

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **037602**

(13) **B1**

(12) **ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

(45) Дата публикации и выдачи патента  
**2021.04.20**

(51) Int. Cl. **B07B 4/08** (2006.01)  
**B07B 7/08** (2006.01)

(21) Номер заявки  
**201900111**

(22) Дата подачи заявки  
**2017.08.17**

---

(54) **ПНЕВМАТИЧЕСКИЙ СПОСОБ РАЗДЕЛЕНИЯ МИНЕРАЛЬНОГО И ТЕХНОГЕННОГО СЫРЬЯ ПО ФОРМЕ ЧАСТИЦ**

---

(43) **2020.05.31**

(86) **PCT/RU2017/000594**

(87) **WO 2019/035729 2019.02.21**

(71)(72)(73) Заявитель, изобретатель и патентовладелец:

**СТЕПАНЕНКО АНДРЕЙ  
ИВАНОВИЧ (RU)**

(56) EA-B1-022959

SU-A-452369

SU-A-825187

RU-C1-2522674

WO-A1-2011142688

(74) Представитель:  
**Скорый В.В. (RU)**

---

(57) Изобретение относится к области обогащения минерального и техногенного сырья и может быть использовано для создания мобильных обогатительных фабрик, предназначенных для переработки и классификации сырья по форме практически в любых погодных условиях, в том числе и при температурах окружающего воздуха от -50 до +50°C. Заявляется пневматический способ разделения минерального и техногенного сырья по форме частиц, включающий размещение перерабатываемого сырья на воздухопроницаемой поверхности, выполненной в виде конвейера, пропущенного ниже уровня нижнего основания сепарационной камеры, в которой выбором скорости воздушного потока образован объемный псевдокипящий слой из частиц заданной плотности, в который попадают и беспрепятственно проходят сквозь него частицы меньшей плотности, а затем восходящим воздушным потоком переносятся из вертикальной камеры в камеру гравитационного осаждения. Новым является то, что в сепарационную камеру направляют дополнительную тангенциально ориентированную к стенке камеры струю воздуха, создающую вспомогательные вихревые потоки у стенок и нижнего основания камеры, после чего восходящим потоком воздуха, подхватывают частицы плоской, игольчатой или нитевидной формы и переносят их в камеру гравитационного осаждения, в которой создают один или более встречно направленных вихревых потока, осаждающих частицы в камере, откуда они затем удаляются.

**B1**

**037602**

**037602**

**B1**

Изобретение относится к области обогащения минерального и техногенного сырья и может быть использовано для создания мобильных обогатительных фабрик, предназначенных для переработки и классификации сырья по форме практически в любых погодных условиях, в том числе и при температурах окружающего воздуха от -50 до +50°C.

#### **Предшествующий уровень техники**

Известно, что при переработке сырья для получения продуктов требуемого качества производится разделение физическими способами по различным параметрам, таким как крупность, плотность, магнитная восприимчивость и др. Одним из таких параметров является форма зерен. Очень часто необходимо разделить материалы близкие по своим основным свойствам, но отличающиеся по форме. Например, в щебне, идущем на дорожные покрытия и строительство, регламентируется содержание зерен имеющих пластинчатую форму или лещадных зерен. Это связано с тем, что зерна плоской формы являются менее прочными, а также снижают несущую способность насыпных материалов за счет снижения сил сцепления между зернами. Традиционно низкое содержание лещадных зерен обеспечивается за счет применения много стадийных схем дробления пород с малым сокращением крупности продукта на каждой стадии. Данное решение приводит к высокому образованию отсева класса 0-5 мм, который относится к продуктам низкого качества и имеющего ограниченное применение. Например, при производстве щебня классов 5-10 мм и 10-20 мм, наиболее востребованных в дорожном строительстве, образуется отсев 0-5 мм в количестве от 60 до 75%. При этом, чем более прочную и ценную породу используют при производстве щебня, тем больше выход отсева. При использовании схем дробления с меньшим количеством стадий выход отсева снижается до 30-35%, но получаемый щебень содержит плоские зерна в большем количестве и их необходимо удалить из товарного щебня. Становится понятно, что дальнейшее развитие технологий обогащения невозможно без эффективных технологий, обеспечивающих разделение по форме. При этом, технология обогащения сырья по форме должна удовлетворять нескольким жестким требованиям.

