



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
 ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,  
 ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21), (22) Заявка: **2004131312/03**, **14.10.2004**

(24) Дата начала действия патента: **14.10.2004**

(45) Опубликовано: **10.11.2005 Бюл. № 31**

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: **RU 2205700 C2**, **10.06.2003**.  
**SU 526389 A1**, **11.10.1976**.  
**SU 829180 A1**, **15.05.1981**.  
**RU 2164823 C1**, **10.04.2001**.  
**RU 2211092 C2**, **27.08.2003**.  
**RU 2181630 C2**, **27.04.2002**.  
**RU 2166998 C1**, **20.04.2001**.  
**DE 4337484 C1**, **09.03.1995**.  
**US 5190159 A**, **02.03.1993**.

Адрес для переписки:

**450078, Башкортостан респ., г.Уфа, ул.  
 Революционная, 96/2, УФЮНИПИ, пат.пов.  
 М.Б.Сафиной**

(72) Автор(ы):

**Лаптев А.Б. (RU)**

(73) Патентообладатель(ли):

**Лаптев Анатолий Борисович (RU)**

### (54) СПОСОБ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАГНИТНЫХ ЧАСТИЦ И МАГНИТНЫЙ СЕПАРАТОР ДЛЯ ЕГО ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ

(57) Реферат:

Изобретение относится к области магнитной сепарации ферромагнитных примесей и может быть использовано в нефтедобывающей, химической, металлургической и ряде других отраслей промышленности. Позволяет повысить эффективность процесса извлечения магнитных частиц (сепарации) за счет непрерывного самоочистки осадительных элементов от налипших частиц, что, в свою очередь, обеспечивает максимальную силу притяжения и удержания частиц на чистой поверхности, причем при одновременном упрощении способа и конструкции устройства. Обеспечивается максимальный градиент магнитного поля. Способ включает подачу сепарируемой среды на один или несколько трубчатых осадительных элементов, выполненных из немагнитного материала и установленных в сепарируемой среде, воздействие на среду неоднородного магнитного поля со стороны источника намагничивания,

расположенного внутри осадительного элемента, осаждение магнитных частиц и их перемещение по поверхности осадительного элемента под воздействием магнитного поля перемещаемого источника намагничивания с последующим выведением их из сепарируемой среды. Магнитные частицы осаждают на поверхности осадительного элемента под воздействием спиралеобразного источника намагничивания и перемещают их по поверхности осадительного элемента вдоль направляющей за счет вращения спиралеобразного источника намагничивания. В качестве спиралеобразного источника намагничивания используют точечные постоянные магниты, закрепленные по спирали на поверхности цилиндра одинаковыми полюсами наружу; а осаждение и перемещение магнитных частиц осуществляют по поверхности вертикально установленного осадительного элемента вдоль направляющей, выполненной, например, в виде буртика. 2 н. и 3 з.п. ф-лы, 4 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,  
PATENTS AND TRADEMARKS

## (12) ABSTRACT OF INVENTION

(21), (22) Application: **2004131312/03, 14.10.2004**

(24) Effective date for property rights: **14.10.2004**

(45) Date of publication: **10.11.2005 Bull. 31**

Mail address:

**450078, Bashkortostan resp., g.Ufa, ul.  
Revoljutsionnaja, 96/2, UFJuNIPI, pat.pov.  
M.B.Safinoj**

(72) Inventor(s):

**Laptev A.B. (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Laptev Anatolij Borisovich (RU)**

## (54) METHOD OF EXTRACTION OF MAGNETIC PARTICLES AND A MAGNETIC SEPARATOR FOR ITS REALIZATION

(57) Abstract:

FIELD: oil producing industry;, chemical industry, metallurgy; other branches of industry; methods of magnetic separation of the ferromagnetic impurities.

