR DISINTEGRATION OF LUMP RAW MATERIAL**

(57) Abstract:

FIELD: disintegrators and crushing devices.

SUBSTANCE: invention relates to grinding, dispersion and mechanical activation of materials, including nanostructure materials, and can be used in mining and construction industries, in power engineering, in process plants of concentrating mills, in schemes of preparation of solid fuel for combustion and in production lines for preparation of fodders for farm animals. Novelty is in the method for disintegration of lump raw material additionally creating a pressure gradient in the gaps between rows of destructive elements (beaters) of the movable and fixed discs by initiating in said gaps air velocity, for this purpose destructive elements (beaters) are installed so that their contour in radial direction from center to periphery formed profile of two isosceles trapezoids having common small base, one of which narrows from disk center to its periphery at an angle  $\alpha=(60\div 70)^\circ$ , and second expands at opening angle  $\beta=(15\div 25)^\circ$  from the small base to the periphery, wherein to reinforce the ventilation effect occurring in the gaps on the generatrix of the radial surface of the rotating disc, the ventilation

blades are uniformly arranged, which are mechanically fixed to the said surface, and in grinding process on disintegrated raw material is exposed to compressed air jet from compressor, which is supplied to loading point of said raw material, wherein at the end of the disintegration process, the preliminarily ground raw material particles through the discharge hole are accelerated by the air flow to the side surface of the collecting funnel, in the process of collision with which the final disintegration is carried out. When using the claimed method productivity of 1,900 kg/h has been achieved. Average dispersion of milled fluoroanhydrite is 6 mcm. During disintegration of fluoroanhydrite by prototype method, productivity does not exceed 1,200 kg/h, and average dispersion of milled fluoroanhydrite does not decrease below 12 mcm.

EFFECT: claimed method compared to the prototype method increased productivity by 1,6 times, and dispersed nature of the raw material particles by more than 2 times.

1 cl, 3 dwg

Изобретение относится к способам и устройствам для тонкого измельчения, смешивания, горизонтального и вертикального транспортирования, и механической активации материалов, в том числе с наноструктурой, и может быть использовано в химической, строительной и других отраслях промышленности, для переработке  
5 твердого кускового сырья, в частности отходов химических производств, например фторангидрита, к дезинтеграции кусковой горной массы, которая содержит частицы полезного компонента в обособленном виде, или в породных сростках.

Известен способ обогащения сырья с металлическими включениями. Способ включает подачу исходного сырья в пространство рабочей камеры, которая имеет донную часть  
10 и крышку, воздействие разрушающими элементами, распределение на компоненты, которые содержат и не содержат металл (И.М. Келина "Обогащение руд", М.: Недра, 1979 г., с. 93).

Недостатком известного способа является его низкая производительность из-за цикличности технологического цикла дезинтеграции. Способ имеет ограниченное  
15 применение, так как он позволяет разделять исходное сырье, которое характеризуется низкой прочностью, или сырье, которое представлено сростками из крепких и малокрепких компонентов.

Способ требует предварительной подготовки исходного сырья, что отрицательно сказывается на себестоимости конечного товарного продукта.

Известен способ дезинтеграции кускового сырья, который реализуется в способе  
20 обогащения сырья с металлическими включениями.

Известный способ включает подачу кускового сырья в ограниченное пространство рабочей камеры, воздействие на сырье в донной части разрушающими элементами, дезинтеграцию сырья и придание его частицам центробежного ускорения до  
25 столкновения их с боковой стенкой рабочей камеры и ее крышкой, извлечение дезинтегрированного сырья из бокового проема в рабочей камере и из ее донной части (Патент Украины на изобретение №64672).

Недостатком известного способа является то, при дезинтеграции сырья, которое состоит из высокопрочных частиц, процесс их разрушения занимает продолжительный  
30 период времени.