Во-первых, способ должен быть универсальным, легко перестраиваемым под переработку различного вида минерального сырья (щебня, асбеста, слюды и других минеральных или техногенных продуктов).

Во-вторых, способ переработки должен предусматривать возможность быстро и плавно производить изменение технологических режимов в зависимости от свойств перерабатываемого сырья (массы и размеров частиц, плотности и формы), что позволит создавать мобильные обогатительные фабрики модульного типа с использованием однотипного оборудования, с малым уровнем капитальных затрат на их доставку и установку.

В-третьих, способ обогащения сырья должна быть высокоэффективным, обеспечивающей высокое качество получаемых продуктов, а так же то чтобы после ее применения, оставались только те отходы, которые не пригодны к дальнейшей переработке или к непосредственному применению. В-четвертых, технология обогащения сырья должна быть всепогодной и круглогодичной, чтобы процесс проходил не сезонно с временным привлечением трудовых ресурсов, а шел постоянно - с круглогодичной занятостью местного населения. По этой причине технологический цикл обогащения сырья должен включать диапазон температур окружающего воздуха от -50 до +50°C и должен допускать размещение оборудования под открытым небом или с использованием укрытий легкого типа.

Известен способ разделения кускового материала по форме (патент RU 2119393, Кл. В07В 13/00, 1998 г.), в котором, за счет различия сил трения и динамических характеристик частиц плоской (лещадной) и кубовидной формы, происходит разделение частиц путем подачи материала на наклонную плоскость с последующим соударением с вращающейся цилиндрической поверхностью.

Основным недостатком данного способа является низкая эффективность разделения и возможность реализации процесса только на крупном материале, при том, что в промышленности необходимо перерабатывать в большей степени именно мелкий материал. Анализ отходов переработки природных материалов с извлечением слюды по аналогичной технологии показал, что в результате терялось около половины товарной слюды с крупностью 13-50 мм, а извлечение слюды в более мелких классах не происходило вообще.

Наиболее близким к заявляемому техническому решению является способ пневматического обогащения минерального сырья (см. Евразийский патент № 022959, Кл. В07В 4/08, В03В 4/04, 2016 г.), включающий размещение обогащаемого сырья на воздухопроницаемой поверхности, пересекающей вертикальную камеру с восходящим воздушным потоком, поднимающим легкие фракции с воздухопроницаемой поверхности, выполненной в виде конвейера, пропущенного ниже уровня нижнего основания вертикальной камеры, в которой выбором скорости воздушного потока образован объемный псевдокипящий слой из частиц заданной плотности, в который попадают и беспрепятственно проходят сквозь него частицы меньшей плотности, а затем восходящим воздушным потоком переносятся из вертикальной камеры в камеру гравитационного осаждения. При использовании данного способа возможно разделение материалов не только по плотности, но и по форме, ввиду того, что зерна плоской или игольчатой формы имеют большее значение соотношения силы аэродинамического сопротивления к весу частицы.

Известный способ позволяет производить круглогодичное обогащение сырья под открытым небом

или с использованием укрытий легкого типа, а также производить быструю перестройку технологического процесса под переработку различного вида минерального сырья путем изменения скорости потока воздуха.

Основным недостатком известного способа является его функциональная ограниченность при разделении минерального и техногенного сырья, которое содержит в своем составе много плоских или нитевидных частиц.

Во-первых, это связано со сложностью подъема с конвейера вертикальным потоком тех частиц, длина, ширина и высота которых могут различаться в несколько десятков раз. Такие тонкие плоские или нитевидные частицы могут быть обращены к вертикальному всасывающему потоку своей узкой гранью или игольчатым концом, при этом их аэродинамические свойства при воздействии всасывающего потока будут сильно отличаться от свойств частиц, лежащих на конвейере плашмя.

Во-вторых, это связано с тем, что камера осаждения не позволяет улавливать тонкие плоские или нитевидные частицы из-за их малой скорости витания в воздухе, а, следовательно, для обеспечения их осаждения необходимо непропорционально увеличивать размеры камеры осаждения.