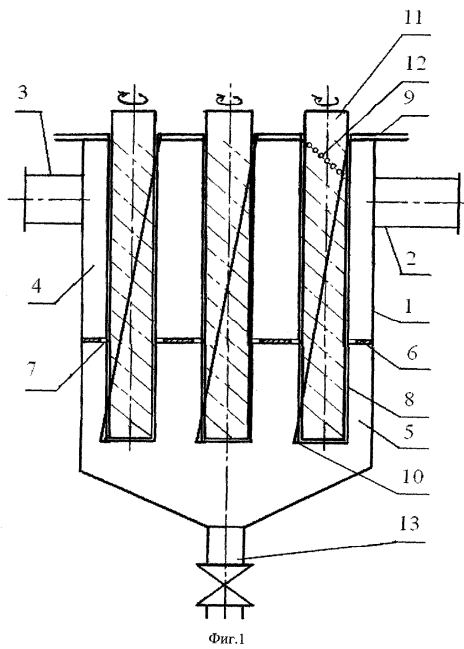
SUBSTANCE: the invention is pertaining to a method of magnetic separation of the ferromagnetic impurities may be used in oil producing industry, chemical industry, metallurgical industry and a number of other industries. The invention ensures an increased efficiency of the process of extraction of magnetic particles (separation) due to continuous self-purification of the settling components from the stuck particles, that in turn ensures the maximal force of attraction and holding of the particles on a pure surface at simultaneous simplification of the method and the design of the device. The invention ensures the maximal magnetic field gradient. The method provides for feeding of the separated medium into one or several tubular settling components made out of a magnetically inert material and installed in the separated medium, action on the medium by the heterogeneous magnetic field from the side of the source of magnetization located inside the

settling component, settling of the magnetic particles and their relocation on the surface of the settling component under action of the magnetic field of the moving source of magnetization with their subsequent removal from the separated medium. The magnetic particles are settling on the surface of the settling component under action of a spiral-shaped source of magnetization and relocate them on the surface of the settling component along a guide due to rotation of the spiral-shaped source of magnetizations. In the capacity of the spiral-shaped source of magnetization use the point permanent magnets fixed along a spiral on a surface of the cylinder with the similar poles outside and the settling and relocation of the magnetic particles conduct on the surface of the vertically mounted settling component along the guide made, for example, in the form of a bead.

EFFECT: the invention ensures an increased efficiency of the process of extraction of magnetic particles, the maximal force of attraction and holding of the particles on a pure surface, simplification of the method and the design of the device.

5 cl, 4 dwg

RU 2263548 C1



RU 2263548 C1

Изобретение относится к области магнитной сепарации ферромагнитных примесей и может быть использовано в нефтедобывающей, химической, металлургической и ряде других отраслей промышленности.

Известно, что наличие механических примесей в воде нефтяных промыслов способствует стабилизации водонефтяных эмульсий, снижает проницаемость пласта в зоне нагнетательных скважин. Наличие механических примесей увеличивает время разделения водно-углеводородных смесей и содержание углеводородной фазы в воде, а также водной фазы в углеводородах, т.е. механические примеси выполняют роль стабилизаторов /1/. Следовательно, при подготовке продукции скважин основная задача заключается в удалении их из потока, что облегчает разрушение пластовых флюидов на компоненты нефть, газ, воду.

Механические примеси, содержащиеся в сточных водах и эмульсиях большинства месторождений Западной Сибири и Урало-Поволжского региона, представлены в основном породообразующими компонентами и продуктами коррозии (ферро- и парамагнетиками), которые могут эффективно взаимодействовать с магнитным полем. Взаимодействие заключается в ориентировании частиц мехпримесей вдоль линий магнитного поля и втягивании в зону магнитного поля максимальной напряженности, что создает возможность их удаления из нефти и воды.

Известны способ извлечения магнитных частиц из дисперсной фазы и устройство для его осуществления, обеспечивающие налипание магнитных частиц на гранулированном ферромагнитном материале под воздействием внешнего магнитного поля /2/.

Известные способ и устройство недостаточно эффективны из-за необходимости остановки процесса сепарации для регенерации гранулированного ферромагнитного материала, который к тому же, имея остаточную намагниченность, не может быть полностью очищен от налипших частиц.

Известен способ извлечения магнитных частиц из жидких, газообразных и сыпучих сред с использованием осадительных элементов путем воздействия на среду неоднородного магнитного поля со стороны магнитной системы, расположенной внутри осадительных элементов, при обтекании их средой. Поток среды формируют с учетом топологии магнитного поля пропорционально магнитной силе в зонах осадительных элементов таким образом, чтобы в зонах минимального силового воздействия на частицу со стороны магнитной системы сечение для движения потока среды сужалось /3/.