Наиболее близким техническим решением, выбранным в качестве прототипа, является способ, описанный в патенте (SU 1704821 A1, МПК В02С 13/22, опубл. 15.01.1991). Демембратор, реализующий способ-прототип содержит корпус, внутри которого вертикально расположены ротор и неподвижный диск с концентрично установленными  
35 рядами штифтов, загрузочный и выгрузной патрубки. При этом штифты, распределены на подвижном диске по окружности, расположенной ближе к центру диска, и выполнены в поперечном сечении в виде прямоугольной формы. Остальные штифты, установленные на подвижном диске распределены равномерно по концентрическим окружностям, удаленным от центральной части диска выполнены в виде трапециевидной формы с  
40 углом наклона рабочих плоскостей к радиальной плоскости 4-6°. Штифты, расположенные на концентрических окружностях неподвижного диска выполнены в форме равнобокой трапеции с вогнутыми боковыми сторонами  $\theta$ , центр кривизны которых расположен над меньшим основанием на расстоянии, равном 0,6-0,8 высоты трапеции, а радиус составляет 2,5-3,0 ее высоты.

Дезинтегрирование сырья в способе-прототипе осуществляется следующим образом. Исходный материал через загрузочный патрубок поступает в рабочую камеру, где последовательно измельчается на концентрично установленных рядах штифтов ротора  
45 и штифтов неподвижного диска и через выгрузной патрубок выводится наружу. При

износе рабочих поверхностей штифтов вращения ротора дисмембратора меняют на противоположное. Выполнение штифтов указанной формы и параметров обеспечивает прямое центральное соударение с частицами измельчаемого материала без скольжения и истирания, что способствует повышению однородности продукта помола и срока службы штифтов. Возможность работы дисмембратора в реверсивном режиме также существенно увеличивает срок службы. Прямое соударение приводит к равномерному износу рабочих поверхностей штифтов, что оставляет неизменными качество помола в течение всего срока службы штифтов.

Недостатком данного измельчителя является то, что согласно рабочей гипотезе, разработанной И.А. Хинтом [Хинт И.А. Об основных проблемах механической активации. Галлин, 1977. Препринт 1.], активация определяется тремя параметрами: скоростью соударения, числом ударов и интервалом времени между последующими ударами. Мелющие элементы с круглым поперечным сечением дают материалу наиболее широкую гамму видов соударения от прямого удара до скользящего со всевозможными углами наклона, активизация материала происходит в широких пределах силовых воздействий от сил чистого сжатия до сдвиговых усилий, в зоне прямого удара материал активируется силами сжатия, и продукт получается преимущественно крупной фракции, в зоне скользящего удара материал активируется усилиями сдвига, и продукт получается преимущественно мелкой фракции. В дисмембраторе, реализующим способ-прототип отсутствует скольжение и истирание частиц измельчаемого сырья, поэтому невозможно добиться максимальной тонины помола.

Эти недостатки обусловлены тем, что в рабочей камере отсутствуют циркуляционные потоки, которые влияют на перемещения скорости внутри камеры помола частицы сырья.

Значительная продолжительность переработки сырья происходит из-за того, что на процесс дезинтеграции существенно влияет скорость соударения частиц сырья с разрушающими элементами. В способе - прототипе эта скорость мала, так как частицы перемещаются по зазорам между билами только под воздействием гравитационных и центробежных сил, которые создают незначительные динамические усилия и придают отдельным частицам относительно низкое ускорение в направлении от загрузочного отверстия к выгрузному отверстию, расположенному в периферийной части камеры помола. Потеря скорости частиц при перемещении требует многоциклового динамического воздействия для их измельчения до заданных размеров.

При реализации известного способа в устройстве для дезинтеграции минерального сырья тяжело создать избыточное давление внутри рабочей камеры, чем усложняются условия выноса измельченных частиц и создаются условия для осаждения этих частиц внутри рабочей камеры.

Техническая задача, на которую направлено изобретение, заключается в повышении скорости перемещения частиц дезинтегрированного сырья внутри дезинтегратора и интенсификации процесса помола.

Решение поставленной задачи достигается тем, что в способе дезинтегрирования кускового сырья, включающего в себя подачу кускового сырья в ограниченное пространство камеры помола, внутри которой расположено вертикально два параллельных диска, на обращенных друг к другу плоскостях которых радиально закреплены, с зазорами относительно друг друга, разрушающие элементы (билы), разрушение кусков сырья, путем придания его частицам центробежного ускорения за счет вращения одного из дисков, и столкновения их с боковой стенкой рабочей камеры и разрушающими элементами (билами), и извлечение дезинтегрированного сырья через