### **Раскрытие изобретения**

В основу данного изобретения поставлена задача расширения функциональных возможностей пневматического способа разделения частиц, способного обогащать в различной степени отличающиеся по форме частицы различных видов минерального сырья и техногенных отходов, таких как слюда, асбестовая руда, щебень, а также бытовые отходы.

Указанная задача в пневматическом способе разделения минерального и техногенного сырья по форме частиц, включающем размещение перерабатываемого сырья на воздухопроницаемой поверхности, выполненной в виде конвейера, пропущенного ниже уровня нижнего основания сепарационной камеры, в которой выбором скорости воздушного потока образован объемный псевдокипящий слой из частиц заданной плотности, в который попадают и беспрепятственно проходят сквозь него частицы меньшей плотности, а затем восходящим воздушным потоком переносятся из вертикальной камеры в камеру гравитационного осаждения, решена тем, что в сепарационную камеру направляют дополнительную тангенциально ориентированную к стенке камеры струю воздуха, создающую вспомогательные вихревые потоки у стенок и нижнего основания камеры, после чего восходящим потоком воздуха подхватывают частицы плоской, игольчатой или нитевидной формы и переносят их в камеру гравитационного осаждения, в которой создают один или более встречно направленных вихревых потоков, осаждающих частицы в камере, откуда они затем удаляются.

Благодаря дополнительной тангенциально ориентированной к стенке камеры струи воздуха удается создать вихревые потоки воздуха у стенок и основания сепарационной камеры, и тем самым, избежать налипания частиц сепарируемого сырья на стенки сепарационной камеры с образованием агломератов частиц, а также воздействовать у основания камеры на тонкие плоские или нитевидные частицы, которые обращены своей узкой гранью или игольчатым концом к вертикальному всасывающему потоку, чтобы способствовать изменению их пространственного положения, а значит улучшить их взаимодействие с всасывающим потоком. При этом в камере гравитационного осаждения создают один или более встречно направленных против движения частиц вихревых потоков, которые резко уменьшают кинетическую энергию движущихся частиц, что приводит к их быстрому осаждению на дно камеры.

Для создания управляемых вихревых потоков вблизи стенок сепарационной камеры, способных оказывать заданное вихревое воздействие на тонкие плоские или нитевидные частицы, которые обращены своей узкой гранью или игольчатым концом к вертикальному всасывающему потоку, дополнительную тангенциально ориентированную струю воздуха подают через тангенциальное сопло, которое установлено с возможностью изменения его положения в вертикальной плоскости.

Поскольку каждая выделяемая фракция частиц имеет свои аэродинамические свойства, скорость дополнительной тангенциально ориентированной струи воздуха подбирают экспериментальным путем.

Для выполнения одновременного многостадийного пневматического разделения минерального и техногенного сырья на частицы заданной формы и габаритов плоской, игольчатой или нитевидной формы устанавливают последовательно несколько сепарационных камер, в каждой из которых подбирают индивидуальные параметры для отбора частиц заданной формы и габаритов, при этом каждая камера соединена со своей камерой гравитационного осаждения.

Для удаления осаждающихся на стенки камеры гравитационного осаждения частиц используют контактный метод воздействия, например механическими скребками, или бесконтактный метод, например путем воздействия струей воздуха или комбинацию обоих этих методов.

Таким образом, заявляемый пневматический способ разделения минерального и техногенного сырья по форме частиц позволяет разделять минеральное сырье практически на любое количество фракций имеющих различную форму за один цикл перемещения на конвейере, при этом, способ разделяет фракции с большой эффективностью и производительностью, что не имеет аналогов среди известных методов пневматической сепарации тонких плоских или нитевидных частиц, а значит, соответствует критерию "изобретательский уровень".

### Краткое описание чертежей

Заявляемый способ поясняется чертежами, представленными на фиг. 1 и 2.

На фиг. 1 представлена схема установки для реализации заявляемого способа разделения минерального и техногенного сырья по форме частиц, где 1 - воздухопроницаемый конвейер с частицами обогащаемого минерального сырья 2; 3 - сепарационная камера с нижним основанием 4, тангенциальным патрубком 5, нагнетающим поток воздуха 6, и механизмом поворота направления струи 7; верхняя часть сепарационной камеры 3 соединена воздухопроводом 8 с камерой гравитационного осаждения 9, нижнее основание которой 10 оборудовано поворотной шлюзовой заслонкой 11 для периодического высыпания отобранной по форме частиц фракции сырья 12; камера осаждения 9 через воздухопровод 13 соединена с вытяжным вентилятором 14; 15 - тангенциальный воздухопровод, создающий поток воздуха 16, противоположный потоку воздуха 17 с частицами сырья, поступающий в камеру 9; 18 - поток воздуха без сырья, отсасываемый из камеры 9.