Способ /3/ реализован в магнитном сепараторе /3/, содержащем корпус с немагнитной крышкой, в котором расположен магнитный блок в виде осадительных элементов, которые состоят из магнитной системы, собранной из постоянных магнитов, концентраторов и немагнитной оболочки, присоединенной к крышке, коллекторы подачи и отвода очищаемой среды. Магнитный блок дополнительно снабжен распределителями-формирователями потока среды, выполненными в виде стержней с криволинейной поверхностью.

Недостатком известного способа и устройства для его реализации является недостаточно высокая эффективность извлечения примесей вследствие неконтролируемости количества налипших частиц, приводящей к уменьшению силы удержания частицы на осадительном элементе по мере увеличения слоя налипших частиц. Другим недостатком является необходимость остановки процесса для периодического очищения осадительных элементов от налипших магнитных частиц.

Наиболее близким к предлагаемому способу по технической сущности и достигаемому результату является способ извлечения магнитных частиц из сыпучих сред /4/, включающий подачу сепарируемой среды на трубчатые осадительные элементы, установленные перпендикулярно направлению ее движения, воздействие на среду неоднородного магнитного поля со стороны источников намагничивания, расположенных внутри осадительных элементов, осаждение и перемещение по поверхности осадительных элементов уловленных частиц под воздействием магнитного поля перемещаемых источников намагничивания с последующим выведением уловленных частиц из сепарируемой среды. Способ /4/ реализуется в устройстве /4/.

Устройство /4/ является наиболее близким к заявляемому устройству и содержит корпус с камерой осаждения и камерой регенерации, которые разделены перегородкой с отверстиями для перемещения уловленных частиц по поверхности полых трубчатых осадительных элементов, установленных горизонтально, перпендикулярно потоку сепарируемой среды, и внутри которых установлены магнитные стержни с возможностью возвратно-поступательного перемещения в них. Магнитные стержни выполнены из набора кольцевых постоянных магнитов с заданными геометрическими размерами и магнитными характеристиками. Для регенерации стержни перемещают из камеры осаждения в камеру регенерации. При этом они протягивают за собой осажденные примеси через отверстия в стенке камеры осаждения. Очистка примесей с осадительных элементов производится устройством удаления примесей. Примеси обсыпаются в зоне сбора и удаляются из камеры регенерации.

Недостатком известного способа и устройства для его реализации является недостаточно высокая эффективность извлечения примесей вследствие неконтролируемости количества налипших частиц, приводящей к уменьшению силы удержания частицы на осадительном элементе по мере увеличения слоя налипших частиц. Выводимые из осадительных элементов во время регенерации магнитные стержни фактически приостанавливают процесс сепарации, что снижает ее эффективность. К недостаткам относятся низкая технологичность и сложность известного способа и устройства из-за необходимости механического удаления примесей, сложной системы пространственного расположения осадительных элементов и необходимости соблюдения определенных геометрических размеров и магнитных параметров стержней для создания оптимального магнитного силового пространства. Предполагаемое одним из оптимальных вариантов реализации известного сепаратора /4/ разнополюсное взаимное расположение магнитов в плоскости, перпендикулярной осадительным элементам, снижает эффективность разделения вследствие низкого градиента магнитного поля.

Задачей предлагаемых изобретений является повышение эффективности процесса извлечения магнитных частиц (сепарации) за счет непрерывного самоочистения осадительных элементов от налипших частиц, что, в свою очередь, обеспечивает максимальную силу притяжения и удержания частиц на чистой поверхности, причем при одновременном упрощении способа и конструкции устройства. Обеспечивается максимальный градиент магнитного поля.

Поставленная задача решается тем, что в способе извлечения магнитных частиц, включающем подачу сепарируемой среды на один или несколько трубчатых осадительных элементов, выполненных из немагнитного материала и установленных в сепарируемой среде, воздействие на среду неоднородного магнитного поля со стороны источника намагничивания, расположенного внутри осадительного элемента, осаждение магнитных частиц и их перемещение по поверхности осадительного элемента под воздействием магнитного поля перемещаемого источника намагничивания с последующим выведением их из сепарируемой среды, - магнитные частицы осаждают на поверхности осадительного элемента под воздействием спиралеобразного источника намагничивания и перемещают их по поверхности осадительного элемента вдоль направляющей за счет вращения спиралеобразного источника намагничивания.