выгрузное отверстия в рабочей камере, дополнительно создают градиент давления в зазорах между рядами разрушающих элементов (биллов) подвижного и неподвижного дисков, путем инициирования в упомянутых зазорах скоростного потока воздуха, для этого разрушающие элементы (биллы) устанавливаются таким образом, чтобы их контур в радиальном направлении от центра к периферии образовывал профиль двух равнобедренных трапеций, имеющих общее малое основание, одна из которых сужается от центра диска к его периферии под углом  $\alpha=(60\div 70)^\circ$ , а вторая расширяется под углом раскрытия  $f=(15\div 25)^\circ$  от малого основания к периферии, причем для усиления вентиляционного эффекта, возникающего в зазорах, на образующей радиальной поверхности вращающегося диска равномерно располагают вентиляционные лопасти, которые механически закрепляют с упомянутой поверхностью, и в процессе помола на дезинтегрированное сырье воздействуют струей сжатого воздуха от компрессора, которую подают в место загрузки упомянутого сырья, при этом на финишном этапе процесса дезинтегрирования ускоренные потоком воздуха предварительно измельченные частицы сырья через выгрузное отверстие направляют на боковую поверхность собирающей воронки, в процессе соударения с которой осуществляют окончательную дезинтеграцию.

На фиг. 1 схематически показано поперечное сечение дезинтегратора, реализующего заявляемый способ. На фиг. 2. представлен неподвижный диск (статор), а на фиг. 3 - подвижный диск (ротор).

На фиг. 1, фиг. 2 и фиг. 3 введены следующие обозначения: 1 - корпус камеры помола; 2 - загрузочный патрубок, 3 - загрузочное отверстие; 4 - выгрузное отверстие; 5 - неподвижный диск (статор); 6 - подвижный диск (ротор); 7 - рабочие элементы (биллы) на неподвижном диске (статоре); 8 - рабочие элементы (биллы) на подвижном диске (роторе); 9 - вентиляционные лопасти; 10 - ось вала привода; 11, 12 - шарикоподшипник; 13 - нагнетательный патрубок; 14 - компрессор; 15 - собирающая воронка.

Для наглядности и пояснения сущности изобретения на фиг. 2 и фиг. 3. выделен отдельный фрагмент А, показывающий в увеличенном масштабе расположение биллов на статоре (фиг. 2) и роторе (фиг. 3), а также и введены некоторые дополнительные обозначения. На фиг. 2 (статор) введены следующие дополнительные обозначения: R - радиус статорного диска; r - радиус загрузочного отверстия; H - высота сужающейся трапеции; h - высота расширяющейся трапеции, D - большое основание сужающейся трапеции; d - малое основание сужающейся трапеции. На фиг. 3 введены те же самые обозначения, что и на фиг. 2, только R - это радиус роторного диска. Фиг. 3 отличается от фиг. 2 тем, что в роторе (фиг. 3) отсутствует загрузочное отверстие и дополнительно введены вентиляционные лопасти 9.

Сущность изобретения заключается в следующем. Исходный материал через загрузочный патрубок 2 поступает через загрузочное отверстие 3 в рабочую камеру 1. Ротор 6 приводится во вращение приводом, ось которого 10 через шарикоподшипник 11, 12 механически соединена с центром ротора 6. Исходный материал падает на первый ряд измельчающих элементов (биллов) 7, 8 статора 5 и ротора 6. В результате удара об эти элементы и поверхности подвижного и неподвижного дисков частицы материала разрушаются и отбрасываются к следующим измельчающим элементам статора и так далее. Одновременно с этим через нагнетательный патрубок 13 от компрессора 14 в область поступающего исходного сырья подается струя сжатого воздуха. Измельченные частицы сырья подхватываются потоком сжатого воздуха, ускоряются и вновь соударяются с рабочими элементами (билами) и стенкой камеры 1. Лопасти 9, расположенные на образующей поверхности ротора 6 способствуют приданию

перемещающимся частицам направленного движения по контуру от загрузочного отверстия 3 к выгрузному отверстию 4.

Ударные элементы (билы) как на статоре (фиг. 1, фиг. 2), так и на роторе (фиг. 1, фиг. 3) устанавливаются с зазорами в радиальном направлении от центра к периферии таким образом, чтобы их контур образовывал профиль двух равнобедренных трапеций, имеющих общее малое основание  $d$ , одна из которых сужается от центра диска к его периферии под углом  $\alpha=(60\div 70)^\circ$ , а вторая расширяется под углом раскрытия  $f=(15\div 25)^\circ$  от малого основания к периферии.