На фиг. 2 представлен чертеж сепарационной камеры 3 в изометрии и показаны вихревые потоки внутри камеры: 19 - пристеночный вихревой поток, 20 - осевой вихревой поток.

### Лучший вариант осуществления изобретения

Осуществление заявляемого способа рассмотрим на установке, представленной на фиг. 1. На фиг. 2 видна схема вихревых потоков внутри камеры 3. Частицы сепарируемого сырья 2 равномерным слоем размещаются на поверхности воздухопроницаемого конвейера 1 и перемещаются в сторону сепарационной камеры 3. Оказавшись под основанием камеры 4 сырьё 2 попадает в зону объемного псевдокипящего слоя из частиц заданной плотности, образовавшегося в результате воздействия восходящего потока газа, создаваемого вентилятором 14 через воздухопроводы 8 и 13. Разделение частиц по форме происходит за счет различия массы и аэродинамического сопротивления частиц разной формы. Близкие по одному линейному размеру, но отличающиеся по одному или двум линейным размерам частицы имеют различную массу и аэродинамическое сопротивление. Например, плоские частицы имеют массу в несколько раз, а иногда в несколько десятков раз меньше, чем частицы условно кубовидной или сферической формы, при этом аэродинамическое сопротивление плоских частиц существенно выше сопротивления сферических частиц. Различие в свойствах приводит к тому, что скорость витания частиц различной формы существенно отличается. Это же справедливо и при сравнении игольчатых или нитевидных частиц с плоскими или сферическими или кубовидными. Оказавшись в зоне псевдокипящего слоя, частицы начинают циркулировать в нем, и те из них, которые имеют скорость витания меньше скорости потока в камере сепарации 3, удаляются с потоком 17 по воздухопроводу 8 в камеру осаждения 9. Частицы с более высокой скоростью витания возвращаются на конвейер 2 и удаляются из зоны 4 сепарационной камеры 3. Одновременно с этим процессом в камеру 3 через тангенциальный патрубок 5 поступает поток воздуха 6. В результате воздействия пристеночного вихревого потока 19 (см. фиг. 2) удается избежать налипания частиц сепарируемого сырья 2 на стенки сепарационной камеры 3 с образованием агломератов частиц, а также создать вихревые потоки у стенок и нижнего основания сепарационной камеры 4, и тем самым, воздействовать на тонкие плоские или нитевидные частицы, которые обращены своей узкой гранью или игольчатым концом к вертикальному всасывающему потоку и не могут в силу плохих аэродинамических свойств быть восаны только вертикальным потоком 20. Частицы под воздействием потока 19 поворачиваются, их аэродинамические свойства улучшаются и они захватываются потоком 20. Далее захваченные частицы с потоком 17 поступают в камеру гравитационного осаждения 9, нижнее основание которой 10, оборудовано поворотной шлюзовой заслонкой 11 для периодического высыпания отобранной по форме частиц фракции сырья 12. При работе гравитационной камеры в режиме осаждения, поворотная шлюзовая заслонка 11 закрыта. При этом навстречу потоку воздуха 17, поступает поток воздуха 16, скорость частиц резко падает, их аэродинамические свойства ухудшаются и они под действием гравитационных сил опускаются на дно камеры осаждения 9.

### Техническая применимость

Конкретное осуществление заявляемого способа рассмотрим на примерах обогащения различного минерального сырья.

Пример 1.