В качестве спиралеобразного источника намагничивания используют точечные постоянные магниты, закрепленные по спирали на поверхности цилиндра одинаковыми полюсами наружу; а осаждение и перемещение магнитных частиц осуществляют по поверхности вертикально установленного осадительного элемента вдоль направляющей, выполненной, например, в виде буртика.

Поставленная задача решается также тем, что в магнитном сепараторе, содержащем корпус с зоной осаждения и зоной сбора уловленных частиц, которые разделены перегородкой с отверстиями для перемещения уловленных частиц по поверхности выполненных из немагнитного материала полых трубчатых осадительных элементов, внутри которых установлены источники намагничивания, - источники намагничивания

установлены с возможностью вращения и выполнены в виде цилиндров, на поверхности которых закреплены по спирали точечные постоянные магниты одинаковыми полюсами наружу, а осадительные элементы оснащены направляющими.

Осадительные элементы установлены вертикально, а направляющие выполнены, например, в виде буртика по поверхности осадительного элемента.

Направляющие выполнены по спирали.

На фиг.1 показан общий вид магнитного сепаратора. Магнитный сепаратор содержит корпус 1 с патрубком 2 для входа и патрубком 3 для выхода сепарируемой среды. Корпус имеет зону осаждения 4 и зону сбора уловленных частиц (бункер) 5, разделенные перегородкой 6 с отверстиями 7, в которые вставлены осадительные элементы в виде полых труб 8, заглушенных с нижнего конца и приваренных к кровле 9. Отверстия 7 выполнены с зазором для обеспечения перемещения уловленных частиц в бункер 5 вдоль направляющих 10, выполненных предпочтительно по спирали на поверхности труб 8. Трубы 8 установлены предпочтительно перпендикулярно потоку сепарируемой среды и вертикально, а внутри них установлены цилиндры 11 с закрепленными на их поверхности по спирали точечными постоянными магнитами 12. Вращение цилиндров обеспечивает, например, электродвигатель (не показан). Для удаления уловленных частиц внизу бункера установлен кран 13.

Магнитный сепаратор работает следующим образом.

Сепарируемая среда по патрубку 2 поступает в зону осаждения 4 и попадает на ряды осадительных элементов - трубы 8, где она разделяется на потоки. Ферромагнитные и парамагнитные примеси под воздействием магнитного поля со стороны спиралеобразного источника намагничивания (цилиндры 11 с закрепленными на их поверхности точечными магнитами 12) осаждаются на поверхности трубы 8 по спирали; а под влиянием неоднородных пульсирующих полей, создаваемых вращающимися цилиндрами 11 с закрепленными на их поверхности точечными магнитами 12, налипшие уловленные частицы примесей вслед за магнитами 12 перемещаются по поверхности трубы 8 до направляющих 10. Из-за продолжения вращения цилиндра условный первый магнит, расположенный в верхнем кольце спирали, удаляется от остановленной на направляющей частицы, а условный второй магнит, расположенный ниже по спирали, приближается к ней. Когда расстояние частицы до первого магнита, движущегося по верхней траектории, становится равным или больше расстояния частицы до второго магнита, движущегося по нижней траектории, частица за счет увеличивающейся силы притяжения второго магнита перемещается к нему и далее, перескакивая от 2-го к 3-му, 4-му и т.д., перемещается по поверхности трубы 8 вдоль направляющей 10 через отверстие 7 в перегородке 6 в нижнюю часть трубы, где частицы накапливаются. При достижении определенной критической массы, когда сила притяжения точечных магнитов становится равной силе тяжести частиц, уловленные частицы отрываются от магнитов и падают в бункер 5, откуда удаляются открытием крана 13. Так как трубы 8 заглушены снизу и приварены к кровле 9 корпуса 1, обеспечивается изоляция вращающихся цилиндров от сепарируемой среды, что исключает ее негативное влияние на магниты. Очищенная от примесей среда через патрубок 3 выводится из сепаратора.