Диапазоны углов сужения и углов расширения упомянутых выше трапеций обусловлены стремлением максимального увеличения скорости перемещения частиц дезинтегрируемого сырья. Известно, что наибольшую скорость струя потока воздуха или жидкости достигает в том случае, если ее пропускают через так называемое сопло Лавала. Оптимальными размерами сопло Лавала обладает при углах сужения и расширения упомянутых выше конусов, указанных выше.

Контур билов, как на статоре, так и на роторе, образует фигуру, аналогичную поперечному сечению сопла Лавала. В процессе вращения подвижного диска при полном взаимном перекрытии ударных элементов подвижного и неподвижного диска их полость образует фигуру, подобную сечению сопла Лавала. Сопло Лавала, (сужающееся - расширяющееся сопло) представляет собой канал, суженный в середине. Сопло Лавала служит для ускорения газового потока, проходящего через него, при определенных условиях до скоростей выше скорости звука. Поступающий в камеру помола сжатый воздух, а также конфигурация расположения билов способствует созданию скоростного потока воздуха в рабочей зоне упомянутой камеры. Скоростной поток воздуха, возникающий при перемещении между рядами билов ротора и статора, создает внутри камеры сильнейшее разрежение, засасывая дезинтегрированные частицы и придавая им высокие скорости, что существенно повышает интенсивность дезинтегрирования и степень измельчения (дезинтегрирования) частиц сырья. Так как кинетическая энергия частиц в результате воздействия на них струи сжатого воздуха повышается, то при соударении этих частиц с рабочими элементами и стенкой камеры происходит их дальнейшее эффективное измельчение. После указанной процедуры измельченный материал через выгрузное отверстие 4 выводится наружу. Кинетическая энергия измельченных частиц сырья на выходе из выгрузного отверстия 4 под действием ускоряющего действия струи сжатого воздуха и центробежной силы приобретают высокую скорость, а, следовательно, и высокую кинетическую энергию. На выходе этих высокоэнергетических частиц из выгрузного отверстия 4 они падают на боковую поверхность собирающей воронки 15. Высокая кинетическая энергия этих частиц при соударении с поверхностью собирающей воронки 15 расходуется на энергию дополнительного разрушения этих частиц и они еще больше измельчаются.

Измельченный материал, доходя до последнего ряда билов, выбрасывается на высокой скорости через разгрузочное отверстие 4, и направляется по трубопроводу на циклонную батарею. Одновременно с этим, свежий материал непрерывно засасывается в патрубок 2, поддерживая постоянный цикл смешивания, помола и накачки.

Пример конкретного выполнения. При помощи заявляемого способа осуществляется помол фторангидрита, который из накопительного бункера, шнеком-дозатором направляется дозированно на измельчение гранул в молотковую мельницу (дозирование осуществляется тарировкой и поддержанием требуемой частоты вращения электроприводом шнека-дозатора). После молотковой мельницы фторангидрит

поступал в дезинтегратор (фиг. 1) через загрузочный патрубок 2 и загрузочное отверстие 3.

Дисмембратор был выполнен в виде подвижного (ротора) 6 и неподвижного 5 (статора) дисков. Диаметр обоих дисков был одинаков (фиг. 2) и составлял (фиг. 3) 2 R=513 мм. Статор и ротор были разделены на 6 равных сегментов, на которых были установлены так, что их расположение образовывало контур двух трапеций - сужающуюся под углом  $\alpha=66^\circ$ , и расширяющуюся под углом  $\beta=20^\circ$ . Размеры D большого и малого d основания сужающейся трапеции были равны соответственно 72,5 мм и 25 мм (фиг. 2 и фиг. 3).

На подвижном и неподвижном дисках на обращенных друг к другу поверхностях были по сторонам сужающийся и расширяющийся трапеций были расположены соответственно 8 и 10 рядов ударных элементов (билы) 7 и 8 соответственно. При этом между рядами бил подвижного и неподвижного дисков был образован зазор, равномерно изменяющийся от 26 мм ближе к центру до 14 мм на самых удаленных радиусах. Угол схождения первого усеченного конуса был равен  $66^\circ$ , а угол расширения второго конуса был равен  $20^\circ$ .