Рассмотрим сепарацию флогопитовой руды. Процесс пневматического обогащения проводился на экспериментальной установке, представленной на фиг. 1. До начала переработки руда предварительно дробится до крупности 0-16 мм и подается на ленточный конвейер 1 с полотном, выполненным из сетки с ячейкой 1 мм, шириной 600 мм и движущимся со скоростью 0.5-1.5 м/с, над которым последовательно друг за другом установлено две цилиндрические камеры 3 с конусными основаниями 4, равными ширине конвейера - 600 мм. Цилиндрическая часть камеры имеет диаметр 1200 мм и высоту 2000 мм. Каждая из камер соединена со своей камерой гравитационного осаждения 9 в форме перевернутого усеченного конуса с диаметром верхнего основания 2400 мм, нижнего основания 900 мм и высотой 3200 мм. Камера осаждения 9 имеет конструкцию, которая обеспечивает образование двух встречно направленных вихрей 15 и 17, при этом вихрь 15 заводится в камеру 9 тангенциально к ее стенке по часовой стрелке, а вихрь 17 тоже тангенциально, но против часовой стрелки. Частицы руды 2 с размером менее 1 мм просыпаются под сетку конвейера 1, попадают на вибрирующий желоб (на фиг. 1 он условно не показан) и удаляются

из дальнейшей обработки.

Воздушный поток в камерах 3 подбирается таким образом, что в первой сепарационной камере выделяется продукт, представленный пластинками флогопита с толщиной менее 0.1 мм, а во второй камере выделяются зерна с толщиной до 1 мм. Оставшийся на конвейере материал представлен зернами щебня, который может быть использован для строительных целей. Производительность экспериментальной технологической линии составляет до 20 т/ч.

Пример 2.

Рассмотрим сепарацию строительного щебня. Задачей является получение стабильного качества щебня, содержащего малое количество слабых зерен, имеющих плоскую форму (лещадных зерен). Процесс пневматического обогащения проводился на экспериментальной установке, представленной на фиг. 1. При переработке исходный материал дробится и классифицируется на машинные классы, и на переработку поступает щебень класса 5-10 и 10-20 мм, наиболее часто используемый в дорожном строительстве, каждый из которых перерабатывается по отдельности. Частицы крупностью 5-10 мм подаются на ленточный конвейер 1, с полотном, выполненным из сетки с ячейкой 3 мм и шириной 1000 мм, движущимся со скоростью 1.0-2.0 м/с, над которым установлена одна камера 3, с конусным основанием 4, равным ширине конвейера - 1000 мм. Цилиндрическая часть камеры имеет диаметр 1500 мм и высоту 1600 мм. Камера соединена с камерой гравитационного осаждения 9 с диаметром верхнего основания 2800 мм, нижнего основания 2000 мм и высотой 3700 мм. Частицы щебня с размером менее 3 мм, которые остались в щебне класса 5-10 по причине невозможности их полного удаления, просыпаются под сетку конвейера 1, попадают на вибрирующий желоб (на фиг. 1 он условно не показан) и удаляются из дальнейшей обработки. Воздушные потоки 6 и 17 в сепарационной камере 3 подбираются таким образом, что в камере 3 выделяется продукт, имеющий плоскую лещадную форму, а на сетке конвейера 1 остается продукт, представленный зернами с формой, близкой к кубической. Производительность экспериментальной технологической линии составляет до 100 т/ч.

Щебень класса 10-20 мм перерабатывается на аналогичной установке, отличающейся тем, что размер ячеек сетки конвейера 1 составляет 5 мм.

Пример 3.

Рассмотрим сепарацию бытового мусора. В процессе жизнедеятельности человека образуются большие объемы твердых бытовых отходов. Они содержат как органические отходы, так и ценные для вторичной переработки материалы: стекло, пластики, бумагу, картон и т.д. При переработке твердого мусора на первом этапе предусмотрено удаление мелких примесей с крупностью 40 мм и менее. Они в основном представлены органическими отходами и стекломоем и поступают на дальнейшую промывку. Материал крупностью более 40 мм подается на шредер с шириной ножей 20 мм, в котором материал плоской формы режется на полоски шириной 20 мм или дробится на частицы той же крупности. Далее весь материал подается на ленточный конвейер 1 с полотном, выполненным из сетки с ячейкой 10 мм, шириной 500 мм и движущимся со скоростью 0.5-1.5 м/с, над которым последовательно друг за другом установлено две цилиндрические камеры 3 с конусными основаниями 4, равными ширине конвейера - 500 мм. Цилиндрическая часть камеры имеет диаметр 1200 мм и высоту 2000 мм. Каждая из камер соединена со своей камерой гравитационного осаждения 9 в форме перевернутого усеченного конуса с диаметром верхнего основания 2400 мм, нижнего основания 900 мм и высотой 3200 мм. Каждая камера имеет конструкцию, которая обеспечивает образования двух встречно направленных вихрей 15 и 17. Частицы сырья с размером менее 10 мм просыпаются под сетку конвейера 1 и попадают на вибрирующий желоб (на фиг. 1 он условно не показан), который удаляет продукт из под конвейера 1. Воздушный поток в камерах подбирается таким образом, что в первой камере выделяется продукт, представленный тонкими материалами, такими как пленки, ткани, бумага, пластик от бутылок, а во второй камере выделяются более толстые полоски, которые представлены в основном картоном. Оставшийся на конвейере материал представлен зернами кубовидной формы, которые поступают на дальнейшую переработку. Полученные продукты далее брикетируются и используются в качестве топлива или сырья для химической промышленности. Производительность экспериментальной технологической линии составляет до 4,5 т/ч.