Автору известен магнитный сепаратор /5/, содержащий установленный с возможностью вращения рабочий орган и размещенную в нем магнитную систему, состоящую из двух зеркально расположенных магнитопроводов с катушками возбуждения, причем магнитопроводы имеют иглообразные полюсные наконечники. Однако налипание частиц идет в данном устройстве непосредственно на рабочем магнитном органе, и его регенерация осуществляется путем механического соскабливания налипших частиц; причем процесс идет при непосредственном контакте магнитной системы с сепарируемой средой, что приводит к быстрому выходу из строя магнитной системы.

В предлагаемом же техническом решении налипание идет не на магнитном рабочем органе, а на осадительном элементе, который постоянно самоочищается за счет установки точечных постоянных магнитов по спирали. Механизм самоочистки реализуется, как

было описано, в результате вращения спиралеобразного источника намагничивания. Налипшая частица перемещается до направляющей, ограничивающей ее дальнейшее перемещение вслед за первым точечным магнитом, который продолжает от нее удаляться. Одновременно к данной магнитной частице приближается второй точечный магнит, расположенный в следующем кольце спирали. По мере удаления первого магнита и приближения второго магнита частица перемещается вдоль направляющей: вниз, если осадительный элемент расположен вертикально, или вообще в направлении расположения зоны сбора уловленных частиц (бункера), если осадительный элемент расположен иначе. Направление вращения выбирают с учетом направления закручивания спирали спиралеобразного источника намагничивания, а также необходимого направления перемещения уловленных частиц.

На фиг.2 показана схема сил, действующих на движущуюся вдоль оси z магнитную частицу: силы тяжести G, сопротивления W, а также выталкивающей силы R и силы со стороны магнитного поля F. Принципом действия магнитных сепараторов является обеспечение условия: вектор силы притяжения F со стороны магнитного поля больше результирующей векторов других трех сил.

Как известно [6], сила, действующая, например, в направлении y (фиг.2) (перпендикулярно направлению движения частицы) на взвешенную в жидкости частицу со стороны магнитного поля, пропорциональна произведению напряженности магнитного поля (H), градиента этого поля  $\frac{dH_y}{dy}$  восприимчивости частицы ( $\chi$ ) и ее объема (V):

$$F_y = \mu_0 V \chi H_y \frac{dH_y}{dy}, \quad (1)$$

где  $\frac{dH_y}{dy}$  - градиент напряженности магнитного поля H по оси y, A/m<sup>2</sup>;

$\chi$  - магнитная восприимчивость материала частицы, ед. СИ;

V - объем частицы, м<sup>3</sup>;

$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  - магнитная постоянная, Тл·м/А.

Кроме того, на каждую частицу будут действовать силы тяжести G, сопротивления W, а также выталкивающая сила R

$$W = C \cdot S_D \cdot \frac{\rho \cdot v_{ce}^2}{2}; \quad (2)$$

$$G = \gamma_T \cdot V; \quad (3)$$

$$R = \gamma_{ж} \cdot V, \quad (4)$$

где C - безразмерный коэффициент сопротивления;

$S_D$  - площадь проекции тела на плоскость, м<sup>2</sup>;

$\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>;

v - скорость жидкости, м/с;

$\gamma_T, \gamma_{ж}$  - удельный вес тела и жидкости соответственно, кг/м<sup>2</sup>;

V - объем тела, м<sup>3</sup>.

При этом силы W, G и R могут быть отнесены ко всему объему потока, а  $F_y$  действует на каждую частицу потока и единичного объема отдельно.

Видно (формула (1)), что для того, чтобы эффективность сепарации была достаточно высока, необходимо воздействовать на частицы примесей в потоке магнитным полем с максимальным значением градиента  $\frac{dH_y}{dy}$ .

На фиг.3-4 показана конфигурация линий напряженности магнитного поля:



фиг.3 - при расположении полюсов "N-S-N-S" (разнополюсное) - по прототипу;  
фиг.4 - при расположении полюсов "N-S-S-N"(однополюсное) - по предлагаемому изобретениям.