На роторе был выполнен дополнительный периферийный контур в виде вентиляционных лопастей 8, которые имели вид пластин, повернутых на  $45^\circ$  к направлению вращения диска. При помощи упомянутых пластин внутри камеры помола создавался поток воздуха, который, проходя через ряды бил, контур которых образовывал поперечное сечение сопел Лавая, ускорялся до высоких скоростей, захватывая дезинтегрированные частицы сырья, интенсивно измельчая и разрушая их до малых размеров. Сжатый воздух с под давлением 1,0 МПа (порядка  $10 \text{ кг/см}^2$ ), подавался от компрессора 14 через нагнетательный патрубок 13 в область загрузки исходного сырья. Для создания струи сжатого газа была использована компрессорная установка СБ4/С-50 LB30.

При использовании заявляемого способа была достигнута производительность 1900 кг/час. Средняя дисперсность измельченного фторангидрита составляла 6 мкм. При дезинтегрировании фторангидрита способом - прототипом, производительность не превышала 1200 кг/час, а средняя дисперсность измельченного фторангидрита не снижалась ниже 12 мкм.

Таким образом, заявляемый способ по сравнению со способом - прототипом позволил повысить в 1,6 раза, а дисперсность частиц сырья уменьшить более чем в 2 раза.

#### (57) Формула изобретения

Способ дезинтегрирования кускового сырья, включающий в себя подачу кускового сырья в ограниченное пространство камеры помола, внутри которой расположено вертикально два параллельных диска, на обращенных друг к другу плоскостях которых радиально закреплены, с зазорами относительно друг друга, разрушающие элементы - билы, разрушение кусков сырья путем придания его частицам центробежного ускорения за счет вращения одного из дисков и столкновения их с боковой стенкой рабочей камеры и разрушающими элементами - билами и извлечение дезинтегрированного сырья через выгрузное отверстие в рабочей камере, отличающийся тем, что дополнительно создают градиент давления в зазорах между рядами разрушающих элементов - билы подвижного и неподвижного дисков путем инициирования в упомянутых зазорах скоростного потока воздуха, для этого разрушающие элементы - билы устанавливаются таким образом, чтобы их контур в радиальном направлении от центра к периферии образовывал профиль двух равнобедренных трапеций, имеющих общее малое основание, одна из

которых сужается от центра диска к его периферии под углом  $\alpha=(60\div 70)^\circ$ , а вторая расширяется под углом раскрытия  $\beta=(15\div 25)^\circ$  от малого основания к периферии, причем для усиления вентиляционного эффекта, возникающего в зазорах, на образующей радиальной поверхности вращающего диска равномерно располагают вентиляционные  
5 лопасти, которые механически закрепляют с упомянутой поверхностью, и в процессе помола на дезинтегрированное сырье воздействуют струей сжатого воздуха от компрессора, которую подают в место загрузки упомянутого сырья, при этом на  
10 финишном этапе процесса дезинтегрирования ускоренные потоком воздуха предварительно измельченные частицы сырья через выгрузное отверстие направляют на боковую поверхность собирающей воронки, в процессе соударения с которой осуществляют окончательную дезинтеграцию.