Таким образом, заявляемый способ позволяет эффективно осуществлять пневматическую сепарацию частиц из различного минерального и техногенного сырья, различающихся по своей форме.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Пневматический способ разделения минерального и техногенного сырья по форме частиц, включающий размещение перерабатываемого сырья на воздухопроницаемой поверхности, выполненной в виде конвейера, пропущенного ниже уровня нижнего основания сепарационной камеры, в которой выбором скорости воздушного потока образован объемный псевдокипящий слой из частиц заданной плотности, в который попадают и беспрепятственно проходят сквозь него частицы меньшей плотности, а затем восходящим воздушным потоком переносятся из вертикальной камеры в камеру гравитационного осаждения, отличающийся тем, что в сепарационную камеру направляют дополнительную тангенциально ориентированную к стенке камеры струю воздуха, создающую вспомогательные вихревые потоки у сте-

нок и нижнего основания камеры, после чего восходящим потоком воздуха подхватывают частицы плоской, игольчатой или нитевидной формы и переносят их в камеру гравитационного осаждения, в которой создают один или более встречно направленных вихревых потока, осаждающих частицы в камере, откуда они затем удаляются.

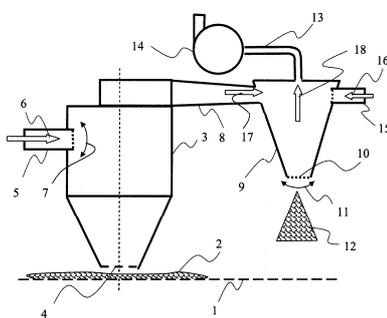
2. Способ по п.1, отличающийся тем, что дополнительную тангенциально ориентированную струю воздуха подают через тангенциальное сопло, которое установлено с возможностью изменения его положения в вертикальной плоскости.

3. Способ по п.1, отличающийся тем, что скорость дополнительной тангенциально ориентированной струи воздуха подбирают экспериментально для каждой выделяемой фракции частиц.

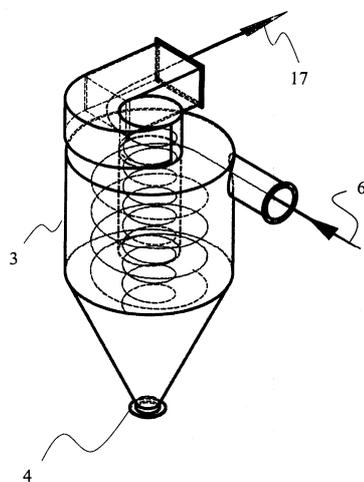
4. Способ по п.1, отличающийся тем, что для одновременного разделения различных фракций частиц плоской, игольчатой или нитевидной формы устанавливают последовательно несколько сепарационных камер, в каждой из которых подбирают индивидуальные параметры для отбора частиц заданной формы и габаритов, при этом каждая камера соединена со своей камерой гравитационного осаждения.

5. Способ по п.1, отличающийся тем, что осаждающиеся на стенках камеры гравитационного осаждения частицы удаляются контактным методом, например механическими скребками.

6. Способ по п.1, отличающийся тем, что осаждающиеся на стенках камеры гравитационного осаждения частицы удаляются бесконтактным методом, например путем воздействия струей воздуха.



Фиг. 1



Фиг. 2