Из фиг.3-4 следует, что конфигурация линий напряженности магнитного поля при  
5 однополюсном расположении магнитов - согласно предлагаемому способу и устройству - предпочтительнее разнополюсного расположения (прототип), так как обеспечивает максимальное значение градиента. Напряженность магнитного поля в зазоре между одноименными полюсами (фиг.4) изменяется от максимума до нуля в середине зазора, а между разноименными полюсами (фиг.3) изменение напряженности незначительное.

10 В предлагаемых способе и устройстве при вращении соседних цилиндров с одинаковой скоростью магниты двух соседних цилиндров образуют встречную пару, имеющую максимально возможный градиент магнитного поля аналогично тому, как показано на фиг.4. Это повышает эффективность сепарации.

Установка направляющих на поверхности осадительных элементов (предпочтительно по  
15 спирали) позволяет без дополнительных вспомогательных устройств обеспечить очищение осадительных элементов от осаждаемых частиц. Варьируя количество витков спирали направляющей, возможно создать оптимальный режим перемещения уловленных частиц и их удаления.

Вращение цилиндров способствует образованию неоднородного пульсирующего  
20 магнитного поля, распределенного по всей длине осадительных элементов; его воздействие на магнитные частицы, различные по размеру и магнитным свойствам, обеспечивает высокую эффективность способа сепарации.

За счет постоянного самоочищения поверхности осадительного элемента предлагаемые  
25 способ и устройство исключают коагуляцию магнитных частиц (т.е. увеличение в объеме за счет большого скопления налипших магнитных частиц). Следовательно, предотвращается их отрыв потоком сепарируемой среды, возможный при  $W > F$ . Возможность перемещения магнитных частиц по поверхности осадительного элемента в сторону зоны сбора обеспечена без каких-либо дополнительных устройств, и стадии регенерации не требуется. Это значительно упрощает процесс сепарации и повышает  
30 эффективность способа и устройства.

Таким образом, по сравнению с прототипом предлагаемые способ и устройство позволяют повысить эффективность процесса сепарации при одновременном ее упрощении.

#### Источники информации

- 35 1. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение эмульсий. - М.: Недра, 1982. - 222 с.  
2. В.Д.Назаров, Л.М.Гурвич, А.А.Русакович. Водоснабжение в нефтедобыче. Учебное пособие для вузов. Уфа, 2003, с.295-297.  
3. Патент РФ №2211092, В 03 С 1/00, В 01 D 35/06, С 02 F 1/48, оп. 07.08.2003 г.  
4. Патент РФ №2205700, В 03 С 1/00, оп. 10.06.2003 г.  
40 5. Патент РФ №2183996, В 03 С 1/10, оп. 27.06.2002 г.  
6. Чечерников В.И. Магнитные измерения. - М.: МГУ, 1969.

#### Формула изобретения

1. Способ извлечения магнитных частиц, включающий подачу сепарируемой среды на  
45 один или несколько трубчатых осадительных элементов, выполненных из немагнитного материала и установленных в сепарируемой среде, воздействие на среду неоднородного магнитного поля со стороны источника намагничивания, расположенного внутри осадительного элемента, осаждение магнитных частиц и их перемещение по поверхности осадительного элемента под воздействием магнитного поля перемещаемого источника  
50 намагничивания с последующим выведением их из сепарируемой среды, отличающийся тем, что магнитные частицы осаждают на поверхности осадительного элемента под воздействием спиралеобразного источника намагничивания и перемещают их по поверхности осадительного элемента вдоль направляющей за счет вращения

спиралеобразного источника намагничивания.

2. Способ извлечения магнитных частиц по п.1, отличающийся тем, что в качестве спиралеобразного источника намагничивания используют точечные постоянные магниты, закрепленные по спирали на поверхности цилиндра одинаковыми полюсами наружу, а осаджение и перемещение магнитных частиц осуществляют по поверхности вертикально установленного осадительного элемента вдоль направляющей, выполненной, например, в виде буртика.

3. Магнитный сепаратор, содержащий корпус с зоной осаждения и зоной сбора уловленных частиц, которые разделены перегородкой с отверстиями для перемещения уловленных частиц по поверхности выполненных из немагнитного материала полых трубчатых осадительных элементов, внутри которых установлены источники намагничивания, отличающийся тем, что источники намагничивания установлены с возможностью вращения и выполнены в виде цилиндров, на поверхности которых закреплены по спирали точечные постоянные магниты одинаковыми полюсами наружу, а осадительные элементы оснащены направляющими.