15

20

25

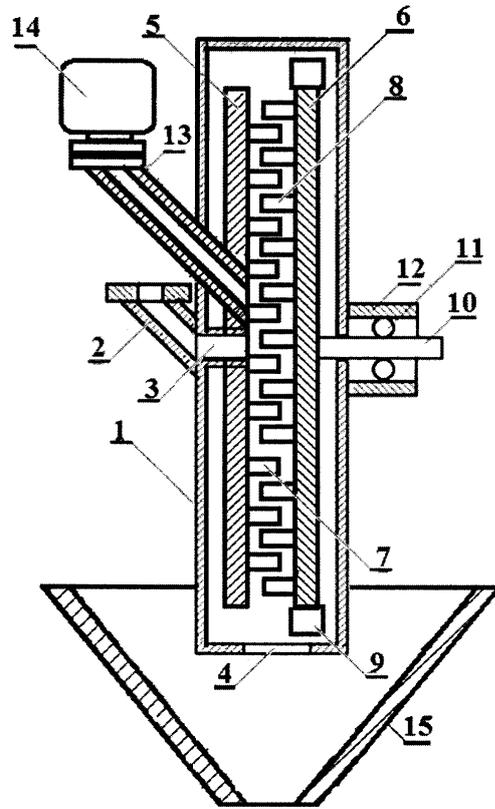
30

35

40

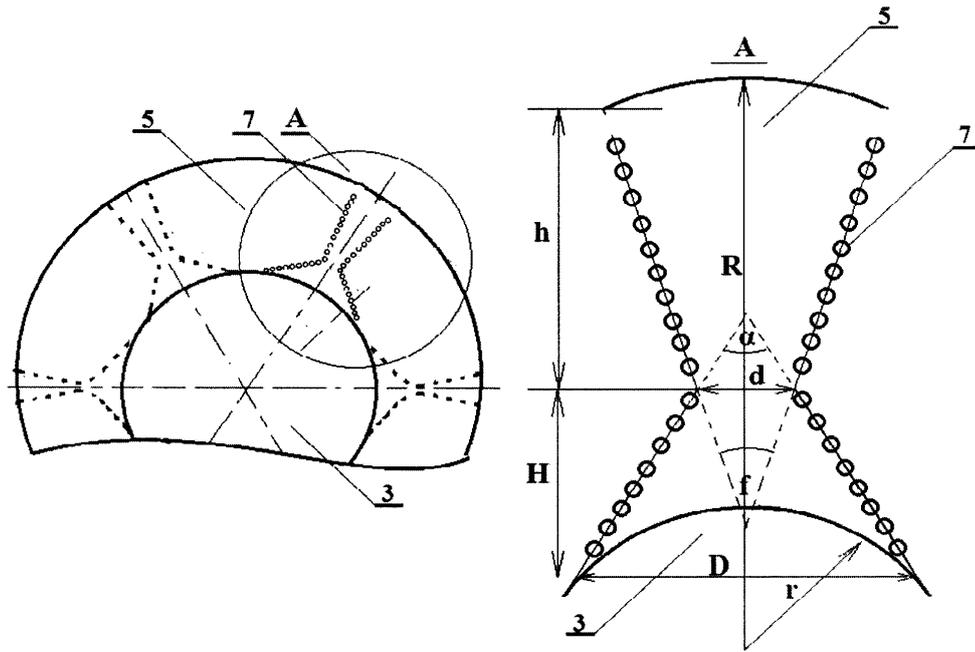
45

1

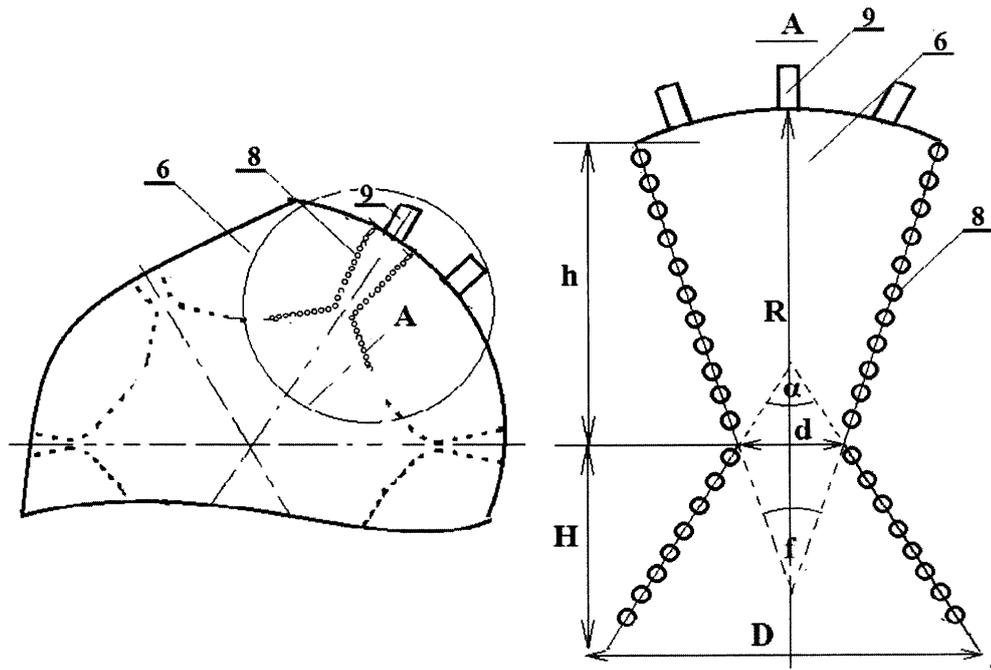


Фиг. 1

2



Фиг. 2



Фиг. 3