4. Магнитный сепаратор по п.3, отличающийся тем, что осадительные элементы установлены вертикально, а направляющие выполнены, например, в виде буртика по поверхности осадительного элемента.

5. Магнитный сепаратор по п.4, отличающийся тем, что направляющие выполнены по спирали.

25

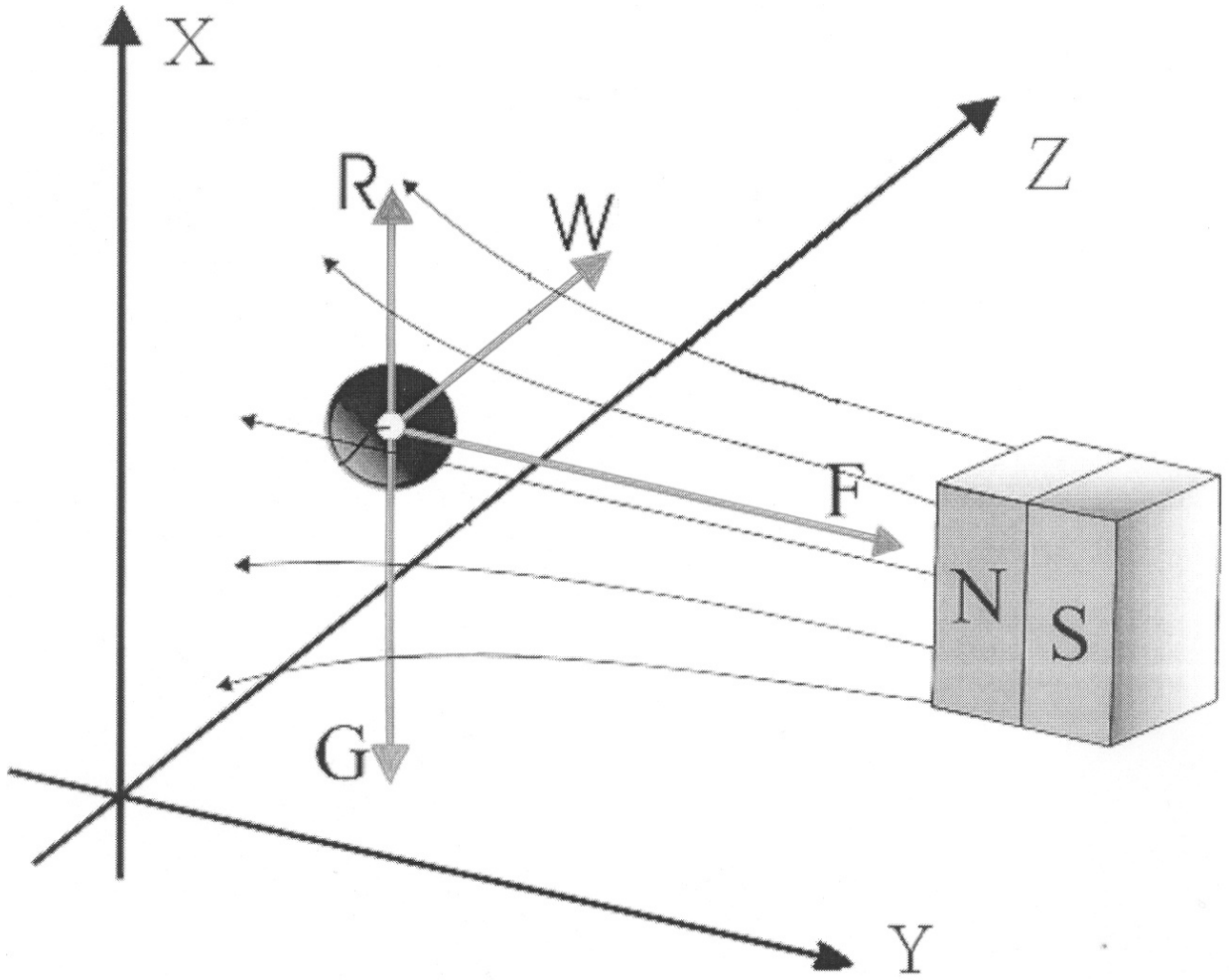
30

35

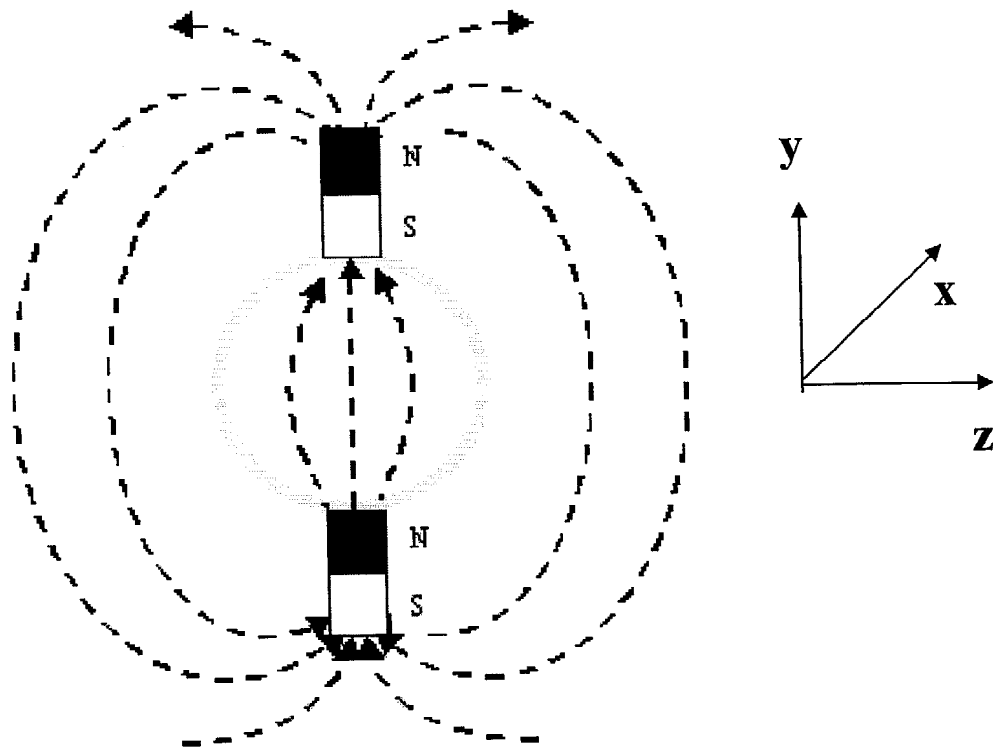
40

45

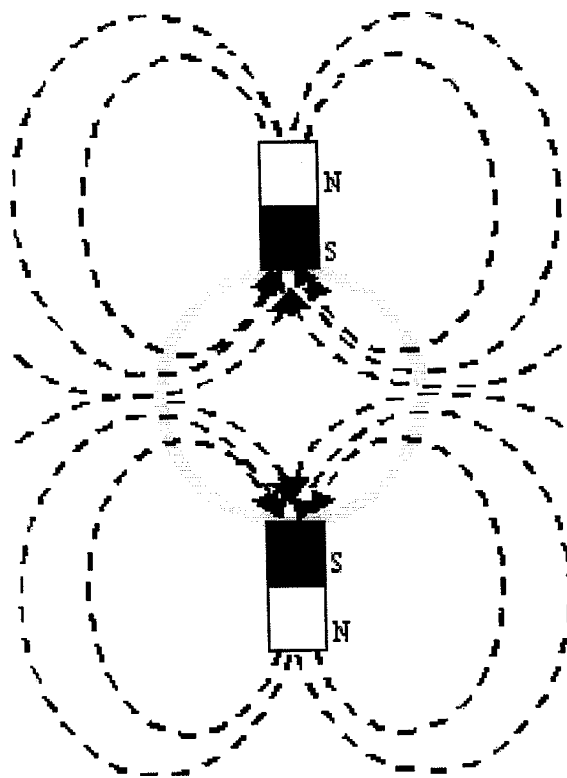
50



Фиг. 2



Фиг. 3



Фиг. 4